

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
БУДІВНИЦТВА І ОБ'ЄКТІВ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО  
ГОСПОДАРСТВА**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних та практичних робіт  
для здобувачів другого (магістерського) рівня  
вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Київ 2025

УДК 62–5 [075.8]

A75

Укладач М. І. Самойленко, асистент

Рецензент В. Ю. Луценко, канд. техн. наук., доцент

Відповідальний за випуск А. В. Запривода, канд. техн. наук,  
доцент, зав. кафедрою автоматизації технологічних процесів

*Затверджено на засіданні кафедри автоматизації  
технологічних процесів, протокол № 8 від 18 березня 2025 року.*

В авторській редакції.

**Автоматизація** технологічних процесів будівництва і об'єктів  
A75 житлово-комунального господарства [Електронний ресурс]:  
методичні вказівки до виконання лабораторних та практичних  
робіт / уклад. М. І. Самойленко. – Київ : КНУБА, 2025. – 24 с.

Містять вимоги та рекомендації до виконання лабораторних  
та практичних робіт з курсу: «Автоматизація технологічних  
процесів будівництва і об'єктів житлово-комунального  
господарства»

Призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня  
вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-  
інтегровані технології та робототехніка».

© КНУБА, 2025

## Загальні положення

Дисципліна «Автоматизація технологічних процесів будівництва і об'єктів житлово-комунального господарства» є завершальною в курсі підготовки спеціалістів в галузі автоматизації технологічних процесів, тому при виконанні лабораторних робіт передбачає використання студентами знань, отриманих при вивченні базових дисциплін: ТАУ, мікропроцесорної техніки та основ комп'ютерно-інтегрованих систем керування.

Лабораторні роботи складаються з двох частин, в першій – студенти, використовуючи знання отримані з базових дисциплін, розробляють контролери для керування технологічним об'єктом, а в другій частині курсу розробляють системи керування технологічним процесом з використанням готових контролерів ф. Delta Controls та ВАСNet протоколу. Перша частини лабораторних робіт: з першої по сьому; та друга частина – восьмої по десяту роботи.

### Лабораторна робота №1

Тема: *Експериментальне дослідження теплового об'єкту.*

Мета: *Дослідити властивості теплового об'єкту, визначити його динамічні характеристики, ідентифікувати його параметри та побудувати імітаційну модель теплового об'єкту.*

### Теоретичні відомості

Теплові об'єкти в системах автоматики являють собою лінійні безперервні системи, динаміка яких має описання у вигляді блоків з передаточними функціями:

$$\frac{K_0}{T_0 p + 1} \text{ (першого) або } \frac{K_0}{T_2 p^2 + T_1 p + 1} \text{ (другого) порядків.}$$

Від параметрів  $K_0$ ,  $T_0$ ,  $T_2$ ,  $T_1$  цих функцій суттєво залежать показники якості системи регулювання. Задачею визначення параметрів називають параметричну ідентифікацію об'єкту.

В лабораторній роботі необхідно використати найпростіший метод ідентифікації, заснований на експериментальній побудові і подальшому дослідженні кривої розгону об'єкту керування.

Для цього необхідно:

1. Переконатись, що температура об'єкту близька до температури оточуючого середовища.
2. Стрибком змінити регулюючий вплив від нуля до певної фіксованої величини.
3. Через певні інтервали часу записувати показники температури за датчиком та відповідні їм значення моментів часу.

За одержаними значеннями побудувати криву розгону, що має вигляд (див. рис.1.1).

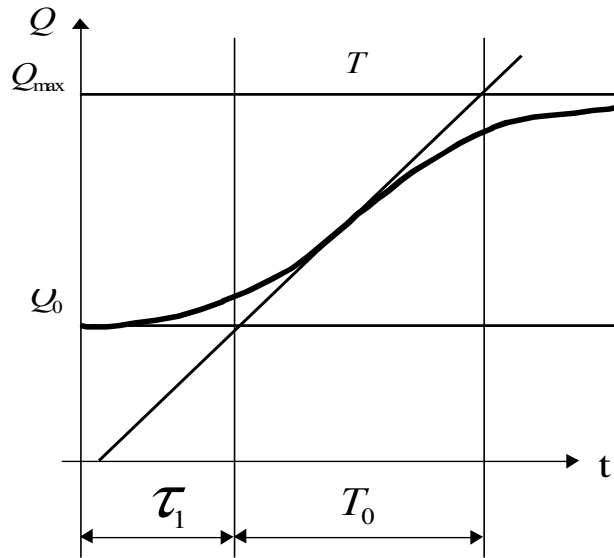


Рис. 1.1. Графік переходного процесу

4. Визначити коефіцієнт  $K_0$  передаточної функції: 
$$K_0 = \frac{Q_{\max}}{C_T},$$

де  $C_T$  – інтенсивність надходження теплоносія після вмикання виконуючого механізму (при одиничному скачку  $C_T = 1$ ).

5. Визначити сталу часу  $T$  математичної моделі об'єкту у вигляді ланки першого порядку таким чином:

а) провести дотичну до кривої розгону в точці перегину.

б) визначити різницю координат по осі часу точок перетину дотичної з горизонтальною асимптотою та з прямою, що проходить через точку  $Q_0$  і паралельна осі часу; різниця дорівнює значенню  $T_0$ .

в) якщо значення  $\tau_1$  (див. рис. 1.1) завелике, то математичну модель об'єкту можна представити у вигляді двох послідовно з'єднаних ланок: першого порядку - зі змінними  $K_0$  і  $T_0$  та ланки чистого запізнювання із сталою запізнювання  $\tau_1$ .

6. По отриманих значеннях  $K_0$  і  $T_0$  побудувати розрахункову криву розгону та переконатись в правильності визначення параметрів об'єкту. Об'єкт керування (див. рис.1.2) має вхідний сигнал  $X$ , вихідний сигнал  $Y$  та передаточну функцію  $W$ .

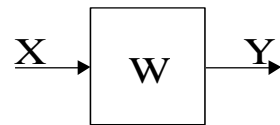


Рис. 1.2. Об'єкт керування

Вихідний сигнал  $Y$  обчислюється як:

$$Y = W \cdot X;$$

де  $X, Y$  – вхідний та вихідний сигнали,  $W$  – передаточна функція.

$$W = \frac{K_0}{T_0 p + 1};$$

де  $K_0$  - коефіцієнт підсилення,  $T_0$  - стала часу об'єкту, визначені (див. п.4, п.5),  $p$ - оператор Лапласа.

$$\text{Тоді } y = \frac{K_0}{T_0 p + 1} \cdot x;$$

$$P = \frac{dy}{dt} \approx \frac{\Delta y}{\Delta t};$$

$$\Delta y = \frac{x \cdot K_0 - y}{T_0} \cdot \Delta t;$$

$$y = y_{\text{попереднє}} + \Delta y$$

### Хід роботи

1. Зняти криву розгону об'єкту.
2. Побудувати графік перехідного процесу (зміна температури у часі).

3. Визначити параметри об'єкту - коефіцієнт підсилення  $K_0$  та сталу часу  $T_0$ .
4. Побудувати розрахункову криву розгону та уточнити значення параметрів.
5. Зробити висновки.

### **Лабораторна робота №2**

Тема: *Дослідження напівпровідникового термістора як датчика температури.*

Мета: *Дослідити залежність опору від температури, та обрати методи перетворення результатів вимірювання в температуру з корекцією похибок вимірювання.*

### **Теоретичні відомості**

Напівпровідниковий термістор (НТР) - термозалежний резистор, виготовлений з напівпровідника, він має негативний температурний коефіцієнт (NTC).

Основні параметри термістора:

- опір при температурі  $25^{\circ}\text{C}$ , наприклад,  $R=10$  (кОм);
- температурний коефіцієнт при  $25^{\circ}\text{C}$  -  $\alpha=20$  (%/C);
- коефіцієнт підсилювання  $H$  в спокійному повітрі, який являє собою потужність, розсіяну термістором, при різниці температур термістора та навколишнього середовища в  $1^{\circ}\text{C}$  ( $\text{Вт}/^{\circ}\text{C}$ );
- теплоємність  $C$  ( $\text{Вт}\cdot\text{с}/^{\circ}\text{C}$ ), являє собою енергію, необхідну для нагрівання термістора на  $1^{\circ}\text{C}$ ;
- енергетична чутливість  $G$  ( $\text{Вт}/\%R$ ), представляє собою потужність, необхідну для зміну величини термістора на 1%.
- максимально допустимий струм при визначенні температури середовища, тобто струм, при якому температура термістора не перевищує максимально допустимого значення ;
- постійна часу в спокійному повітрі - відношення теплоємності до коефіцієнта розсіювання –  $\tau=C/H$  (C).

Основною характеристикою термістора є температурна залежність.

Величина опору НТР, яка відповідає температурі  $T$  К,

$$R_t = A_e * B/T; \quad (2.1)$$

де  $T=273$  °С+  $Q$ ;

$Q$  - температура НТР, °С,

$A$  і  $B$  - коефіцієнти, постійні для конкретного термістора, які визначаються за формулами:

$$A = R_t * e^{(-B/T)}; \quad (2.2)$$

$$B = (T_1 * T_2 / (T_2 - T_1)) * Ln(R_{t1} / R_{t2}); \quad (2.3)$$

Графічне зображення залежності величини опору НТР від температури називають температурною характеристикою термістора (рис.2.1).

Як бачимо з графіка і з формули (2.1) опір НТР зі збільшенням температури зменшується (температурний коефіцієнт від'ємний).

Коефіцієнти  $A$  і  $B$  можуть бути визначені за двома значеннями величини опору НТР, отриманими із експерименту.

Прийнято за такі значення брати опір НТР при  $20$  °С і  $100$  °С, тобто відповідно  $R_{20}$  і  $R_{100}$ .

Тоді, скориставшись рівнянням (2.1), маємо:

$$T_1=273+20=293 \text{ °С};$$

$$T_2=273+100=373 \text{ °С},$$

отримаємо:

$$B = (T_1 * T_2 / (T_2 - T_1)) * Ln(R_{20} / R_{100}); \quad (2.4)$$

$$A = R_{20} * e^{(-B/293)} \quad (2.5)$$

Основним недоліком НТР є великий роздріб температурних характеристик в окремих екземплярів одного типу. Тому завжди необхідно звертатися до експериментального визначення опору  $R_{20}$  і  $R_{100}$  і по них побудувати температурну характеристику для кожного конкретного НТР.

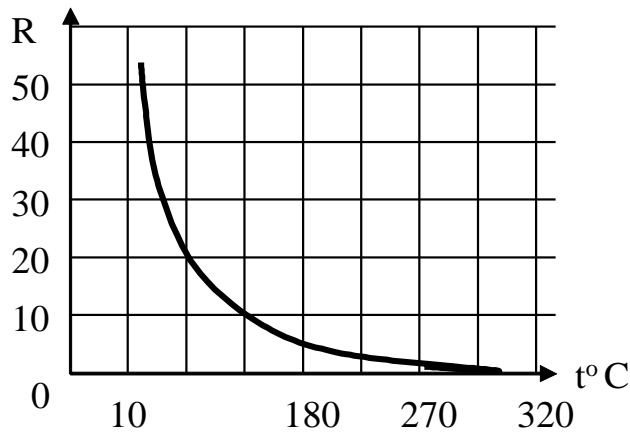


Рис. 2.1. Температурна характеристика НТР

Вольт-амперна характеристика НТР - графічне зображення залежності падіння напруги  $U$  на НТР від струму  $I$ , що протікає через нього в постійному тепловому режимі (рис. 2.2).

Коли струм  $I$ , що проходить через термістор, менше критичного ( $I < I_{кр}$ ), він не викликає помітного нагріву НТР. Цьому режиму відповідає початкова ділянка вольт-амперної характеристики. Подальше збільшення струму ( $I < I_{кр}$ ) приводить до підвищення джоулевого тепла, що виділяється в НТР, це призводить до нагріву термістора і зменшує його опір. Процес нагріву продовжується до стану, при якому з'являється теплова рівновага; тобто потужність, що виділена струмом, дорівнює потужності, що віддається в навколишнє середовище. Явище нагрівання термістора власним струмом знаходить відображення в його вольт-амперній характеристиці, яка стає нелінійною на ділянці  $I > I_{кр}$ .

Для кожної точки вольт-амперної характеристики можуть бути визначені статичний ( $R$ ) та динамічний ( $r$ ) опір відповідно по формулах:

$$R = U/I, \quad (2.6)$$

$$r = dU/dI \quad (2.7).$$

Опір  $R$  завжди додатний і зменшується з підвищенням струму, опір  $r$  додатний при  $I < I_{кр}$  і від'ємний при  $I > I_{кр}$ .

На рис. 2.2 нанесені лінії постійних температур робочого тіла НТР, які можна розглядати як лінії постійних статичних опорів.

Тангенс кута нахилу променю, дорівнює статичному опору при даній температурі, визначається за формулою (3.6).

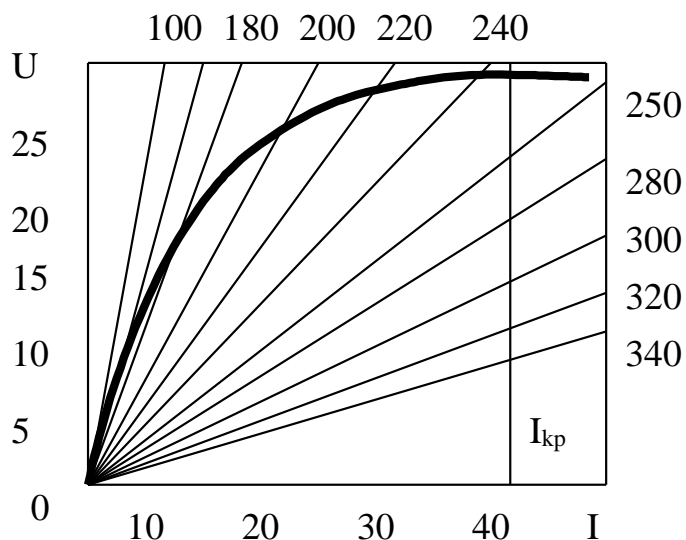


Рис. 2.2. Вольтамперна характеристика НТР

Потужність, яку виділяє електричний струм в НТР, розсіюється в навколишнє середовище і може бути виражена рівнянням:

$$I^2 * R = H * (Q - Q_0) \quad (3.8);$$

де  $H$  – коефіцієнт розсіювання, чисельно дорівнює розсіяній потужності в НТР при підвищенні його температури над температурою зовнішнього середовища на  $1^{\circ}\text{C}$ . Графічне зображення залежності коефіцієнта  $H$  від підвищення температури НТР над температурою навколишнього середовища називають характеристикою розсіювання. Важливими параметрами НТР є також максимально допустима температура  $Q_{\text{max}}$  і максимально допустимий струм  $I_{\text{max}}$ .

Температурний коефіцієнт НТР у 8-10 разів більший за температурний коефіцієнт металевих термометрів опору. Різні типи НТР служать для вимірювання температури в діапазоні від  $-100$  до  $500^{\circ}\text{C}$ .

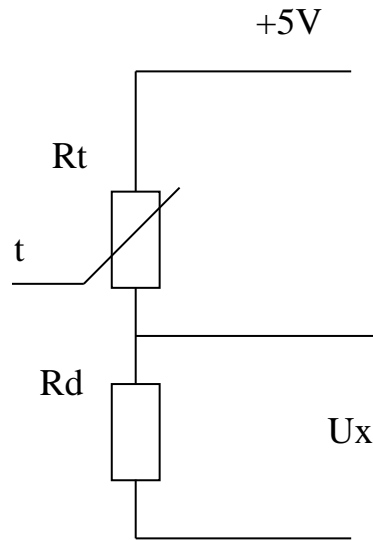


Рис. 2.3. Схема підключення термістора

Головні переваги термісторів при використанні їх в якості датчиків температури: значний електричний опір при початковій температурі, та високий температурний коефіцієнт, низька теплова інерційність, невисока ціна.

Недоліком термісторів можна вважати нелінійну залежність опору від температури, та складність визначення температури по значенню сигналу з датчика. Для усунення нелінійності використовують математичні методи, найпростіший – лінеаризація, тобто заміна нелінійної залежності лінією типу  $Y=aX+b$ , де  $a, b$  коефіцієнти,  $Y$  – температура,  $X$  – сигнал з датчика.

Однак така заміна вносить суттєву похибку в результати вимірювань, величина похибки залежить від інтервалу лінеаризації, чим більший інтервал лінеаризації тим більша похибка. Для підвищення точності доцільно весь інтервал температур розділити на під інтервали та виконати лінеаризацію на кожному з них, тобто для кожного з під інтервалів знайти свої значення коефіцієнтів  $a, b$ .

Таблиця 2.1

## Залежність опору термістора від температури

Температура	Опір (кОм)	Температура	Опір (кОм)
-35	240	60	2,49
-30	175,2	65	2,084
-25	129,3	70	1,753
-20	96,36	75	1,481
-15	72,5	80	1,256
-10	55,05	85	1,07
-5	42,16	90	0,9154
0	32,56	95	0,786
5	25,34	100	0,6773
10	19,87	105	0,5858
15	15,7	110	0,5083
20	12,49	115	0,4426
25	10	120	0,3866
30	8,059	125	0,3387
35	6,535	130	0,2977
40	5,33	135	0,2624
45	4,372	140	0,2319
50	3,606	145	0,2055
55	2,989	150	0,1826

В цій роботі пропонується дослідним шляхом обрати потрібну кількість інтервалів та обрати значення параметрів (а та b) на кожному з них. При визначенні параметрів слід враховувати особливості мікро-ЕОМ, зокрема в архітектурі AVR не передбачена команда ділення, а виконання математичних операцій з плаваючою крапкою потребує використання бібліотек чи написання досить складних підпрограм.

Тому значення b доцільно обрати цілим числом, коефіцієнт a – ціле число чи кратне 1/2, 1/4, 1/8, 1/16. Для спрощення процесу обчислень при виконання лабораторної роботи пропонується використовувати Excel.

## Хід роботи

1. Використовуючи таблиці залежності опору термістора від температури та обрану схему підключення датчика розрахувати напругу на вході АЦП. При виборі схеми підключення (рис.3.1) напругу на вході АЦП розраховують за формулою:

$$U_x = \frac{U_{cc} * R_d}{R_x + R_d} ,$$

де  $U_x$  – напруга на вході АЦП,  $U_{cc}$  –напруга живлення,  $R_d$  – опір додаткового резистора,  $R_x$  – опір термістора (датчика температури).

2. Розрахувати результат АЦП для кожної температури в інтервалі 0-100<sup>0</sup>С. Результат аналогово-цифрового перетворення обчислюють за формулою:

$$AD = \frac{U_x}{U_{reff}} * 1024 ,$$

де AD – результат перетворення,  $U_x$  – вхідна напруга,  $U_{reff}$  – опорна напруга, (взяти рівною напрузі живлення +5В). Визначити постійну складову та усунути її.

3. Побудувати графік залежності коду напруги від температури та графік визначення температури по коду вхідної напруги.
4. Доповнити графік лінією тренду, визначити значення а, b лінії тренду.
5. Побудувати лінію по значеннях лінії тренду, обчислити похибку як різницю графіку (п.3) та лінеаризації.
6. Змінюючи значення а та b мінімізувати похибку на початку діапазону вимірювання температури. Визначити перший інтервал на котрому похибка має допустимі значення.
7. Аналогічно змінювати а, b для мінімізації похибки на всьому діапазоні вимірювання температури. Кількість інтервалів обрати самостійно.
8. Запропонувати інші математичні методи корекції похибки та перевірити їх ефективність. Побудувати графіки залежності

напруги від температури без корекції та з різними методами корекції, обрати оптимальний метод для корекції. Для зручності аналізу графіки будувати на одних координатних осях.

9. Зробити висновки, результати досліджень та обраний метод використати в наступній роботі.

### **Лабораторна робота №3.**

*Тема: Розробка блоку вимірювання та відображення температури контролера керування тепловим об'єктом.*

*Мета: Розробити схемні та програмні рішення для реалізації вимірювань, обробки даних та відображення результатів на дисплеї.*

### **Теоретичні відомості**

Більшість контролерів для керування технологічними процесами мають у своєму складі клавіатуру та дисплей, за допомогою котрих задаються параметри регулювання та відображаються дані про хід процесу. В даній лабораторній роботі слід розробити блоки вимірювання температури, перетворення напруги в код, перетворювання коду напруги в температуру та блок відображення температури. В наступних роботах дані блоки будуть складовою контролера. В якості дисплею можна використовувати семисегментний світлодіодний дисплей чи LCD-дисплей. Кількість розрядів та тип індикації обирають за варіантом завдання. Приклад схеми підключення семисегментного та LCD дисплеїв приведено на рис. 4.1 та 4.2 відповідно. Програмне забезпечення для відображення поточного значення температури об'єкту керування доцільно складати структурно: у вигляді процедур, котрі по чергово виконуються. Наприклад, процедура читання даних з АЦП, процедура усереднення результату, процедури перетворення середнього значення коду напруги в температуру, процедури перетворення температури в код символів обраного дисплею та процедури керування відображенням

символів на дисплеї. Програмне забезпечення можна складати мовою Асемблер чи Сі, в середовищі AVR Studio чи CodeVisionAVR за бажанням авторів, при відлагодженні програмного забезпечення використовують AVR Studio чи Proteus. Рекомендується провести попереднє відлагодження в середовищі Proteus, а надалі на лабораторному макеті.

АЦП завжди містить похибку перетворення, котра спотворює результат вимірювання, тому використовують підпрограму усунення похибки, найпростіший приклад – усереднення кількох результатів.

Перед складанням підпрограми корекції похибки доцільно провести попередній аналіз результатів перетворення при незмінному вхідному сигналі. Для цього слід доповнити лабораторний макет платою інтерфейсу UART-USB та підключити макет до комп'ютера, а програмне забезпечення доповнити процедурою передачі молодшого байту результату АЦП в попередньо налаштований UART, для прийому даних зі сторони РС можна використати програму «terminal.exe», для аналізу – Excel.

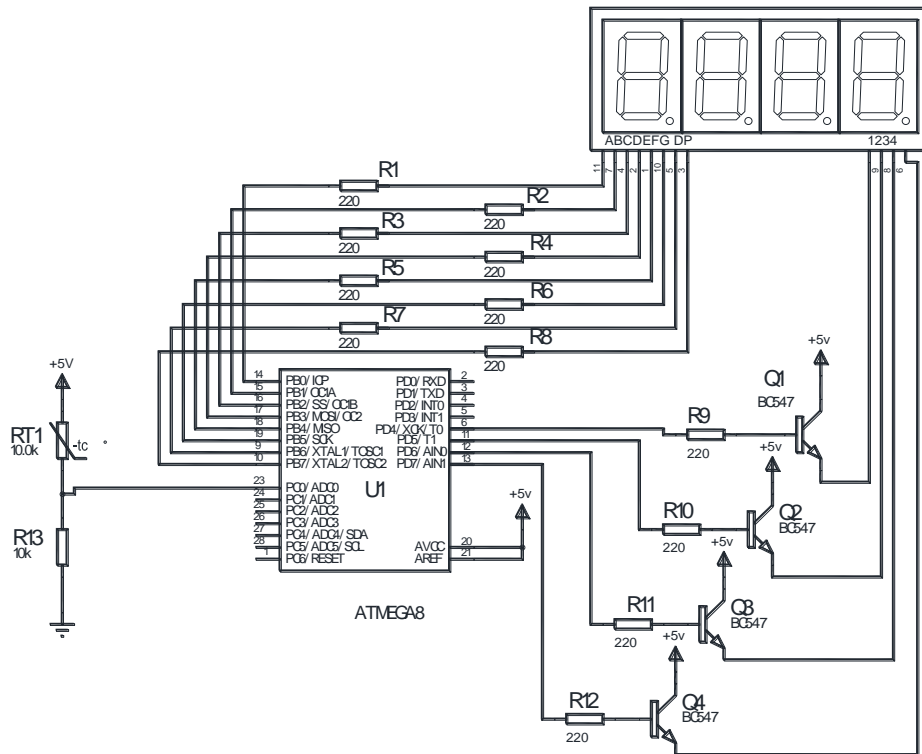


Рис. 3.1. Схема підключення 7-сегментного дисплею

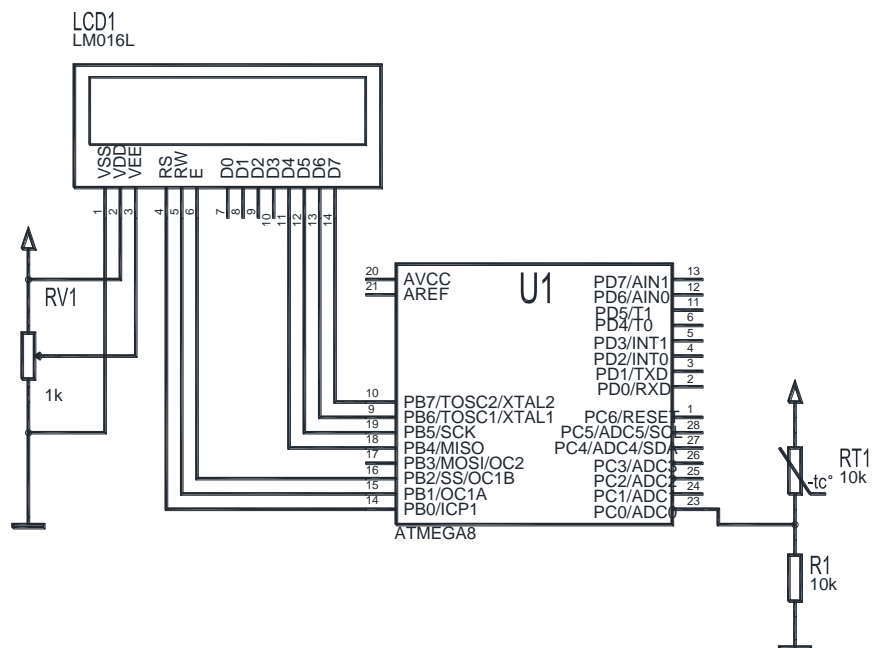


Рис. 3.2. Схема підключення LCD дисплею

## Хід роботи

1. Скласти принципову електричну схему вимірювання відображення температури.
2. Створити новий проект в середовищі Proteus, та розмістити в ньому принципову електричну схему пристрою.
3. Написання програмного забезпечення рекомендується в такій послідовності: спочатку скласти підпрограму ініціалізації ЕОМ та обраного дисплею, потім підпрограму що виводить символ на дисплей. Відлагодити підпрограми, перевірити їх роботу з використанням засобів середовища Proteus.
4. Доповнити програмне забезпечення підпрограмами:
  - перетворення числа типу «слово» в код символів обраного дисплею, перевірити роботу підпрограми;
  - читання АЦП та відображення результату на дисплеї;
  - усереднення результатів АЦП;
  - перетворення коду напруги в температуру (з використанням таблиць отриманих в попередній роботі).
5. Перевірити роботу всіх підпрограм в середовищі Proteus, в якості моделі датчика температури використати потенціометр. Переконатись в коректній роботі програм, в разі потреби виправити помилки.
6. Згідно обраної схеми зібрати макет контролера та, після перевірки схеми викладачем, записати програму в пам'ять ЕОМ та перевірити її роботу.
7. В якості датчика температури використати магазин резисторів, змінюючи опір котрих, переконатись в коректній роботі програми. Оцінити похибку вимірювання.
8. Змінюючи кількість кроків усереднення результату, дослідити їх вплив на точність вимірювання, обрати оптимальне значення.
9. Зробити висновки.

#### **Лабораторна робота №4**

*Тема: Розробка контролера для двохпозиційного керування тепловим об'єктом.*

*Мета: Розробити контролер, котрий реалізує двохпозиційний алгоритм керування.*

### **Завдання**

Розробити контролер для двохпозиційного керування тепловим об'єктом. В якості керуючої мікро-ЕОМ обрати АТМega8, в якості датчика температури – напівпровідниковий термістор, виконавчий механізм – двохпозиційний.

### **Хід роботи**

1. В середовищі Proteus скласти принципову електричну схему, та узгодити її з викладачем. Доцільно продовжити попередню роботу, доповнити попередній проект блоком керування дискретним виконавчим механізмом. Для зручності аналізу роботи контролера передбачити можливість відображення температури на дисплеї та стану ВМ (підсвітка світлодіоду при вмиканні).
2. Доповнити програмне забезпечення попередньої роботи підпрограмою двохпозиційного регулятора, параметри регулятора А1 та А2, підібрати експериментально, а в програмі передбачити можливість змінювати ці параметри.
3. Перевірити роботу програм в середовищі Proteus, переконатись в коректній роботі моделі.
4. Доповнити лабораторний макет попередньої роботи блоком керування дискретним виконавчим механізмом.
5. Записати програму в пам'ять ЕОМ, перевірити її роботу.
6. Дослідити роботу регулятора у часі, побудувати графік зміни температури об'єкту та стану виконавчого механізму.
7. Порівняти отримані результати з результатом моделювання, зробити висновки, запропонувати шляхи підвищення якості регулювання.

### **Лабораторна робота №5**

*Тема: Розробка контролера для пропорційного керування тепловим об'єктом.*

*Мета: Розробити контролер котрий реалізує пропорційний закон керування.*

### **Завдання**

Розробити контролер для пропорційного керування тепловим об'єктом. В якості керуючої мікро ЕОМ обрати АТМega8, в якості датчика температури – напівпровідниковий термістор, виконавчий механізм – двохпозиційний, керування виконавчим механізмом – широтноімпульсне.

### **Хід роботи**

1. В середовищі Proteus скласти принципову електричну схему, та узгодити її з викладачем. Доцільно продовжити попередній проект з блоком керування дискретним виконавчим механізмом. Для зручності аналізу роботи контролера передбачити можливість відображення температури на дисплеї та стану ВМ (підсвітка світлодіоду при вмиканні).
2. Доповнити програмне забезпечення попередньої роботи підпрограмою обчислення тривалості імпульсу вмикання виконавчого механізму при постійному періоді керування.
3. Параметри періоду та кроку зміни ширини імпульсу підібрати експериментально, а в програмі передбачити можливість змінювати їх.
4. Перевірити роботу програм в середовищі Proteus, переконатись в коректній роботі моделі.
5. Записати програму в пам'ять ЕОМ, перевірити її роботу.
6. Дослідити роботу регулятора у часі, побудувати графік зміни температури об'єкту та стану виконавчого механізму.
7. Порівняти отримані результати з результатом моделювання, зробити висновки, запропонувати шляхи підвищення якості регулювання.

### **Лабораторна робота №6**

*Тема: Розробка контролера для керування тепловим об'єктом з використанням ПД – регулятора.*

*Мета: Розробити контролер котрий реалізує ПІД закон керування.*

### **Завдання**

Розробити контролер для керування тепловим об'єктом з ПІД-регулятором. В якості керуючої мікро ЕОМ обрати АТМega8, в якості датчика температури – напівпровідниковий термістор, виконавчий механізм – двохпозиційний, керування – широтноімпульсне.

### **Хід роботи**

1. В середовищі Proteus скласти принципову електричну схему, та узгодити її з викладачем. Доцільно продовжити попередній проект з блоком керування дискретним виконавчим механізмом. Для зручності аналізу роботи контролера передбачити можливість відображення температури на дисплеї та стану ВМ (підсвітка світлодіоду при вмиканні).
2. Доповнити програмне забезпечення попередньої роботи підпрограмою обчислення тривалості імпульсу вмикання виконавчого механізму при постійному періоді керування.
3. Параметри періоду та кроку зміни ширини імпульсу підібрати експериментально, а в програмі передбачити можливість змінювати ці параметри.
4. Перевірити роботу програм в середовищі Proteus, переконатись в коректній роботі моделі.
5. Записати програму в пам'ять ЕОМ, перевірити її роботу.
6. Дослідити роботу регулятора у часі, побудувати графік зміни температури об'єкту та стану виконавчого механізму.
7. Порівняти отримані результати з результатом моделювання, зробити висновки, запропонувати шляхи підвищення якості регулювання.

### **Лабораторна робота №7**

*Тема: Розробка контролера для ПІД-закону керування тепловим об'єктом.*

*Мета: Розробити контролер котрий реалізує ПІД- закон керування.*

## **Завдання**

Розробити контролер для керування тепловим об'єктом з використанням ПД-закону регулювання. В якості керуючої мікро-ЕОМ обрати АТМega8, в якості датчика температури – напівпровідниковий термістор, виконавчий механізм – аналоговий, керування – плавне.

## **Хід роботи**

1. В середовищі Proteus скласти принципову електричну схему, та узгодити її з викладачем. Доцільно продовжити попередній проект замінивши при цьому блок керування виконавчим механізмом з дискретного на аналоговий. Для зручності аналізу роботи контролера передбачити можливість почергового відображення на дисплеї температури та стану сигналу керування.
2. Доповнити програмне забезпечення попередньої роботи підпрограмою реалізації ПД закону керування та керуючої обчислення сигналу керування.
3. Параметри ПД-регулятора підібрати експериментально, а в програмі передбачити можливість змінювати ці параметри.
4. Перевірити роботу програм в середовищі Proteus, переконатись в коректній роботі моделі.
5. Записати програму в пам'ять ЕОМ, перевірити її роботу.
6. Дослідити роботу регулятора у часі, побудувати графік зміни температури об'єкту та стану виконавчого механізму.
7. Порівняти отримані результати з результатом моделювання, зробити висновки, запропонувати шляхи підвищення якості регулювання.

## **Лабораторна робота №8**

Тема: *Знайомство з середовищем ORCAView ф. Delta Controls.*  
*Дискретні сигнали керування.*

Мета: Навчитись зчитувати дискретні сигнали та реалізувати дискретні закони керування з використанням обладнання ф. Delta Controls.

### Завдання

В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити об'єкт типу дискретний вхід, дискретний вихід, програмний модуль та реалізувати логіко-програмне керування.

### Хід роботи

1. В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити новий об'єкт типу дискретний бінарний вхід (BI) та налаштувати потрібні параметри. Доцільно обрати вільний вхід контролера, наприклад, 1 чи 2. Для прикладу створено *B11* з символічною назвою *Test\_BI*
2. Підключити до обраного входу контролера кнопку імітатор дискретного датчика та переконались в коректному зчитування стану кнопки.
3. В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити новий об'єкт типу дискретний бінарний вихід (BO) та налаштувати потрібні параметри. Доцільно обрати вільний вихід контролера, наприклад 1 чи 2.
4. Підключити до обраного виходу контролера світлодіод для контролю стану виходу. Перемикаючи стан в ручному режимі переконались в коректній роботі виходу.
5. В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити новий об'єкт типу програмний модуль (PG) та скласти програму, що реалізує закон керування, наприклад:

```
If Test_BI = 1 Then  
TestBO = 1  
Else Alarm_nasos1On = 0  
End If  
End
```

Середовище замінює адреси входів та виходів на їх символічні імена, наприклад: *B11* на *Test\_BI*

6. В головному програмному модулі *Main PG* налаштувати виклик створеного Вами програмного модуля, *Call Your\_PG*. Натискаємо «Застосувати» та «ОК».
7. Натискаючи кнопку імітатор дискретного сигналу переконатись в коректній роботі програми.

### **Лабораторна робота №9**

Тема: *Знайомство з середовищем ORCAView ф. Delta Controls. Двох позиційне керування тепловим об'єктом.*

Мета: *Навчитись зчитувати сигнали з датчика температури типу НТС та реалізувати керування тепловим об'єктом з використанням обладнання ф. Delta Controls.*

#### **Завдання**

В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити об'єкт типу аналоговий вхід, конфігуратор аналогового входу, тренд, дискретний вихід, програмний модуль та реалізувати двох позиційне керування тепловим об'єктом.

#### **Хід роботи**

1. В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити новий об'єкт типу аналоговий вхід (AI) та налаштувати потрібні параметри. Доцільно обрати вільний вхід контролера, наприклад 1 чи 2. Для прикладу створено AI2 з символічною назвою *Temperature*.
2. Створити об'єкт типу конфігуратор аналогового входу ACI, налаштувати конфігуратор – завантажити таблицю з лабораторної роботи 2.
3. Підключити до обраного входу контролера датчика температури та переконатись в коректному зчитуванні температури.
4. В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити новий об'єкт типу тренд (TL) та налаштувати потрібні параметри: обрати об'єкт для моніторингу, крок моніторингу, час початку та час закінчення. Таких об'єктів слід створити два: один для моніторингу температури, а другий для моніторингу стану вихідного сигналу регулятора.

5. Натискаємо «Застосувати» та «ОК», переконатись в коректній роботі.
6. В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити новий об'єкт типу дискретний бінарний вихід (BO) та налаштувати потрібні параметри. Можна використати дискретний вихід, що був створений в попередній роботі.
7. Підключити до обраного виходу контролера оптопару, а вихід оптопару – до симістора керування нагрівом теплового об'єкту.
8. В середовищі ORCAView ф. Delta Controls створити новий об'єкт типу програмний модуль (PG) та скласти програму, що реалізує двох позиційний закон керування.
9. В головному програмному модулі *Main PG* налаштувати виклик створеного Вами програмного модуля, *Call Your\_PG*. Натискаємо «Застосувати» та «ОК».
10. Порівняти результат роботи двох позиційного регулятора результатами роботи регулятора лабораторної роботи 4. Для зручності рекомендується створити об'єкт типу мульти тренд, для одночасного відображення і температури і стану виконавчого механізму.

### **Лабораторна робота №10**

Тема: *Створення мнемосхем в середовищі ORCAView ф. Delta Controls.*

Мета: *Навчитись створювати мнемосхеми засобами та з використанням обладнання ф. Delta Controls.*

#### **Завдання**

В середовищі ORCAView Illustrator ф. Delta Controls створити інтерактивну мнемосхему, що складається з схематичного зображення технологічного процесу та доповнена інтерактивними елементами корті відображають ключові параметри стану об'єкту. Робота підвищеної складності, не є обов'язковою для виконання.

#### **Хід роботи**

1. В середовищі ORCAView Illustrato ф. Delta Controls створити нову мнемосхему що ілюструє типовий тепловий об'єкт:

нагрівач, клапан подачі теплоносія, трубопроводи, тощо. Стиль оформлення довільний, однак схема має бути наглядною та зручною для сприйняття.

2. Доповнити мнемосхему інтерактивними компонентами що ілюструють стан дискретного датчика, дискретного виконавчого механізму, аналогового датчика температури. Кількість датчиків, що задіяні в схемі – на розсуд студента, довільна.
3. Запустити виконання, переконатись в коректній роботі.

### Список літератури

1. *Вольган Трамперт* AVR-RISC мікроконтролери. – Київ : МК-Прес, 2006. – 464 с.
2. *Баранов В.Н.* Використання мікроконтролерів AVR. Схеми, алгоритми, програми. – Київ: Додека, 2004.
3. *Вольган Трамперт* Вимірювання, керування та регулювання за допомогою AVR мікроконтролерів. – Київ: МК-Пресс 2008. – 208 с.
4. *ORCAview* User Manual <https://www.deltacontrols.de/media/DMS/E-ORCAview-Technical-Reference-Manual-3.40.pdf>

Навчально-методичне видання

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ  
БУДІВНИЦТВА І ОБ'ЄКТІВ ЖИТЛОВО-КОМУНАЛЬНОГО  
ГОСПОДАРСТВА**

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних та практичних робіт  
для здобувачів другого (магістерського) рівня  
вищої освіти спеціальності 174 «Автоматизація,  
комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Укладач **САМОЙЛЕНКО** Микола Іванович

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 1,39. Обл.-вид. арк. 1,5.  
Електронний документ. Вид № 59/V-25.

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р