

## РОЗУМНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ЕКОНОМНОЮ РОБОТОЮ ТВЕРДОПАЛИВНОГО КОТЛА

**М. І. Харченко, І. П. Паралюх, Р. І. Карпа**

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електронних обчислювальних машин

*E-mail: marko.kharchenko.ki.2018@lpnu.ua; Ivan.P.Paraliukh@lpnu.ua; Roman.I.Karpa@lpnu.ua*

© Харченко М. І., Паралюх І. П., Карпа Р. І., 2023

Розумна система керування економною роботою твердопаливного котла – це механізм, який контролюють або відстежують комп’ютерні алгоритми, тісно пов’язаний із взаємодією з навколишнім середовищем. Система поєднує два основні компоненти: навколишнє середовище та програмний алгоритм. На основі цих компонентів у статті наведено методику побудови розумної системи економної роботи твердопаливного котла, описано середовище розроблення з його функціями і можливостями, надано докладний опис для користувача із поясненням ключових моментів у роботі системи. Запропонована система спрямована на покращення якості обігрівання приміщення, оптимізацію процесу регулювання та підтримання бажаної температури для користувача з мінімальною похибкою, а також для економії палива. Система проста у використанні. Всі програмні засоби взаємодіють між собою за чітко визначеними протоколами і тому не виникає жодних збоїв у роботі системи. Однією з особливостей цієї системи є швидкодія опитування датчиків, що уможливує оперативніше керування роботою котла. Система складається з простого користувацького інтерфейсу, а також шести оперативних кнопок, за допомогою яких здійснюється керування процесами.

**Ключові слова:** розумна система керування економною роботою; твердопаливний котел; алгоритм; функціональні блоки; промисловий контролер; програмно-логічне керування.

### Вступ

Сьогодні свою нішу в сфері електроніки та схемотехніки займають мікроконтролери та програмні платформи. Вони істотно спрощують виконання поставлених перед розробниками завдань та дають змогу створювати нові пристрої з розширеним функціоналом, об’єднувати декілька приладів в одну функціональну одиницю.

Таку тенденцію доцільно застосувати для розроблення розумної системи керування економною роботою твердопаливного котла, щоб автоматизувати управління котельною установкою, а також зменшити витрати палива. Доцільно, щоб користувач мав можливість самостійно в ручному режимі задати значення бажаної температури води в твердопаливному котлі, а відповідно в системі опалення будинку чи у будь-якому іншому приміщенні. Система повинна в автоматичному режимі підтримувати вибрану температуру в твердопаливному котлі, мати засоби захисту від нештатних

ситуацій. Важливим фактором таких систем є сумісність зі стандартною автоматикою сучасних твердопаливних котлів. Повинна бути прийнятною вартість монтажу та експлуатації мікропроцесорної системи управління.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Нині в Україні є невелика кількість компаній, які пропонують свої послуги у царині розроблення та впровадження мікропроцесорних систем керування твердопаливних котлів. Головними недоліками кожної з цих систем є: висока вартість обладнання, складність користувацького інтерфейсу, низька швидкодія опитування датчиків, відсутність зовнішнього термостата та достатньо висока складність адаптації до стандартної автоматики твердопаливних котлів.

У джерелі [1] розглянуто загальні підходи до побудови засобів управління в розумних будинках, однак специфіці управління твердопаливним котлом увагу не приділено. У роботі [2] досліджено специфіку застосування нейромережевої технології для побудови засобів управління в розумних будинках. Поки що недостатньо статистичних даних для побудови систем управління твердопаливним котлом на основі нейромережевої технології.

Запропоновано будувати систему управління твердопаливним котлом із використанням найпоширеніших мікропроцесорних засобів, які характеризуються високою продуктивністю, надійністю, низькою вартістю. Такий підхід дає змогу реалізувати ефективну систему управління твердопаливним котлом.

Огляд ринку сучасних мікропроцесорів та мікроконтролерів за критеріями доступності, продуктивності та вартості дає підстави виділити базові засоби Arduino [3]. Основним інтелектуальним елементом системи управління твердопаливним котлом вибрано засоби Arduino. Інші елементи системи мають бути сумісними із цими засобами та реалізовувати необхідні функції. Розглянемо вибрані елементи.

Економними клавіатурою та дисплеєм вибрано модуль індикатора LCD 1602 Keypad SHIELD [4], який реалізовує дві основні функції щодо встановлення режимів роботи системи управління та відображення її загального стану.

Вимірювання температури доцільно здійснювати датчиком DS18B20 [5], що формує результуючий двійковий код, зручний для опрацювання контролером.

4-channel 5 V relay [6] є ефективним комутаційним елементом.

SP-30 – це інтелектуальний, простий у використанні, інноваційний за характеристиками контролер для якісного спалювання дров, вугілля, торфу та відходів деревообробки [7]. Контролює роботу вентилятора нагнітання і насоса СО, з можливістю підключення кімнатного термостата. Додаткова опція – підключення датчика димових газів РТ-1000. Використання нового алгоритму роботи автоматики Smart Control дає змогу найкращим способом забезпечити оптимальні процеси горіння/тління для забезпечення максимального ККД котла. Користувач може вибирати два режими роботи вентилятора: CS – автоматичне плавне керування вентилятором; STD – потужність вентилятора користувач встановлює у меню. В опції CS автоматика сама автоматично зменшує роботу вентилятора, коли підвищується температура котла. Це захищає котел від температурних “ударів”.

У разі підключення датчика димових газів РТ-1000 автоматика автоматично контролюватиме температуру виведених відпрацьованих газів. Якщо температура на виході з котла понад 150 °С, потужність вентилятора зменшується, і навпаки. Панель LED відображає зміни потужності роботи вентилятора. Зменшення потужності роботи вентилятора у разі зростання температури мінімізує втрату тепла в котлі й системі та сприяє економії палива до 20 % [7].

Контролер TAL RT-22 призначений для управління вентилятором нагнітання твердопаливного котла, а також для увімкнення відповідного насоса [8].

Контролер призначений для твердопаливного котла із ручним завантаженням. Регулятор має багато функцій, простий і надійний. Автоматика для твердопаливного котла TAL RT-22 дає змогу встановлювати максимальні й мінімальні оберти турбіни, що оптимізують потужність нагнітання

вентилятора, забезпечуючи цим плавність регулювання температури, тому TAL RT-22 сумісний із різними видами вентиляторів. Крім цього, регулятор температури твердопаливного котла TAL RT-22 має програмне забезпечення, яке забезпечує поступове зниження сили нагнітання вентилятора, і як результат, плавно і точніше наближення до заданої температури. Це істотно зменшує витрати палива і стабілізує температуру, яку підтримує котел [8].

Euroster 11w – сучасний мікропроцесорний контролер, призначений для управління роботою твердопаливного котла і нагнітального вентилятора [9].

Контролер вимірює температуру води в котлі й, залежно від температури, регулює приплив повітря у піч котла й управляє роботою циркуляційного насоса системи опалення.

Температура котла утримується за рахунок регулювання кількості поданого повітря та управління роботою циркуляційного насоса системи опалення. В режимі розпалювання, коли температура низька і можливе запотівання котла, повітродувка працює із повною потужністю. Завдяки цьому час розпалювання зменшено до мінімуму.

Якщо температура котла близька до встановленої температури у діапазоні гістерезису, контролер плавно регулює приплив повітря. Діапазон регулювання потужності нагнітального вентилятора обмежений двома установками: мінімальна потужність і максимальна потужність. Перевищення температури котла зумовлює перехід до роботи з вентилятором. У цьому режимі нагнітальний вентилятор запускається тільки з метою видалення газів з печі, що виникли в результаті згоряння.

Параметри продування необхідно визначати так, щоб температура котла знизилася до значення, за якого вентилятор працює із лінійною регуляцією обертів. Якщо температура котла перевищить тривожну температуру (90 °С), вентилятор повністю вимикається. Коли температура котла стає нижчою від встановленої, температура погашення вмикає повітродувку. Насос системи опалення працює далі згідно із заданими установками. Циркуляційний насос системи опалення вмикається/вимикається за різниці температур гістерезису.

Циркуляційний насос Euroster 11W забезпечений системою “антистоп”, запобігає гальмуванню ротора невикористаного насоса. Після опалювального сезону контролер автоматично кожні 14 днів вмикає і запускає насос на 30 с. Щоб система залишалася працездатною після опалювального сезону, контролер повинен залишатися увімкненим.

У разі перевищення тривожної температури (90 °С) на давачі котла нагнітальний вентилятор вимикається до моменту зниження температури котла до 60 °С.

Функція захисту проти замерзання стає активною, коли температура давача впаде до мінус 4 °С, тоді вмикається циркуляційний насос системи опалення [9].

Головними недоліками кожної з систем є: висока вартість обладнання, незрозумілість користувачького інтерфейсу, низька швидкодія опитування давачів, відсутність зовнішнього термостата та достатньо висока складність самостійного підключення систем.

Наведений огляд літературних та довідкових джерел сприяє раціональній побудові економної системи керування твердопаливним котлом.

### Постановка задачі

Мета статті – дослідження принципів побудови недорогої розумної системи керування ефективною роботою твердопаливного котла. Поставлено два основні завдання:

- дослідити принципи побудови системи, яка має покращувати обігрівання приміщення із мінімізацією затрат на експлуатацію;
- дослідити структурні, алгоритмічні та схемотехнічні рішення побудови економної системи, яка працюватиме із мінімізацією пального.

Спираючись на запропоновану методику, розроблено власну розумну систему керування економною роботою твердопаливного котла, націлену на покращення якості обігрівання приміщення завдяки точності вимірювання температури навколишнього середовища і раціональній роботі котла, що сприяє зменшенню витрати пального. Це дає можливість заощадити на паливі й забезпечити комфортне перебування користувача в опалюваному приміщенні.

### Алгоритм створення розумної системи керування економною роботою твердопаливного котла

Під час розроблення системи керування потрібно приділити велику увагу вибору технології, яку можна використати в її побудові. Потрібно переглянути популярні програми для розробки, сучасні контролери для програмування і вибрати давачі з високою надійністю. Спираючись на такий аналіз, необхідно вибрати ті компоненти, які зможуть задовольнити вимоги системи [2].

На рис. 1 зображено запропонований алгоритм розумної системи керування економною роботою твердопаливного котла.

Виконавши аналіз та дослідження, як контролер ми вибрали Arduino Uno Rev3.

Характеристики та можливості контролера [3]:

- Тип мікроконтролера: AVGA328P.
- Напруга живлення: на USB 5, через круглий з'єднувач 7–12 В.
- Вихідний струм стабілізатора: 3,3 В, 50 мА.
- Об'єм пам'яті Flash: 32 кБ.
- Об'єм пам'яті SRAM: 2 кБ.
- Об'єм пам'яті EPROM: 1 кБ.
- Тактова частота 16 МГц.
- Аналогові входи: 6 шт.
- Цифрові входи-виходи: 14 шт.
- Сумісність з Win7 та Win8.
- Розміри: 68×5×15 мм.

Для реалізації програмної частини проекту використовуємо:

- конфігураційне програмне забезпечення “Arduino IDE”;
- конфігураційне програмне забезпечення “FLProg”.

Конфігураційне програмне забезпечення “Hybrid Control Designer” використовується для конфігурації гібридного контролера HC900 й операторського інтерфейсу, який працює на ПК з Windows. Програма використовує графічні символи і лінії з'єднання для створення необхідних алгоритмів управління. Меню у програмному забезпеченні передбачені для вибору дисплеїв операторського інтерфейсу, конфігурації доступу до екранів і клавіші оператора. Закінчена конфігурація завантажується в систему управління через спеціалізований комунікаційний порт контролера.

Arduino IDE – програмне забезпечення для користувачів операційної системи Windows, що дає змогу писати свої програми (скетчі) для платформи Arduino. Ця платформа орієнтується передусім на конструкторів-аматорів, які застосовують Arduino для побудови простих систем автоматики і робототехніки. Проте інколи на основі Arduino створювали і серйозніші проекти.

Arduino IDE складається із доволі простого текстового редактора коду, менеджера проєктів, компілятора та модуля для завантаження прошивки в мікроконтролер. Це інтегроване середовище написане на Java і ґрунтується на Processing та іншому програмному забезпеченні з відкритим кодом. На відміну від онлайн-версії редактора коду (Arduino Web Editor), настільною версією можна користуватися за відсутності інтернету.

Мова програмування Arduino – стандартна C++ (використовується компілятор AVR-GCC) з деякими особливостями, що полегшують написання програм.

Переваги Arduino IDE [3]:

- доступність;
- зручний для використання та розуміння інтерфейс;
- програма сумісна із усіма версіями операційних систем Windows;
- наявність необхідних для роботи інструментів;
- кілька варіантів мов програмування;
- можливість поглибити знання мови C++;

- вбудований набір прикладів програм;
- функції збереження, експорту, перевірки, пошуку, заміни скетчів.

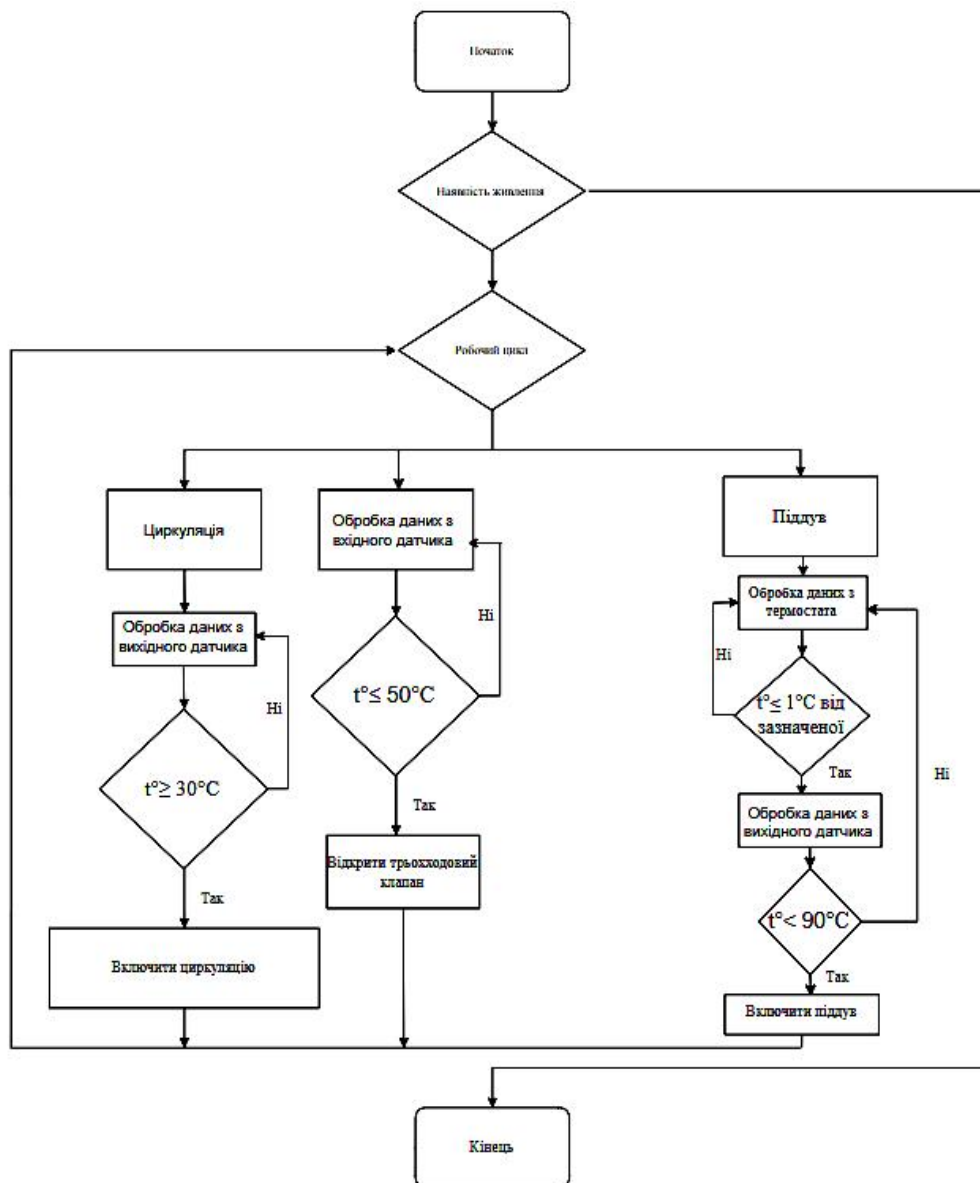


Рис. 1. Алгоритм розумної системи керування економною роботою твердопаливного котла

Для Windows є можливість завантаження архіву й інсталлятора (файлу .EXE). Архів можна використовувати як портативну версію. Якщо ж встановлювати середовище розробки Arduino на своєму постійному робочому місці, то краще вибрати Windows Installer.

FLProg – програма, створена на основі візуальних мов програмування FBD та Ladder, які використовують для програмування практично всіх логічних реле та частини промислових контролерів у всьому світі.

### Створення апаратної частини системи.

До складу системи входять такі компоненти:

- мікроконтролер Arduino Uno Rev3;
- блок живлення для мікроконтролера;

- давач температури DS18B20 (2 шт.);
- зовнішній термостат Tervix 116331;
- чотириканальне реле SRD-05VDC-SL-C;
- модуль індикатора LCD 1602 Keypad SHIELD.

Живлення контролера Arduino Uno Rev3 можна виконати, просто підключивши його до комп'ютера за допомогою USB-кабелю, або підключити до плати зовнішнє джерело живлення. Для живлення пристрою можна вибрати джерело з напругою (7–12) В, використовуючи контакти VIN і GND або безпосередньо контакти +5V і GND, але у цьому випадку потрібно використовувати тільки струм, що пройшов через стабілізатор напруги 5 В, інакше можна спалити плату, оскільки вбудованого стабілізатора вона не має.

У нашій роботі до контролера буде підключено зовнішнє джерело живлення, в якому буде використано звичайний блок живлення для телефону під назвою Power Adapter MDY-11-EZ з такими характеристиками:

- вхідна напруга: 220–240 В;
- вихідна напруга: 5 В;
- потужність 10 Вт.
- сила струму на виході: 1 А.

Характеристик такого блока живлення цілком достатньо, оскільки система керування споживає 300 мА.

У системі використано два давачі вимірювання температури DS18B20. Перший вимірює температуру теплоносія, який подається у систему, другий – температуру теплоносія під час повернення в котел. Можливі два способи підключення: використовуючи лише два з трьох провідників, що виходять (у такому разі живлення відбуватиметься через контакт data), або ж всі три виходи. В запропонованій схемі підключення відбувається за другим варіантом. Дані передаються із давача на плату через жовтий провід, підключений до виходу D2. Напруга живлення для DS18B20 можлива в діапазоні від 3,0 до 5,5 В. Використовуємо п'ятивольтовий роз'єм (5V) на платі, до якого приєднаний червоний провід давача температури, через який здійснюється живлення. Третій (чорний провід) – це “земля”. Підключений до виходу GND на платі.

Зазначимо, що між червоним і жовтим проводами (живленням та даними) є резистор на 4,7 кОм [6]. Схему зображено на рис. 2.

Керування реле здійснюється через запрограмовані виходи контролера. За допомогою реле реалізовано контроль виконавчими механізмами, такими як насос (для циркуляції води в системі опалення) та вентилятор (для насичення киснем палива в котлі). Схему підключення зображено на рис. 3.

У системі використано модуль, спроектований на основі чотирьох реле SRD-05VDC-SL-C. Вихід VCC релейного модуля під'єднаний до 5V лінії на контролері Arduino Uno Rev3, аналогічно з'єднано й GND із GND на платах. Входи IN1, IN2 релейного модуля з'єднано з D3 та D4 на контролері, відповідно [6].

Підключення плати LCD1602 Keypad SHIELD, що виконує функції як дисплея, так і управління всією системою за допомогою вбудованих кнопок, здійснюється навісним монтажем. У разі підключення модуля дисплею до контролера більшість виходів Arduino Uno дублюються на платі LCD1602 Keypad SHIELD, оскільки модуль дисплея та керування підключений лише до виходів: D5, D6, D7, D8, D9, п'ятивольтової лінії 5V, GND та аналогового виходу A0, розміщених на мікроконтролері [4]. Схему підключення зображена на рис. 4.

Зовнішній термостат Tervix 116331 – бездротовий WIFI кімнатний термостат із живленням від батарейок або від мережі для газових та електричних котлів. Управління котлом реалізується через “сухі” контакти. Тиждневе програмування. Керування телефоном або ручне. Голосове керування.

Розроблено схему електричну функціональну системи управління (рис. 5).

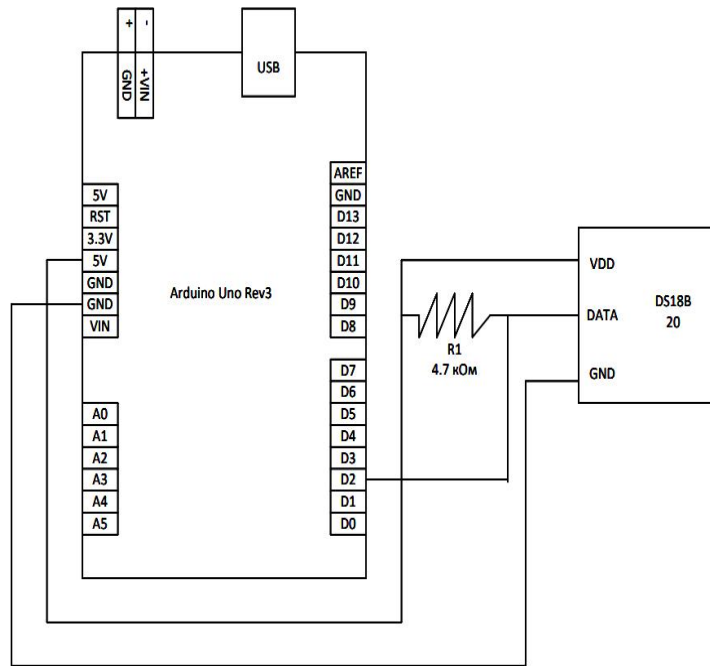


Рис. 2. Схема підключення датчика температури до контролера

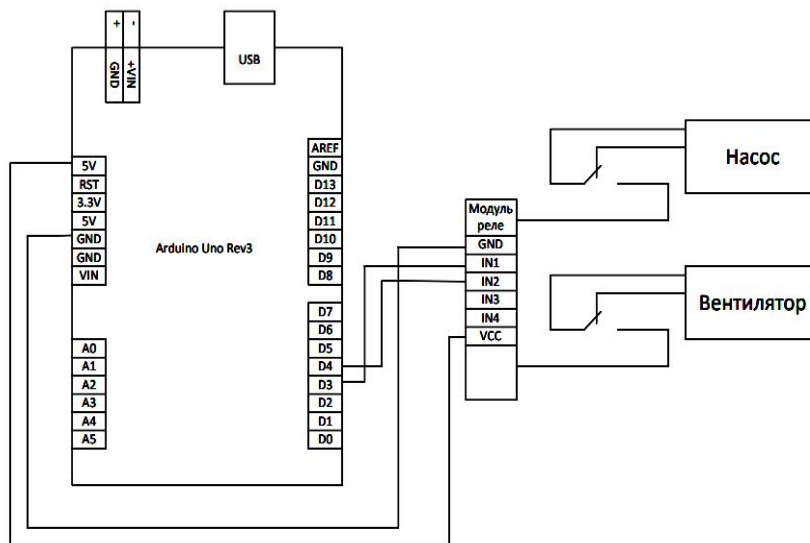


Рис. 3. Схема підключення релейного модуля до контролера

Під час розроблення програмного забезпечення використано програму FLProg. Безпосередньо перед підготовкою розробки всієї системи вирішено, що вона повинна керувати такими процесами:

- циркуляція води в системі;
- насичення киснем палива.

Розпочнемо із реалізації під'єднання модуля дисплея та керування системою економної роботи твердопаливного котла. LCD1602 Keypad SHIELD, що слугує дисплеєм, має вбудовані шість кнопок, яких цілком достатньо для керування. Причому керування здійснюється лише через один аналоговий вихід, оскільки кожна кнопка має свій індивідуальний сигнал. Мікроконтролер “розуміє”, яку саме клавішу натиснув користувач.





- Down – дає можливість знизити бажану температуру, за якої циркулюватиме вода чи вмикатиметься піддув повітря;
- Select – відповідає за вхід в ту чи іншу змінну, значення якої користувач має намір змінити; відповідає за вихід з тієї чи іншої змінної, значення якої користувач змінив;
- RST (Reset) – відповідає за перезавантаження системи, після поновлення необхідних для користувача значень.

Далі підключимо та налаштуємо давачі температури DS18B20. Вони відіграватимуть головну роль у подальшій коректній роботі усього пристрою керування. Зокрема значення температури з вихідного давача в реальному часі оновлюватиметься кожну 1 секунду та виводитиметься у правому нижньому куті на дисплеї зі знаком “°C”. Логіку підключення давача температури відображено на рис. 6.

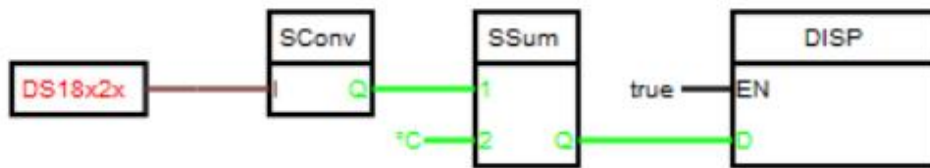


Рис. 6. Реалізація підключення давача температури

Насос для циркуляції води в системі вмикається/вимикається (через реле) залежно від значення температури із гістерезисом 1 °C:

- увімкнення, коли температура  $\geq 30$  °C;
- вимкнення, коли  $\leq 29$  °C.

Логіку керування циркуляцією води відображено на рис. 7.

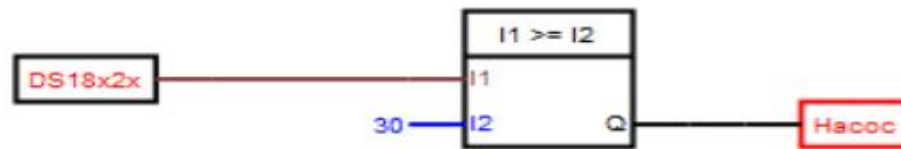


Рис. 7. Реалізація управління циркуляцією води

Давач DS18B20, що вимірює температуру теплоносія під час повернення у котел, необхідний для керування роботою триходового клапана, призначеного для підтримання необхідної температури у котлі.

Якщо температура теплоносія менше ніж 50 °C, контролер дає команду на відкриття триходового клапана.

Якщо значення давача стає  $\geq 50$  °C, контролер закриває триходовий клапан.

Вентилятор, який призначений для насичення киснем палива, працює практично за таким самим принципом, як і насос для циркуляції води в системі опалення. Він також використовує реле, яке перебуває в одному з двох положень. Перше положення – вентилятор (піддування повітря) вимкнено, друге – увімкнено, оскільки сигнал з контролера надходить на реле та перемикає його в робоче положення.

Щодо увімкнення, то логіка трохи відрізняється від тієї, за якою працює насос.

Користувач сам задає бажане значення за допомогою кнопок на LCD1602 Keypad SHIELD, після чого контролер зчитує дані з вихідного давача DS18B20 та порівнює їх вже не з константою, а з даними, які вказав користувач.

Отже, якщо значення температури, яку надсилає вихідний давач DS18B20 на контролер, менше від температури, яку вказав користувач, на 1 °С – контролер вмикає реле, до якого приєднаний вентилятор, який починає насичувати паливо киснем. Це відбувається доти, доки значення із вихідного давача DS18B20 та задане користувачем не стануть однаковими. Логіку насичення киснем палива подано на рис. 8.

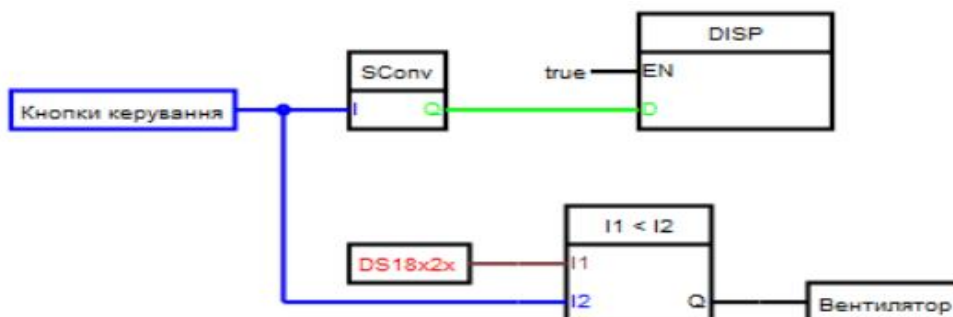


Рис. 8. Реалізація насичення киснем палива

За таким самим принципом відбувається взаємодія контролера із зовнішнім термостатом, що встановлений у приміщенні, що обігрівається. Користувач сам задає бажану температуру, яку згодом буде досягнуто за допомогою увімкнення вентилятора та насичення палива киснем. Після досягнення потрібної температури в приміщенні контролер вимикає вентилятор та котел переходить у режим тління, тобто економії пального.

Зазначимо, що значення температури приміщення є пріоритетом для усієї системи. Вентилятор працюватиме доти, доки не буде досягнуто бажаної температури в будівлі. Проте, якщо значення температури вихідного давача DS18B20 перевищить 90 °С, вентилятор тимчасово вимкнеться, щоб не допустити можливого перегрівання котла.

Інтерфейс LCD1602 Keypad SHIELD є інтуїтивним та простим задля того, щоб користувач одразу та без проблем міг зробити усе необхідне.

На другому рядку екрана праворуч за замовчуванням виведено температуру, яку в цей момент вимірює вихідний давач (температура води в системі опалення на виході).

У першому рядку ліворуч – константа V (вентилятор) та значення температури, яку користувач задав із клавіатури.

У другому рядку ліворуч – константа N (насос) та значення температури, за якої циркуляційний насос переходить у режим функціонування.

Як в першому, так і в другому рядку є змінні "on" та "off", що показують, увімкнено чи вимкнено вентилятор та насос відповідно.

### Висновки

У статті розглянуто принцип побудови розумної системи керування економною роботою твердопаливного котла. Особливість цієї технології полягає в ефективних алгоритмічних та апаратних рішеннях, в надійності та якості компонентів системи. Ця система спрямована на покращення процесу опалення приміщень. Система проста у використанні. Всі програмні засоби взаємодіють між собою за чітко визначеними протоколами, тому не виникає збоїв у роботі системи. Однією з особливостей такої системи є швидкодія опитування давачів, що уможливорює оперативніше керування роботою котла. На відміну від аналогів, у цій системі використано одразу кілька давачів температури та зовнішній термостат. Користувач легко зможе опанувати інтерфейс такого пристрою та без проблем вивчити особливості засобів керування. Розумну систему керування економною роботою твердопаливного котла випробували з твердопаливним котлом Alter Duo Uni Pellet (Plus). Це твердопаливний котел, призначений для опалення житлових будинків та промислових споруд в автоматичному режимі. Паливо для роботи котла транспортується автоматично за допомогою шнекового

пристрою подавання із паливного бункера, який розташований поруч із котлом. Паливом для котлів є деревинні пелети, які відповідають вимогам стандарту DIN plus. Потужність котла – 27 кВт.

Економічність паливної системи порівнювали у двох режимах:

- перший за стандартної котлової автоматики;
- другий за розумної системи керування.

Результат був позитивним. Економія пального у разі використання розумної системи керування економічною роботою твердопаливного котла досягла 23 %.

### Список літератури

1. Borak, T., Kushnir, D., & Paramud, Y. (2022). *Microprocessor Subsystem of the Smart House to Control the Multichannel Irrigation of the Room Plants. Advances In Cyber-Physical Systems, Vol. 7, No 1, 1–7.* <https://doi.org/10.23939/acps2022.01.001>.
2. Kushnir D., Ocherklevich O. and Paramud Y. (2021). *Deep Neural Network Model for Text Semantic Analysis Based on Word Embeddings, 11th International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT), 718–721.* DOI: 10.1109/ACIT52158.2021.9548393.
3. ARDUINO. *From the basics of programming to the creation of practical devices.* Belov AV. 2018, 480 p.
4. LCD1602 Keypad SHIELD. URL: <https://arduino.ua/prod235-lcd-keypad-shield>. (Accessed: 15.09.2023).
5. DS18B20 temperature sensor. URL: <https://arduino-diy.com/arduino-tsifrovoy-datchik-temperatury-DS18B20>. (Accessed: 15.09.2023).
6. 4-channel 5V relay module for Arduino. URL: <https://uawest.com/ua/4-kanalnyy-modul-rele-5v-dlya-arduino-pic-arm-avr.html>. (Accessed: 15.09.2023).
7. Controler SP-30. URL: <https://prom.ua/ua/p1386783740-avtomatika-dlya-tverdopalivnih.html?&primelead=Mw>. (Accessed: 15.09.2023).
8. Controler TAL RT-22. URL: <https://prom.ua/ua/p342303612-avtomatika-dlya-tverdotoplivnyh.html?&prime>. (Accessed: 15.09.2023).
9. Euroster 11w. URL: <https://prom.ua/ua/p1437708898-avtomatika-dlya-tverdotoplivnyh.html?&primelead=MS41>. (Accessed: 15.09.2023).

## A SMART SYSTEM FOR MANAGING THE ECONOMIC OPERATION OF A SOLID FUEL BOILER

**M. Kharchenko, I. Paralukh, R. Karpa**

Lviv Polytechnic National University,  
Computer Engineering Department

©Kharchenko M., Paraliukh I., Karpa R., 2023

The control system of economic operation of a solid fuel boiler is a mechanism that is controlled or monitored by computer algorithms and is closely related to the interaction with the physical world. The system describes a combination of two main components: the physical world and the software algorithm. Based on these components, this article presents a method of building a system of economic operation of a solid fuel boiler, describes the development environment with its functions and capabilities, provides a detailed description for the user with explanations of key points in the system. This system aims to improve the quality of space heating and optimize this process to adjust the desired temperature for the user with minimal error. The system is easy to use. All software tools interact with each other according to clearly defined protocols and therefore there are no malfunctions in the system. One of the features of this system is the speed of the survey of sensors, which is relevant today. The system consists of a simple user interface, as well as six buttons that control processes.

**Key words:** economic work management system; solid fuel boiler; algorithm; functional units; industrial controller; software and logic control.