

**Тимченко А.О.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Губар В.Г.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМИ КЕРУВАННЯ СТРУМОМ НАГРІВАЧА В ТЕРМОРЕГУЛЯТОРАХ

*У роботі розглянута концепція побудови пристрою, який представляє собою універсальний терморегулятор для електронагрівальних приладів з розширеним функціоналом.*

*Актуальність розробки полягає в тому, щоб запропонувати прилад, який може підтримувати задану температуру для різного роду нагрівальних елементів: теплі підлоги, теплі килими, масляні або керамічні радіатори, а також теплоелектричні нагрівачі (ТЕНи), електричні водогрійні котли. У даній статті розглядається пропозиція побудови терморегулятора на базі мікроконтролера, що дозволить значно розширити функціонал терморегулятора – здійснювати контроль декількох температур (ззовні в приміщенні, температури нагрівального елемента та температуру теплоносія в гідравлічних системах), робити управління нагрівання по заданій температурі середовища, за тимчасовим розкладом, а також по співвідношенню зовнішньої температури до необхідної в приміщенні.*

*Головною особливістю пропонованого терморегулятора є функція керування струмом через електронагрівальний елемент, методом широтно-імпульсної модуляції (ШИМ). Таку функцію використано для можливості погодити широкий діапазон потужності ТЕНів із пропусковими можливостями побутових електромереж. Реалізація такої функції дозволить уникнути пожежонебезпечної ситуації при перевантаженні проводки, що підводить струм та зводить такий прилад у розряд пожежонебезпечних.*

*Пропонується в цій статті розглянути такий прилад на базі елементів широкого застосування та мікроконтролера Atmega 328.*

**Ключові слова:** терморегулятор, система «розумний будинок», ШИМ регулятор, ARDUINO, Atmega 328, симісторний ключ, нагрівальний елемент, пожежна безпека, ПІД регулятор, фазне регулювання.

**Постановка проблеми.** Терморегулятор – це пристрій, який використовується для контролю та регулювання температури в промислових та побутових системах опалення, а також в медицині (підтримка температурного режиму зберігання та виготовлення ліків, термальні процедури) та сільському господарстві (теплиці, інкубатори, сховища продуктів та зерна). Його головна функція полягає у забезпеченні оптимального теплового комфорту, збереженні енергії та створенні необхідного мікроклімату в приміщенні.

Терморегулятори здатні вимірювати температуру повітря, води або інших середовищ, здійснювати автоматичне регулювання роботи систем опалення залежно від заданого або виміряного рівня температури різними електричними нагрівальними приладами: тенами, теплими підлогами, теплими килимками, електроковдрами, масляними радіаторами, керамічними нагрівачами тощо.

За способом реалізації регулятори температури поділяють на:

– Прості термостати (найпоширеніші в побуті), працюють у ключовому режимі.

– Більш складні, що використовують зворотний зв'язок для формування сигналу, що управляє. Вони поширені у системах автоматичного управління, зазвичай у промисловості. Пропорційно-інтегрально-диференціюючий (ПІД) регулятор формує керуючий сигнал, що є сумою трьох доданків, утворюючи єдину передатну функцію регулювання. Регулятор обчислює величину неузгодженості від встановленої величини, суму неузгоджених величин у встановленому проміжку часу та швидкість зміни неузгодженості в цьому проміжку. Таким чином досягається більш точне та плавне підтримання заданої температури.

Кожні мають свої переваги та недоліки, але головне – це обмежене застосування, та цільове призначення роботи на задалегідь розрахований тип нагрівача.

У воєнний час, коли потрібне швидке аварійне підключення та забезпечення теплом, а проектування навантаження електромережі часом неможливе, гостро стоїть питання узгодження електронагрівального приладу з пропускну здатністю електромережі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Пропозиції терморегуляторів мають широкий діапазон від брендів відомих виробників до менш відомих.

На сьогодні на ринку присутні терморегулятори різного рівня цінової категорії та призначення. Існують доступні терморегулятори для використання в житлових приміщеннях, які мають простий інтерфейс та базові функції контролю температури (рис. 1) [1].



Рис. 1. Прості терморегулятори

Також є середньо цінові терморегулятори, які можуть мати більше функцій, таких як програмовані режими роботи, датчики вологості та зв'язок з технологіями «розумний будинок» (рис. 2).



Рис. 2. Багатофункціональні побутові терморегулятори

Представники сектору: TERNEO, DEVI, NEXANS, TOUC. Термостат, терморегулятор буде коштувати від 495 до 4279 грн.

У промисловому секторі присутні більш потужні та спеціалізовані терморегулятори для великих приміщень та систем опалення, які можуть виконувати складніші функції, такі як каскадне управління, зв'язок з центральними системами управління та моніторингом параметрів, відслідковувати «теплознімання» приміщення та регулювання температури теплоносія відносно зовнішньої температури в гідравлічних системах опалювання (рис. 3).



Рис. 3. Промислові терморегулятори

Ціна на терморегулятори також варіюється від бюджетних варіантів до високопродуктивних та розширених моделей. Вартість зазвичай залежить від функціональності, якості матеріалів та бренду виробника. Відомими виробниками для промисловості є Siemens, Danfoss, ALFA, OWEN, МІКРОЛ.

Ціни тут починаються з 1500 грн до 30000 та вище.

Також терморегулятори можна розділити на дротові та бездротові моделі. Дротові терморегулятори зазвичай підключаються за допомогою дротів до опалювальної системи і мають простий інтерфейс управління. Вони можуть бути програмованими, що дозволяє встановлювати різні режими роботи на різних часових періодах.

Бездротові терморегулятори дозволяють керування температурою опалювальної системи через радіосигнал або з використанням мережі Wi-Fi. Вони забезпечують більшу гнучкість в розміщенні та керуванні температурою – віддалено через мобільний додаток або інтернет-портал.

Щодо функціональних можливостей, сучасні терморегулятори надають різноманітні опції. Основна функція – це поточний контроль і регулювання температури в приміщенні. Більш розширені моделі можуть мати такі функції:

- Програмування режимів роботи. Дозволяє встановлювати різні температурні режими на різних часових періодах, що дозволяє ефективно керувати енергоспоживанням і комфортом.

- Датчики вологості. Терморегулятори мають додатково вбудовані датчики вологості. Це дозволяє контролювати рівень вологості в приміщенні та налаштовувати оптимальні умови.

- Зв'язок зі смарт хаус технологіями. Деякі моделі можуть бути сумісні з платформами для домашньої автоматизації, що дозволяє керувати терморегулятором за допомогою голосових команд або зі смартфона.

- Адаптивне управління – застосування алгоритмів, які враховують зовнішні погодні умови, щоб автоматично адаптувати температуру у приміщенні для забезпечення комфортного клімату.

- Енергозбереження. Терморегулятори мають функції, які допомагають знизити споживання енергії. До цих функцій відносяться такі як автоматичне

зниження температури, коли немає присутності у приміщенні або режими енергозбереження.

Дослідження пропозицій по удосконаленню терморегуляторів дають таку картину: наразі йде боротьба за дистанційне керування, багатоканальне керування, поліпшення меню відображення. Авторські дослідження пропонують вдосконалення протоколів обміну в системах автоматизації або вдосконалення драйверів вихідних ключів. Публікацій за темою відслідковування або обмеження струму навантаження не знайдено.

**Постановка завдання.** Аналізуючи характеристики та функціональність усіх вищеописаних приладів можна зробити висновок, що існуючі автоматичні системи регулювання температури забезпечують тільки контроль нагріву середовища до необхідної встановленої температури. Крім того, розглянуті терморегулятори не вирішують проблему обмеження потужності електричного нагрівача в залежності від спроможності навантаження мережі споживача.

З огляду на вищевикладені питання виникає необхідність вирішення проблеми контролю струму регулятором в колі навантаження. В статті викладається пошук рішень для проектування універсального програмованого регулятора з вимогою доступного виконання на поширеній базі елементів.

Для вирішення проблеми пропонується ввести окреме коло зворотнього зв'язку з контролем струму споживання, що надає можливість обмежувати його потужність. Це дозволяє підключити будь-які електричні нагрівачі до будь-якої електромережі: застарілої малопотужної, новітньої та потужної.

Незважаючи на різноманіття терморегуляторів на ринку, жоден з них не орієнтований на захист системи від можливих перепадів напруги в системі (що у теперішній ситуації в країні є дуже актуальним питанням). Також є актуальним підбір потужності електричного нагрівального елемента до відносно слабкої мережі електропостачання. Це може стосуватися як застарілого житлового приміщення, так і, наприклад, тимчасового житла. Тобто, у всіх вище зазначених варіантах застосування прилад не дає гарантії безпеки: може вийти з ладу електромережа, згоріти дріт чи перегрітися нагрівальний елемент. Що, як результат, може призвести не лише до некоректної роботи самого регулятора чи зупинки його роботи, а й до аварійної пожежної ситуації чи аварійної електричної ситуації.

Також пропонується розширити функціонал терморегулятора, що дозволить керувати нагрівальним елементом не тільки в залежності від заданої внутрішньої температури, а й контролювати критичну температуру самого нагрівача з метою запобігання його перегріву.

Тобто, пропонується зв'язати керування силовим елементом за допомогою двох параметрів: задана температура та обмеження струму.

Тобто, пропонується зв'язати керування силовим елементом за допомогою двох параметрів: задана температура та обмеження струму.

**Виклад основного матеріалу дослідження:**

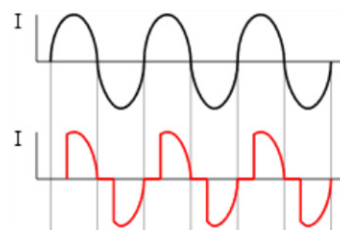
1. Вибір способу реалізації регулювання потужності

В наш час найбільше розповсюдження отримали блоки регулювання потужності на основі «керованих вимикачів» таких як симістор або тиристор. Загальний принцип регулювання потужності полягає в зміні моменту часу включення симістора після переходу синусоїди через нуль. Чим більше часу симістор знаходиться у відкритому стані, тим більша потужність надходить в навантаження.

Виділяють два основні види регуляторів потужності в мережі змінного струму, кожен з яких має свої переваги та недоліки: регулятори потужності по принципу фазного керування та регулятори потужності, засновані на принципі подачі на навантаження декількох півперіодів мережевої напруги з визначеною паузою [2].

*Регулятори потужності по принципу фазного керування.* Принцип роботи таких регуляторів заснований на зміні моменту включення симістора щодо переходу мережевої напруги через нуль. На рис. 4 показана мережева напруга та напруга на навантаженні, що підключено до регулятора з фазовим керуванням.

Із графіка видно, що комутація симістора відбувається при ненульовому значенні мережевої напруги, що викликає різку зміну струму в навантаженні, і, як наслідок, високий рівень радіоперешкод. Такі регулятори повинні мати у своєму складі LC-фільтри.



**Рис. 4. Графіки напруги з затримкою відкриття симістора**

*Метод регулювання потужності, заснований на принципі подачі на навантаження декількох півперіодів мережевої напруги з певною паузою (рис. 5).*



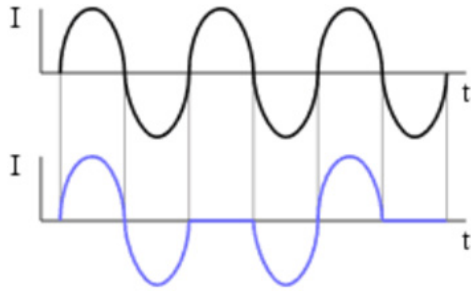


Рис. 5. Графіки напруги з відключення симістора на один півперіод

Перевагою таких регуляторів є те, що моменти комутації симістора збігаються з моментами переходу сіткової напруги через нуль, тому рівень радіоперешкод різко знижується. Застосування мікроконтролера дозволить використовувати для рівномірного розподілу імпульсів алгоритмом Брезенхема. Однак у таких регуляторів є недолік – знижена частота комутації струму в навантаженні в порівнянні з фазовим керуванням. Крім того діапазон регулювання звужений та для плавного регулювання не підходить.

Фазове регулювання потужності споживання більш доречно.

Класично фазове регулювання на симісторі реалізується схемою з гальванічною розв'язкою через оптрон (рис. 6). На керуючий електрод подаються імпульси на відкриття симістора в межах половини періоду.

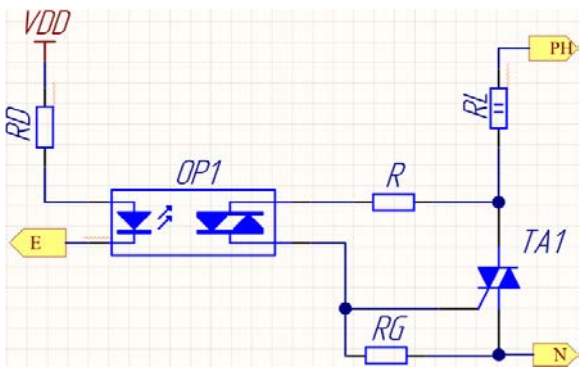


Рис. 6. Ланцюг керування симістором по передньому фронту півперіоду

В результаті зміни кута відкриття до навантаження йдуть неповні півхвилі синусоїди (зазвичай без переднього фронту), внаслідок чого знижується діюча напруга. До переваг фазового регулювання відносять дешевизну (в ролі силових елементів зазвичай використовуються найдешевші елементи з керованих – незакритих тиристорів або симісторів), простоту перетворювача і ланцюгів управління [3].

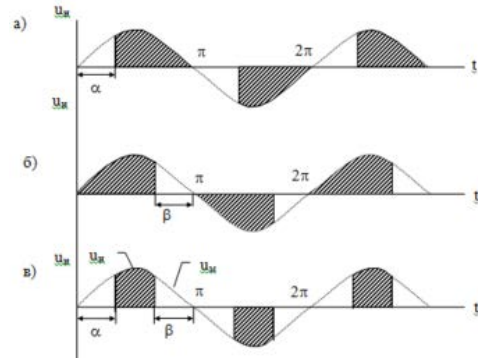


Рис. 7. Характеристика ввімкнення та вимкнення ключа із запізненням та з випередженням

Діюче значення напруги характеризує всю енергію, що передається як сталою так і змінними складовими напруги.

Фазове регулювання моментів вмикання та вимикання силових ключів, що включаються послідовно з навантаженням на основній частоті джерела напруги, можна виконати трьома способами:

1) *Фазове регулювання з затримкою кута управління.* Вмикання силового ключа із запізненням відносно моменту ввімкнення і вимикання його у момент вимкнення (рис. 7а).

2) *Фазове регулювання з випереджаючим кутом управління.* Вмиканням силового ключа у момент ввімкнення і вимкнення з випередженням відносно моменту вимкнення (рис. 7б).

3) *Фазове регулювання з двостороннім керуванням.* Вмиканням силового ключа у момент ввімкнення і вимиканням з випередженням відносно моменту вимкнення (рис. 7в).

Для реалізації вмикання силового ключа із запізненням, можна використовувати ключі змінного струму на базі тиристорів або симісторів, вимкнення яких відбувається при зміні полярності прикладеної напруги. Для реалізації двох інших способів треба використовувати повністю керовані ключі змінного струму на базі тиристорів або двоопераційних тиристорів. Оскільки  $U = RI$ , то співвідношення справедливі і для значень регульованих струмів.

Найбільш поширений метод – фазове регулювання з затримкою кута управління через легкість реалізації. В даному ж випадку за основу береться метод фазового регулювання з випереджаючим кутом управління, адже його фронт наростання струму більш плавний, а закриття ключа на згасаючому фронті струму дає менші значення ударних струмів та дещо менші перешкоди в мережі.

2. Вибір способу регулювання температури

Підтримання температури в межах заданого значення реалізують зазвичай двома методами.

Перший, більш простий метод – це коли живлення на нагрівач подається до досягнення потрібної температури і знімається до мінімально встановленої межі та знову підключається).

Інший метод більш складний: тут застосовується пропорційно інтегрально диференціальне (ПІД) регулювання (рис. 8). Підтримання заданої температури точніше та плавне, тому що час відкриття ключа є функцією від різниці між заданою та реальною температурами на поточний час (неузгодженість) [4].

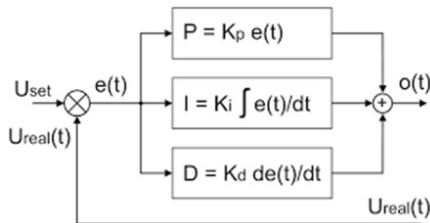


Рис. 8. Структура ПІД регулятора

Повна передатна функція ПІД регулятора (рис. 8) записується формулою:

$$u = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de}{dt} \quad (1)$$

$K_p, K_i, K_d$  – коефіцієнти посилення пропорційної, інтегруючої та диференціюючої складових регулятора відповідно.

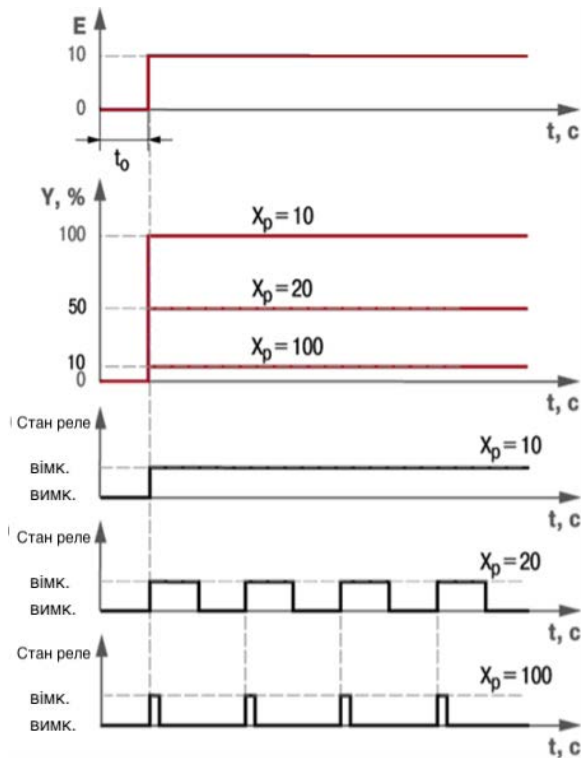


Рис. 9. Вихідний сигнал П-регулятора та тривалість керуючих імпульсів при різних значеннях  $X_p$  та  $E = 10$

Для керування напівпровідниковим ключем застосовується ПІД-ШІМ регулятор. Тоді маємо:

1) При цифровій реалізації П-закону регулювання вихідний сигнал регулятора  $Y_i$  пропорційний величині неузгодженості  $E_i$ , тобто

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \cdot E_i \cdot 100\% \quad (2)$$

$X_p$  – смуга пропорційності, у межах якої справедлива ця формула;

$E_i$  – різниця між заданим  $T_{уст}$  і поточною  $T_i$  значеннями вимірюваної величини або неузгодженість

Смуга пропорційності  $X_p$ , як і відхилення  $E$ , визначається у одиницях контрольованого параметра. Чим ширша смуга пропорційності  $X_p$ , тим менше величина вихідного сигналу  $Y$  при тому самому відхиленні  $E$ .

Поза смуги пропорційності вихідний сигнал  $Y$  дорівнює 0 або 100%.

При дії П-закону регулятор видає імпульси, у яких є лише пропорційна складова величини вихідного сигналу [5].

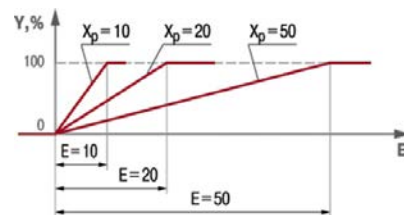


Рис. 10. Залежність вихідного сигналу П-регулятора від неузгодженості при різних значеннях  $X_p$

При роботі пристрою в режимі ПІД-регулятора величина вихідного сигналу  $Y_i$  залежить не тільки від відхилення  $E_i$ , але і від швидкості його зміни:

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \cdot \left[ E_i + \tau_\theta \cdot \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{зм}} \right] \cdot 100\% \quad (3)$$

$X_p$  – смуга пропорційності

$E_i$  – неузгодженість

$\tau_\theta$  – постійна часу диференціювання

$\Delta E_i$  – різниця між двома сусідніми вимірами  $E_i$  та  $E_{i-1}$

$\Delta t_{зм}$  – час між двома сусідніми вимірами  $T_i$  та  $T_{i-1}$

$\Delta E_i / \Delta t_{зм}$  – швидкість зміни неузгодженості  $E_i$

Зміна вихідного сигналу регулятора при зміні ступінчастої відхилення показано на рис. 11. У перший період після ступінчастої зміни  $E_i$  регулятор видає керуючий імпульс, в якому, крім пропорційної складової, викликані неузгодженістю  $E_i$ , додається диференціальна (заштрихована частина)  $Y_\theta$ , яка залежить від величини  $E_i$  і коефіцієнта. У наступних імпульсах є тільки пропорційна складова, оскільки немає зміни  $E_i$ .

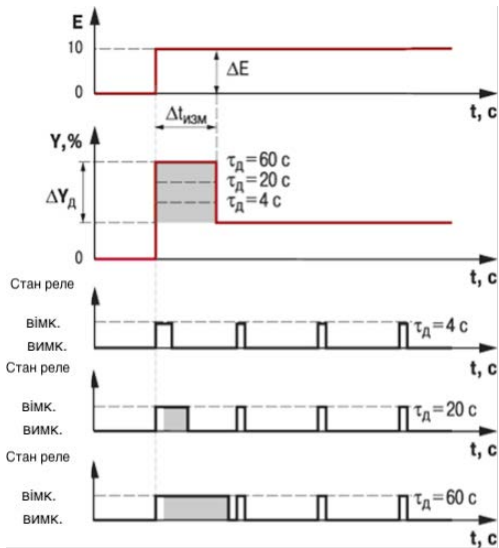


Рис. 11. Вихідний сигнал ПІД-регулятора та тривалість керуючих імпульсів при різних значеннях  $\tau_0$  та  $E = 10$

При роботі приладу в режимі ПІ-регулятора величина вихідного сигналу  $Y_i$  залежить від величини відхилення  $E_i$ , так і від суми попередніх неузгодженостей:

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \cdot \left[ E_i + \frac{1}{\tau_u} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{зм} \right] \cdot 100\% \quad (4)$$

$X_p$  – смуга пропорційності

$E_i$  – неузгодженість

$\tau_u$  – постійна часу інтегрування

$\sum E_i$  – накопичена в  $i$ -й момент часу сума неузгодженостей (інтегральна сума)

З малюнка видно, що у момент часу, коли немає відхилення ( $E_i = 0$ ), немає й вихідного сигналу ( $Y_i = 0$ ). З появою відхилення  $E_i$  з'являються імпульси, тривалість яких збільшується. В імпульсах є пропорційна складова, яка залежить від величини  $E$  (незаштрихована частина імпульсів) і інтегральна складова (заштрихована частина). Збільшення тривалості імпульсів відбувається за рахунок зростання інтегральної складової, яка залежить від неузгодженості  $E_i$  та коефіцієнта  $t_i$ .

Як відомо, налагоджування ПІД-регулятора зводяться до підбору коефіцієнту пропорційності ( $K_p$ ), часу інтегрування та часу диференціювання. Також відомо, що для регуляторів температури час диференціювання береться близько 0, а  $K_p$  прийнято брати близько 1.

Відповідно до рисунку 9 пропонується визначати  $K_p$  не як сталу величину, а як динамічно змінну, що визначається відношенням реального значення струму у колі до встановленого значення максимального струму відповідно до електроне-

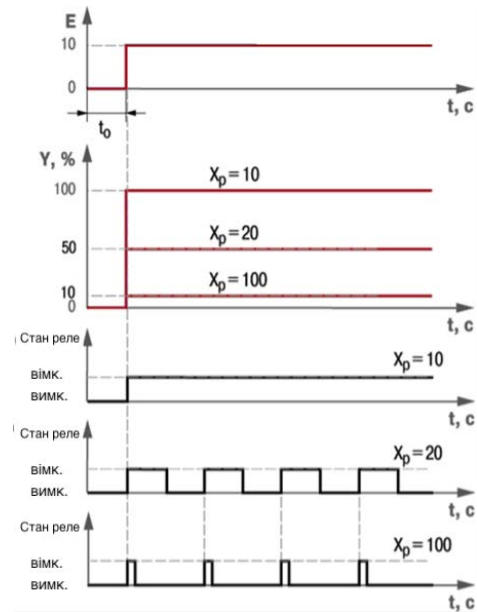


Рис. 12. Вихідний сигнал ПІ-регулятора та тривалість керуючих імпульсів при різних значеннях  $X_p$  та  $E = 10$

режі живлення. Таким чином реалізується коло контролю обмеження струму в навантаженні.

Функціональна схема пристрою з урахуванням розглянутих пропозицій приведено на рис. 13.

Призначення блоків:

1, 2, 4 – Термопара E – типу

3 – Нагрівальний елемент

5 – Перетворювач струм – напруга (струмовий сенсор)

6, 7, 9 – Контролер термопари (перетворювач напруга – код SPI)

8 – Перемикальний елемент (симістор)

10 – Мікросхема драйвер симістора

11 – Постійний запам'ятовуючий пристрій

12 – Оперативний запам'ятовуючий пристрій

13 – Блок SPI інтерфейсу мікроконтролера

14 – Цифровий потенціометр (перетворювач код – опір)

15 – Ключ аварійної відсічки

16 – Процесор

17 – АЦП

18 – LCD дисплей

19 – Блок портів вводу/виводу

20 – Блок живлення (5В, 15В)

21 – Клавіатура

За вказаною схемою, 3-5-17 блоки відповідають за струмовий зворотній зв'язок в системі нагрівання. Вимірювач струму, розташований в ланцюзі живлення нагрівача, передає дані про

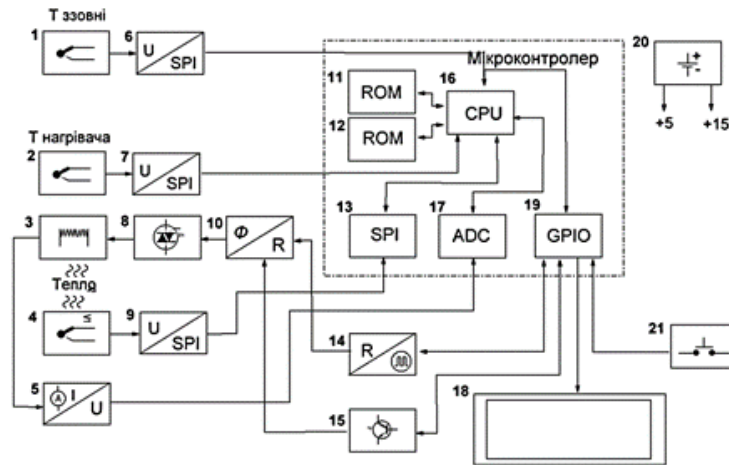


Рис. 13. Функціональна схема терморегулятора

струм на аналого-цифровий перетворювач (АЦП) і контролер. Контролер обробляє, обчислює і порівнює отримані дані.

Зворотній зв'язок за температурою реалізується через середовище нагрівання за допомогою теплових хвиль (на схемі блоки 3, 4).

Датчики температури і струму зчитують інформацію, яка передається на контролер через АЦП. Контролер, з використанням програмного ПД-ШІМ регулятора, виробляє команду для керування силовим ключем.

Таким чином, мікроконтролер виконує обробку і керування системою нагрівання на основі отриманих даних про струм і температуру, забезпечуючи необхідні умови нагріву за допомогою зворотнього зв'язку.

Блок 15 відповідає за примусове відключення управління в разі перегріву нагрівального елемента. Це безпечний захисний механізм, що дозволяє запобігти пошкодженню нагрівального елемента або небезпечному перегріву системи в цілому.

Примусове відключення управління в разі перегріву нагрівального елемента є важливою функцією для забезпечення безпеки та надійності системи нагріву. Воно запобігає можливим ураженням електричним струмом, пожежам або пошкодженню елементів системи.

**Висновки.** У даній статті розглянуто методи реалізації та функціональне наповнення терморегуляторів різного призначення. На їх основі пропонується розробити багатофункціональний терморегулятор, функціями якого є:

- робота за розкладом
- відстеження запобігання перегріву нагрівального елемента
- можливість погодозалежного регулювання, коли є гідравлічна система опалення на електричному котлі з програмним підключенням графіків опалення.

Але найважливішою його функцією є обмеження потужності нагрівального елемента. Обмежити струм задля уникнення перевищення максимального струму споживання та перегріву дроту живлення пропонується виконати шляхом застосування нестандартного підходу до будівництва ПД-ШІМ регулятора, керуючого силовим напівпровідниковим ключем. Керування реалізовано фазовим регулюванням з випереджаючим кутом управління.

Таким чином, це ставить його в низку професійних промислових пристроїв і розширює спектр застосування цієї розробки для великого кола споживачів.

Створена концепція побудови системи дозволяє перейти до безпосередньої розробки такого приладу.

#### Список літератури:

1. Навіщо потрібен і як вибрати терморегулятор: веб-сайт. URL: <https://ecoteplo.net/news/navischo-potriben-i-yak-vibrati-termoregulyator>
2. Фазовий регулятор потужності. Вікіпедія: веб-сторінка. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-fired\\_controller](https://en.wikipedia.org/wiki/Phase-fired_controller)
3. Фазове регулювання. Вікіпедія: веб-сторінка. URL: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Фазове\\_регулювання](https://uk.wikipedia.org/wiki/Фазове_регулювання)

4. PID controller. Вікіпедія: веб-сторінка. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/PID\\_controller](https://en.wikipedia.org/wiki/PID_controller)

5. P, I, D, PI, PD, and PID control: веб-сайт. URL: [https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Industrial\\_and\\_Systems\\_Engineering/Chemical\\_Process\\_Dynamics\\_and\\_Controls\\_\(Woolf\)/09%3A\\_Proportional-Integral-Derivative\\_\(PID\)\\_Control/9.02%3A\\_P%2C\\_I%2C\\_D%2C\\_PI%2C\\_PD%2C\\_and\\_PID\\_control](https://eng.libretexts.org/Bookshelves/Industrial_and_Systems_Engineering/Chemical_Process_Dynamics_and_Controls_(Woolf)/09%3A_Proportional-Integral-Derivative_(PID)_Control/9.02%3A_P%2C_I%2C_D%2C_PI%2C_PD%2C_and_PID_control)

#### **Tymchenko A.O., Gubar V.G. RESEARCH AND SOLUTION OF THE PROBLEM OF HEATER CURRENT CONTROL IN THERMOSTATS**

*The article considers the concept of building a device that is a universal thermostat for electric heating devices with advanced functionality.*

*The relevance of the development is to offer a device that can maintain the set temperature for various types of heating elements: underfloor heating, warm carpets, oil or ceramic radiators, as well as thermoelectric heaters (TEHs), electric water boilers. This article discusses the proposal to build a thermostat based on a microcontroller, which will significantly expand the functionality of the thermostat – to control several temperatures (outside in the room, the temperature of the heating element and the temperature of the coolant in hydraulic systems), to control heating according to a given ambient temperature, according to a time schedule, as well as the ratio of the outdoor temperature to the required indoor temperature.*

*The main feature of the proposed thermostat is the function of controlling the current through the electric heating element using the pulse width modulation (PWM) method. This function is used to match the wide power range of heating elements with the capacity of household power grids. Implementation of this function will allow to avoid a fire hazardous situation in case of overloading of the wiring that supplies current and reduces such a device to the category of fireproof.*

*In this article, it is proposed to consider such a device based on commonly used elements and the Atmega 328 microcontroller.*

**Key words:** thermostat, "smart house" system, PWM controller, ARDUINO, Atmega 328, triac key, heating element, fire safety, PID controller, phase control.