

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

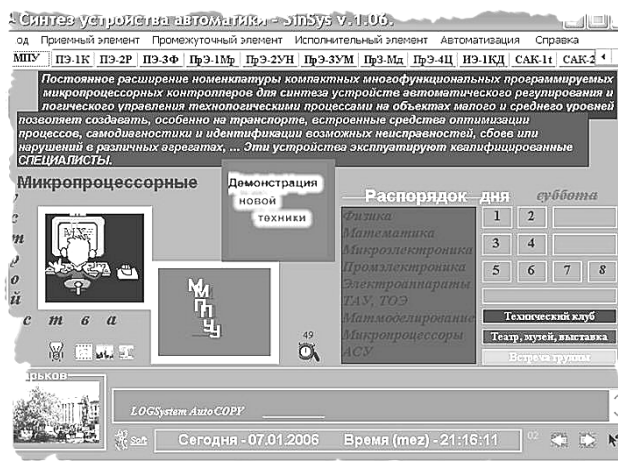
**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

для виконання лабораторних робіт

із навчальних дисциплін

**«МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ»,**  
**«МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»,**  
**«МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ**  
**ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ»,**  
**«МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ В ЕЛЕКТРОМЕХАНОТРОННИХ**  
**СИСТЕМАХ»,**  
**«ДИСКРЕТНІ ТА ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ»,**  
**«АНАЛОГОВІ ТА ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ»,**  
**«ДИСКРЕТНІ ТА ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ**  
**ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ»**

*(для студентів 3–5 курсів усіх форм навчання за спеціальністю  
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*



**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2018**

Методичні рекомендації для виконання лабораторних робіт із навчальних дисциплін «Мікропроцесорні пристрої електротранспорту», «Мікропроцесорні пристрої транспортних засобів», «Мікропроцесорні пристрої систем автоматизації електроприводів», «Мікропроцесорні пристрої в електромеханотронних системах», «Дискретні та цифрові пристрої електротранспорту», «Аналогові та цифрові пристрої транспортних засобів», «Дискретні та цифрові пристрої систем автоматизації електроприводів» (для студентів 3–5 курсів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. : С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 80 с.

Укладачі: канд. техн. наук, доц. С. М. Єсаулов,

канд. техн. наук, доц. О. Ф. Бабічева

#### Рецензент

А. К. Бабіченко, кандидат технічних наук, професор кафедри «Автоматизація технологічних систем та екологічного моніторингу» Харківського національного технічного університету «ХПІ»

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 2 від 21.09.2016.*

Методичні вказівки призначені для вивчення курсу мікропроцесорної техніки, застосовуваної на різних об'єктах транспорту й комунального господарства.

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	4
Лабораторна робота №1      Складання схеми електричного пристрою.....	5
Лабораторна робота №2      Твердотільний формувач дискретної інформації для системи контролю.....	9
Лабораторна робота №3      Формувач нормалізованого інформаційного сигналу.....	13
Лабораторна робота №4      Дослідження логічних датчиків для засобів автоматики.....	21
Лабораторна робота №5      Аналого-цифровий і цифро-аналоговий перетворювачі у системах автоматики	26
Лабораторна робота №6      Логічний синтез формувача величин керування і сигналізації з елементами пам'яті.....	31
Лабораторна робота №7      Дослідження дискретних датчиків системи діагностики обладнання.....	35
Лабораторна робота №8      Дослідження АПВ і розробка блок-схеми алгоритму.....	40
Лабораторна робота №9      Розробка програми для мікропроцесора.....	46
Лабораторна робота №10      Програмування позиційного пристрою автоматики на мові високого рівня.....	53
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТОК А	60

## ВСТУП

*Мета лабораторних занять* із дисциплін «Мікропроцесорні пристрої електротранспорту», «Мікропроцесорні пристрої транспортних засобів», «Мікропроцесорні пристрої систем автоматизації електроприводів», «Мікропроцесорні пристрої в електромеханотронних системах» – закріпити знання студентів з вивчення цифрових і мікропроцесорних пристроїв, навчити самостійно й грамотно робити рисунки, аналіз і синтез вузлів електронної техніки, вибір компонентів для реалізації мікропроцесорних пристроїв автоматики в системах електропостачання (СЕ) і на рухомому складі міського електричного транспорту (МЕТ).

Лабораторні роботи виконуються на основі пакету програм SINSYS (синтез систем автоматики).

Програму SinSys можна знайти на сайті [www.ksame.kharkov.ua/moodle](http://www.ksame.kharkov.ua/moodle) (дисципліна «Мікропроцесорні пристрої»).

Для перевірки знань умовних позначень електричних схем і розрахунків номіналів компонентів (тести) необхідно виконати наступні дії:  
Test1 – <Ctrl+Z>; Test2 – <Ctrl+Alt+C>

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1

### СКЛАДАННЯ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОГО ПРИСТРОЮ

**Мета роботи:** експериментальне дослідження принципу роботи електроустановки на базі дискретних елементів і складання електричної схеми включення електричного встаткування ручним засобом за чітким алгоритмом.

#### *Короткі дані з теорії*

*Електрична схема* – це конструкторський документ, в якому частини електротехнічного пристрою і зв'язки між ними зображені умовно. Електричні схеми електроустановок повинні бути зрозумілі всім, кому доводиться з ними працювати. Складання схем передбачає підготовку документа, з якого можна зрозуміти принцип дії пристрою, з'ясувати призначення всіх елементів, знайти спосіб реалізації певного алгоритму дії схеми і багато чого іншого.

Дискретні електротехнічні елементи - контакти вимикачів, тумблерів, кнопок, реле, включені в ланцюг живлення електричного устаткування, при замиканні і розмиканні забезпечують переривчастість електричного струму в ланцюзі. При включенні, наприклад, тумблера (при замиканні контактів) забезпечується з'єднання джерела живлення з електродвигуном, сигнальною лампою, звуковим випромінювачем і т.п. При вимиканні тумблера (при розмиканні контактів) електричний ланцюг розривається і електричні апарати, агрегати, споживачі від'єднуються від джерела живлення.

При використанні дискретних контактних пристроїв як прийомних чи виконавчих елементів у системах автоматики формуються інформаційні чи керуючі електричні величини потенційним способом у вигляді значень «1» й «0». Потенційним величинам 1 і 0 відповідають високий або низький рівень напруги у відповідній крапці електричної схеми (потенційний код).

#### *Опис лабораторного стенда*

Лабораторний стенд «ПЭ-ДД» (рис.1.1, 1.2) складається з джерела живлення  $U_{жив.}$ , контактів SA1, SA2, SA3 (елементи керування чи приймальні елементи), сигнальної лампи EL1 (елемент візуальної інформації – виконавчий елемент BE), п'єзoeлемента BF1 (джерело аудіоінформації – BE) і електричного двигуна M-BE.

При включенні джерела живлення включається електричний двигун М. При замиканні контактів SA1 джерело живлення  $U_{жив.}$  (Упит.) через контакти SA2в, SA3 з'єднується з сигнальною лампою EL1. Якщо контакт SA2 (з верхнього положення SA2в) перемкнута в нижнє положення (SA2н), то сигнальна лампа EL1 погасне, а випромінювач звукових коливань BF1 включиться. При відключенні джерела живлення схема повертається у вихідне положення.

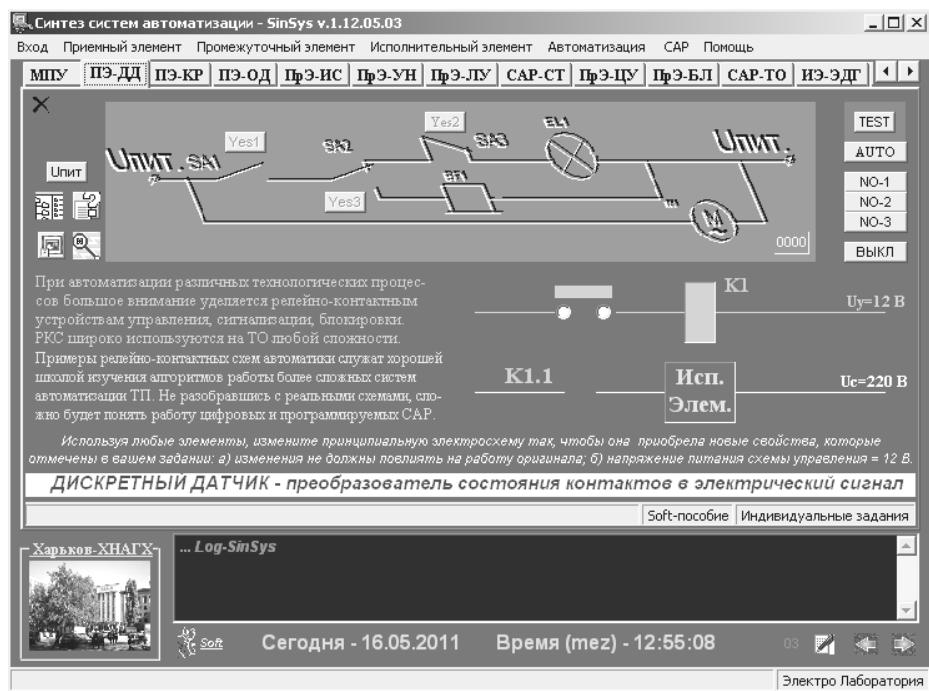


Рисунок 1.1 – Лабораторный стенд «ПЭ-ДД» в пакете програм SIN SYS

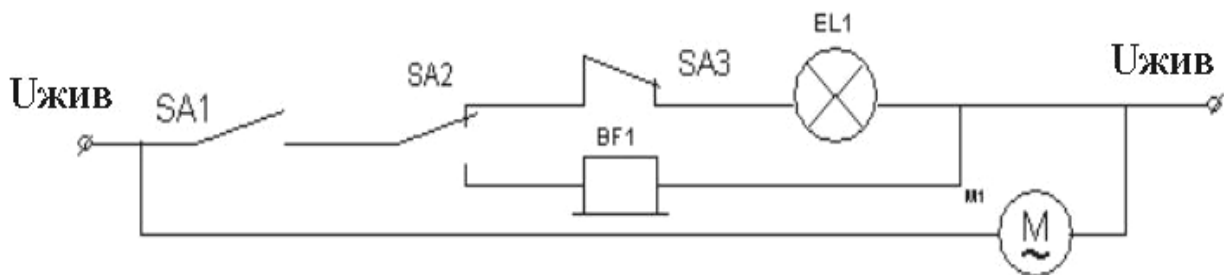


Рисунок 1.2 – Електрична схема включення двигуна, сирени, лампи

Розглянутий алгоритм роботи електричної схеми зручно представити таблицею включень (табл. 1.1). Всі контакти – елементи дискретної дії, приймають один з двох можливих станів – «ЗАМКНУТИ», «РОЗІМКНУТИ» або «1», «0». У булевій логіці замкнутому стану відповідає стверджувальна логічна умова ТАК, 1, YES. Розімкнутому стану контактних елементів схеми відповідає логіка – НІ, 0, NOT (інверсія, заперечення). Використовуючи потенційний спосіб подання інформації про стан контактів у розглянутій схемі, таблиця включень буде мати такий вигляд:

Таблиця 1.1 – Таблиця ввімкнення елементів схеми

Уп.	SA1	SA2в	SA2н	SA3	EL1	BF1	М
1	0	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	1	1	0	1
1	1	0	1	1	0	1	1
0	0	1	0	1	0	0	0

## *Завдання*

1. Вивчити принцип роботи елементів електричної схеми.
2. Вивчити принцип взаємодії елементів електричної схеми.
3. Експериментально вивчити роботу схеми і скласти таблицю ввімкнення всіх виконавчих елементів.
4. На основі таблиці включення виконавчих елементів скласти реальну схему електроустановки, доповнивши її або виключивши з неї елементи дискретної автоматики.
5. Отримати індивідуальне завдання в словесній формі і вирішити його, вносячи зміни у вихідну схему.

## *Порядок виконання роботи*

1. Відкрити електронний лабораторний стенд ПЭ-ДД.
2. Ознайомитися з усіма відкритими і спливаючими поясненнями до елементів стенда.
3. Ознайомитися з умовними позначеннями всіх елементів і принципом дії електричної схеми.
4. Скориставшись кнопками включення відповідних елементів схеми, перевірити алгоритм роботи пристрою відповідно до таблиці включень (табл.1.1).
5. Дослідити схему і скласти таблицю включення при послідовному натисканні на кнопки «TEST» та «NO-1» та ін.
6. Дослідити схему і скласти таблицю включення при послідовному натисканні на кнопки «TEST» і «ВИКЛ» та ін.
7. Змінити вихідну електричну схему пристрою таким чином, щоб забезпечити виконання алгоритмів, ілюстрованих таблицями включень (використати реле, вимикачі та інші елементи автоматики без обмеження).
8. Скласти схему включення всіх реле відповідно до завдання (табл. Д1), роботу яких ілюструє стенд «ПЭ-КР». **Приклад виконання розглянуто в <Help-2 SinSys – F2> ➤ Windows-SoftWare ➤ «Практические вопросы» ➤ «КРС».**
9. В середовищі електронного проектування sPlan 4.0 або КОМПАС («Помощь») ➤ Hlp-08 САПР схем Ctrl+S ➤ sPlan 4.0) підготувати схему пристрою відповідно до завдання.

### *Зміст звіту*

Звіт по лабораторній роботі повинен містити: мету роботи, електричну схему стенда, специфікацію елементів і електричних апаратів заданої схеми ( № п/п, позначення на схемі, найменування, примітка), таблиці результатів дослідження схеми, розроблений варіант схеми включення електричних пристроїв відповідно завданню і таблицю результатів дослідження розробленої схеми, словесний опис виконаної схеми, висновки.

### *Контрольні питання*

1. Поясніть принцип дії контактного дискретного елемента.
2. Які Вам відомі конструкції контактних дискретних елементів?
3. Що таке дискретний приймальний елемент?
4. Що таке виконавчий елемент дискретного типу?
5. Що такий сигнальний пристрій дискретної дії?
6. Поясніть принцип дискретного керування виконавчим електричним механізмом?



## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2

### ТВЕРДОТІЛЬНИЙ ФОРМУВАЧ ДИСКРЕТНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ

**Мета роботи:** вивчення принципу роботи й дослідження формувача дискретного інформаційного сигналу виконаного на фотодіоди з використанням додаткових резисторів.

#### *Короткі відомості з теорії*

Основними структурними ланками оптоелектронних схем контролю параметрів електричного устаткування є випромінювачі й фотоприймачі, що забезпечують перетворення струму і напруги, наприклад, у контактній мережі, оптичними способами в електричні інформаційні сигнали. Застосування оптоелектронних засобів успішно розв'язує проблему електричної розв'язки силових і керуючих ланцюгів, узгодження за швидкодією і взаємодією низьковольтних апаратів цифрової автоматики з силовим обладнанням на об'єктах транспорту.

Основу елементної бази оптоперетворювачів становлять оптрони, в яких використовується принцип фотоелектричного перетворення у твердому тілі за допомогою внутрішнього фотоефекта, з одного боку, і електролюмінесценції - з другого. Фотодіоди, фототранзистори, фоторезистори, фототиристори, електролюмінісцентні конденсатори становлять основну елементну базу оптичних випромінювачів і приймачів.

Вибір оптичних ПЕ залежить від багатьох факторів, найважливішим з яких є *режим роботи* – імпульсний, повторно короткочасний або тривалий фотовипромінювача оптопар. Гранично припустима амплітуда струму фотовипромінювача  $I_H$  в пристрої контролю визначається залежністю

$$I_H = Q \cdot I_{cm}, \quad (2.1)$$

де  $Q$  – коефіцієнт перевантаження за потужністю;

$I_{cm}$  – статичний струм фотовипромінювача.

При контролі електричних величин, що змінюються з значних меж (номінальний режим, коротке замикання, відсутність навантаження) конструюють схеми, що забезпечують струмобмежуючі умови експлуатації фотовипромінювача. Реалізацією принципу такого рішення може бути схема (рис. 2.1), де напруга пробою обмежувача на стабілітроні VD1 залежить від максимально припустимої контрольованої напруги  $U_K$ . У послідовному ланцюзі Rд1, DA1, VD1 номінальну величину додаткового (баластного) резистора Rд1 можна визначити за формулою:

$$R_D = \frac{U_K}{I_{стб}}, \quad (2.2)$$

де  $I_{стб}$  – номінальний струм стабілітрона.

Варіювання додаткового резистора в подібних більш складних схемах дозволяє змінювати опорне значення контрольованої напруги і вибирати необхідні дискретні величини контролю  $U_K$ .

Для контролю струму в електричних ланцюгах з використанням резисторів-шунтів  $R_{III}$  застосовуються аналогічні схеми контролю спадання напруги на  $R_{III}$ .

### Опис лабораторного стенда

Лабораторний стенд «ПЭ-ОД» реалізує схему (рис. 2.1, 2.2) оптичного формувача контрольованої напруги. Стенд призначений для вивчення принципу роботи, експериментів і розрахунку оптичних приймальних елементів, використовуваних для безконтактного дискретного контролю напруги і струму в електричних ланцюгах.

Задаючи величини напруги або струму, виконують розрахунок  $R_D$ ,  $R_{III}$  або  $R_6$  (баластного резистору) при натисканні на відповідні кнопки **СЧЕТ Rш** або **СЧЕТ Rб**.

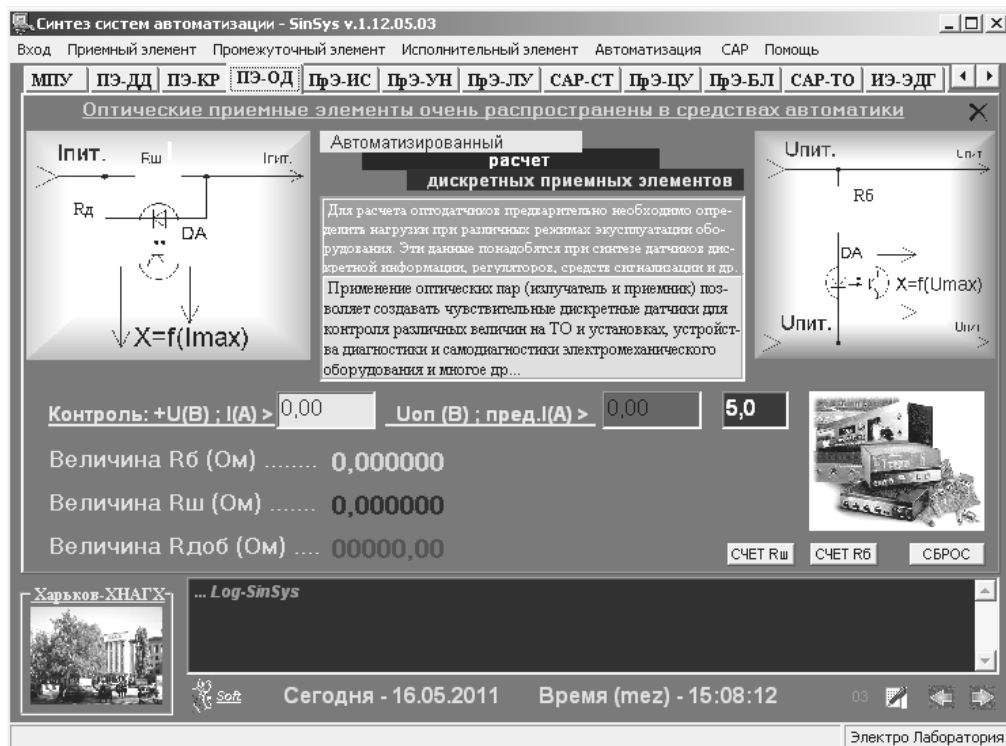


Рисунок 2.1 – Лабораторний стенд «ПЭ-ОД» в пакеті програм SIN SYS

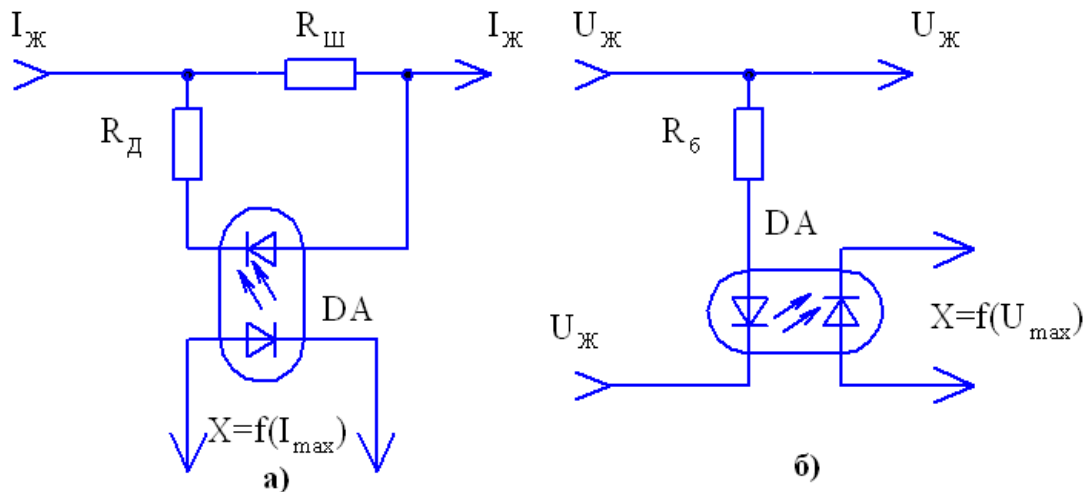


Рисунок 2.2 – Схеми оптичних пристроїв для контролю електричних величин:

а – електронний амперметр; б – електронний вольтметр.

### Завдання

1. Вивчити принцип роботи дискретного формувача інформаційного сигналу на базі оптопар.

2. Експериментально вивчити роботу оптичного формувача і скласти таблицю (табл. 2.1) для розрахунку  $R_д$  – додаткових чи баластних резисторів та  $R_ш$  – шунтів заданих контрольованих величин.

3. Використовуючи електронний логічний стенд (ЕЛС) «ПрЭ-ЛУ», зрівняти роботу оптичного ПЕ з контактним ПЕ на базі електромагнітного реле і автоматичного вимикача АВ ( $\Delta I_{КС}$ ,  $\Delta U_{СК}$  – розділити на 12 ÷ 15 точок).

4. Користуючись даними таблиці розрахунків, запропонувати електричну принципову схему дискретного контролю роботи кожного компонента (діагностика справності обладнання). Виконати схему з вказівкою обраних номіналів усіх компонентів.

Таблиця 2.1 – Параметри оптичного формувача

Контрольований елемент	Параметр	$R_ш$	$R_д$	$R_б$
Сигнальна лампа $EL$	0,5А			
Проміжне реле $K$	0,7А			
Звуковий сигнал $BF$	1А			
ЕДГ в оригінальній частині схеми $\tilde{M}$	5А			
Всі ЕДГ (110,220,380В та ін.)	50А			
Напруга живлення $U_ж$	12В			
Напруга $U_C$	відповідно до завдання			

### Порядок виконання роботи

1. Відкрити електронний лабораторний стенд «ПЭ-ОД».
2. Ознайомитися з усіма відкритими і спливаючими поясненнями.
3. За таблицею взаємодії (лабораторна робота №1) визначити струми споживані при розглянутих режимах (рядки табл. 1.1): працює один двигун, працює два двигуна... і т.п.
4. Визначити параметри оптичного датчика струму і напруги для всіх режимів.
5. Скориставшись вікнами вводу вихідних даних, зробити розрахунки відповідно до індивідуального завдання (отримати у викладача).
6. Зробити експерименти з автоматичним вимикачем і реле на ЕЛС «ПрЭ-ЛУ» і графічно проілюструвати формування вихідних сигналів контактних ПЕ цих пристроїв.
7. Запропонувати схему (лабораторна робота №1) з оптодатчиками для контролю значень напруги силового та управляючого ланцюгів з виконавчими елементами ( $EL$ ,  $BF$ ,  $M$  та ін.).
8. Скласти таблицю діагностичного аналізу справності компонентів схеми у вигляді:

Компоненти схеми	Результати діагностування
X1	
X2	
...	
$X_n$	

### Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: мету роботи, схему дискретного ПЕ, таблицю розрахунків, графічні залежності, висновки.

### Контрольні питання:

1. Пояснити принцип формування дискретних інформаційних сигналів.
2. Використовуючи ілюстрації, пояснити принцип формування вихідного сигналу ПЕ на основі оптопар.
3. Пояснити принцип створення оптичного формувача інформаційного сигналу для контролю декількох електричних величин.
4. У чому полягає гальванічна розв'язка керуючих і силових ланцюгів?
5. Чи можна оптопару віднести до потенційних логічних елементів?

## ФОРМУВАЧ НОРМАЛІЗОВАНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО СИГНАЛУ

**Мета роботи:** вивчення принципу перетворення контрольованого параметра в електричну величину, розрахунок і дослідження вимірювального моста і операційного підсилювача, що становлять проміжні елементи пристрою автоматичного контролю.

### *Короткі відомості з теорії*

*Вимірювальний перетворювач* – технічний пристрій, в якому вимірювана величина, сприймана чутливим елементом, перетворюється в іншу величину, зручну для посилення, виміру, передачі на відстань.

Для контролю температури електричних апаратів, газотримання в трансформаторах при розкладанні масла, тиску в пневматичних системах та ін. використовують спеціальні вимірювальні перетворювачі.

Резистивні датчики застосовують часто для непрямого виміру фізичних параметрів: «температура – опір», «тиск – опір», «світловий потік – опір» і т.п.

Вимірювальні ланцюги резистивних перетворювачів звичайно будують на основі вимірювального моста (рис.3.1). Неврівноважені мости у вихідному стані - при мінімальному значенні контрольованого параметра, коли  $R_T = R_{\min}$ , урівноважені, а вихідний сигнал  $U_B$  дорівнює нулю. Наступні зміни контрольованої величини  $P$  приводять до зміни імпедансу датчика  $R_T$  і вихідний інформаційний сигнал  $U_B$  буде відрізнятися від нуля, що відбиває свій тісний взаємозв'язок з контрольованим параметром:

$$\begin{aligned} R_T &= f(P), \\ U_B &= f(R_T)' \end{aligned} \quad (3.1)$$

Для подальшої обробки величини  $U_B$  її необхідно нормалізувати, що обумовлено технічними вимогами для всієї діючої у світі контрольно-вимірювальних апаратів систем автоматизації технологічних процесів і виробництв. Уніфікація вимірюваних електричних сигналів за напругою передбачає, що межа зміни  $U_B$  буде від 1 до 10 В або в стандартних одно- і біполярному діапазонах  $\pm 10$  В;  $\pm 5$  В;  $\pm 2,5$  В;  $\pm 1,25$  В ( для вихідного струму:  $0 \div -20$ ,  $4 \div 20$ ,  $5 \div 25$  міліампер).

Для розрахунку вимірювальної схеми неуврівноваженого моста необхідно спочатку визначити величини баластних резисторів ( $R_1 = R_2$ ).

По градуовальній таблиці або таблиці його технічних характеристик (табл. 2.1) резистивного датчика знаходять  $R_{T_{\min}}$  і  $R_{T_{\max}}$  і розраховують шукану величину:

$$R_1 = R_{T \min} + R_{\text{л}} + \frac{R_{T \max} - R_{T \min}}{2} + \frac{R_{T \max} - R_{T \min}}{4}. \quad (3.2)$$

У таблиці Д5 наведені технічні характеристики мідних (ТСМ) і платинових (ТСП) терморезисторів, що серійно випускаються.

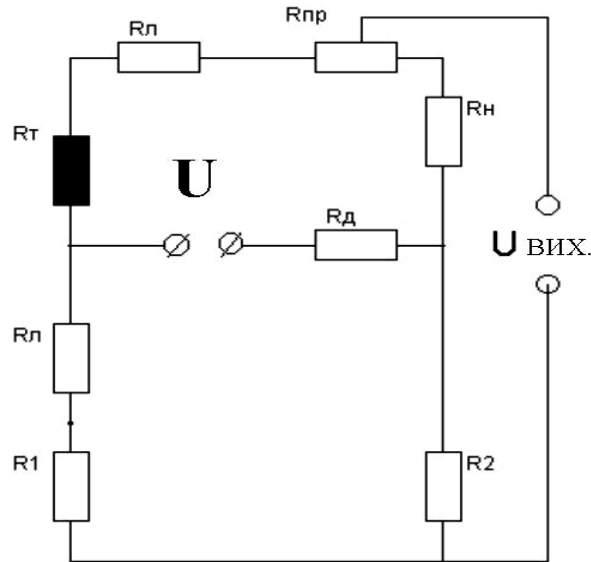


Рисунок 3.1 – Схема вимірювального моста для резистивного датчика

Наприклад:

1. Інтервал контрольованої температури дорівнює  $-20 \dots +110 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .
2. Виберемо відповідний для такого контрольованого середовища терморезистор, користуємося каталогами і довідковими даними з джерел «Термодатчики» (див. табл. Д5) : ТСМ-50М.
3. Виконаємо розрахунок параметрів терморезистора для вказаного вище термосередовища:

використовуючи дані табл. Д5, визначають величини  $R_{T \min}$  і  $R_{T \max}$  :

при  $R_{T \min} = R_0$  ;

$$R_{T \max} = R_0 + \frac{R_0}{W_0} \cdot \frac{t_{\max}}{100}. \quad (3.3)$$

Для резистивного датчика при інтервалі вимірюваних температур від 0 до  $+100 \text{ }^{\circ}\text{C}$  знаходимо:

$$R_{T \max} = 100 + \frac{100}{1,428} \cdot \frac{110}{100} = 177,03 \text{ Ом.}$$

Якщо робочі температури датчика лежать в негативній області значень, наприклад, від  $-50$  до  $0 \text{ град.}$ , то:

При  $R_{T \max} = R_0$  ;

$$R_{T \min} = R_0 + \frac{R_0}{W_0} \cdot \frac{t_{\min}}{100}. \quad (3.4)$$

Звідси:

$$R_{T \max} = 100 + \frac{100}{1,428} \cdot \frac{-20}{100} = 85,99 \text{ Ом.}$$

Отримані дані знадобляться для розрахунку компонентів резистивного моста, а також (надалі для створення градуювальної таблиці датчика, який потрібний користувачеві САР або пристрою контролю на його основі.

4. Розрахунок усіх компонентів схеми моста виконується таким чином.

*Приклад: враховуються розраховані умови експлуатації термодатчика і лінії підключення, опір якої необхідно обов'язково враховувати. Зазвичай лінію зв'язку задають ЗАЗДАЛЕГІДЬ (до 5 Ом, яку на реальному об'єкті саме такий і задають додатковими резисторами)*

Якщо  $R_{T \max} = 200 \text{ Ом}$ ,  $R_{T \min} = 100 \text{ Ом}$ ,  $R_{\text{Л}} = 5 \text{ Ом}$  отримаємо

$$R_1 = R_2 = 100 + 5 + \frac{177,03 - 85,99}{2} + \frac{177,03 - 85,99}{4} = 173,28 \text{ Ом.}$$

Головною умовою рівноваги моста є рівність плечей, що протилежать, які можна представити наступною залежністю:

$$R_2(R_T + R_{\text{Л}}) = (R_1 + R_{\text{Л}})(R_H + R_{np}). \quad (3.5)$$

Рівняння рівноваги моста при нижньому рівні вимірюваного параметра має вигляд

$$R_2(R_{T \min} + R_{\text{Л}} + R_{np}) = (R_1 + R_{\text{Л}})R_H. \quad (3.5)$$

Вибір величини резистора  $R_{np}$  дозволяє визначити верхню межу інтервалу вимірюваної величини. Розрахунок цього резистора з урахуванням інтервалу варіювання параметра  $R_T$  визначається за формулою:

$$R_{np} = \frac{R_2(R_{T \max} - R_{T \min})}{R_1 + R_2 + R_{\text{Л}}}. \quad (3.6)$$

Величину резистора початку шкали вимірюваного параметра  $R_H$  розраховують за формулою:

$$R_H = \frac{R_2(R_{T \min} + R_{\text{Л}} + R_{np})}{R_1 + R_{\text{Л}}}. \quad (3.7)$$

Максимальну силу струму  $I_{T \max}$  через датчик, відповідно до технічних умов його експлуатації, можна вибрати, розрахувавши величину додаткового резистора  $R_D$  в діагоналі моста з джерелом живлення, використовуючи залежність:

$$I_{T \max} = \frac{U_{\min}}{R_{T \min} + R_L + R_{np} + R_H + R_D}, \quad (3.8)$$

звідки можемо записати, що

$$R_D = \frac{U_{\min}}{I_{T \max}} - R_{T \min} + R_L + R_{np} + R_H. \quad (3.9)$$

Результати розрахунку параметрів представимо у вигляді табл.3.1 неврівноваженого моста з використанням технічних характеристик конкретного резистивного датчика.

Резистори після розрахунку їх величин (табл. 3.1) вибираються з таблиць, що визначають номенклатуру їх серійного випуску електротехнічною промисловістю відповідно до індексів рядів значень (див. табл. Д6).

Весь об'єм розрахунку компонентів вимірювальної схеми доцільно виконувати в середовищі програми MS Excel.

*Операційний підсилювач* – це інтегральний пристрій, використовуваний для проектування схем підсилювачів аналогових сигналів (рис. 3.2).

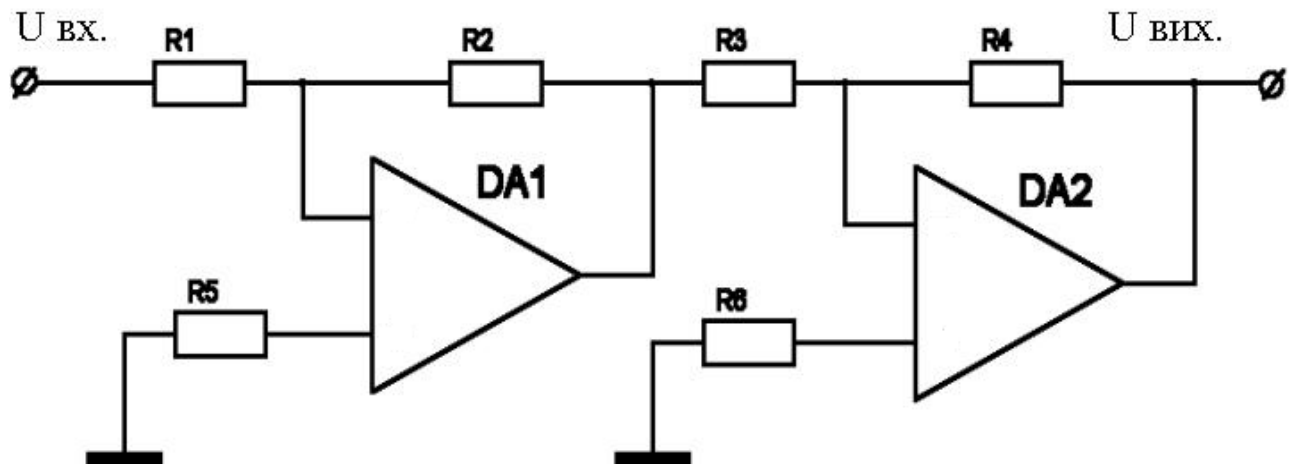


Рисунок 3.2 – Схема двокаскадного підсилювача напруги



При складній внутрішній структурі будь-який операційний підсилювач (DA1, DA2) має невелику кількість зовнішніх націпних елементів (R1 – R6), вибір яких дозволяє досягти бажаного результату. Всі сучасні пристрої автоматики, що формують вихідні сигнали до 10 В реалізуються за допомогою спеціальних операційних підсилювачів, що виконують посилення, підсумовування, лінеаризацію, інтегрування, логарифмування та ін. дії над вхідними інформаційними сигналами.

Вхідний опір, наприклад підсилювача DA1, при його узгодженні з джерелом електричного сигналу дорівнює величині R1. Коефіцієнт підсилення за напругою ( $K_H$ ) суттєво залежить від R2.

Підсилювачі подібного типу, що не інвертують вхідний сигнал, адаптуються з будь-якими джерелами інформаційного сигналу, вихідні опори яких можуть змінюватися в широких межах. Причому ці ПрЕ пристроїв автоматики можуть коректно перетворювати вихідну інформацію, не вносячи у неї зміни:

$$U_B = f(K_H p). \quad (3.2)$$

### Опис лабораторного стенда

Лабораторні стенди «ПрЭ-ИС» і «ПрЭ-УН» (рис. 3.3, 3.4) призначені для вивчення, експериментів і розрахунку елементів неврівноваженого моста і операційного підсилювача аналогового сигналу. На стендах реалізовані схеми пристроїв відповідно до рисунків 3.1 та 3.2. Стенди оснащені необхідними спливаючими поясненнями для проведення дослідів. Автоматизація розрахунку елементів схем дозволяє робити експерименти тільки в припустимих межах варіювання параметрів проєктованих пристроїв, що виключає розробку нереальних і не придатних для фізичної реалізації технічних рішень.



Рисунок 3.3 – Лабораторный стенд «ПрЭ-ИС» в пакете програм SinSys

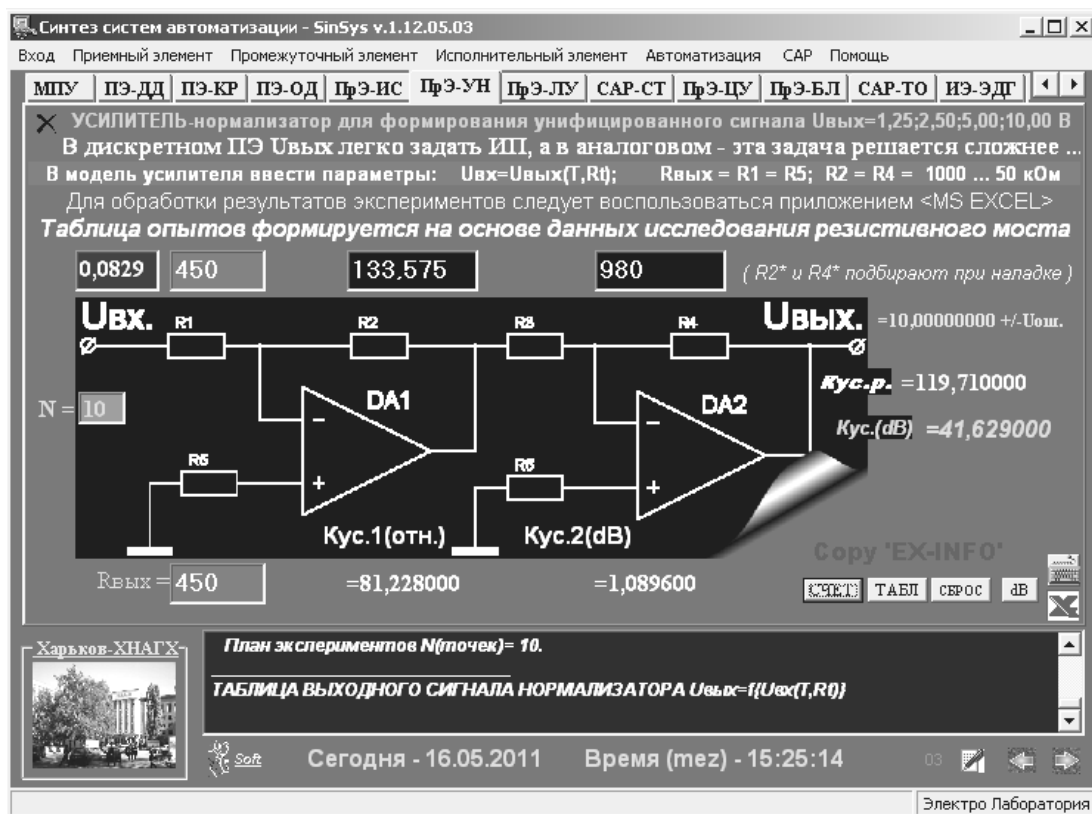


Рисунок 3.4 – Лабораторный стенд «ПрЭ-УН» в пакеті програм SinSys

### Завдання

1. Вивчити принцип роботи нерівноважного моста.
2. Вивчити принцип роботи підсилювача, що не інвертує.
3. Експериментально вивчити роботу схем на стендах.

### Порядок виконання роботи

1. Провести розрахунок компонентів моста за відомою методикою.
2. Відкрити електронний лабораторний стенд «ПрЭ-ИС».
3. Ознайомитися з усіма спливаючими поясненнями.
4. Підготувати таблицю 3.1 експериментів відповідно до індивідуального завдання (табл. Д4).
5. Зробити досліди і результати розрахунків внести в таблицю експериментів.
6. Відкрити електронний лабораторний стенд «ПрЭ-УН».
7. Ознайомитися з усіма спливаючими поясненнями.
8. Використовуючи результати розрахунку мостової схеми, зробити досліди з підсилювачем напруги (ПН) і результати розрахунків внести в таблицю експериментів (табл. 3.2).
9. Побудувати графіки залежності  $\Delta U_{вих} = f(R_T)$  за таблицею 3.1,  $\Delta U_{вих} = f(U_{вих})$  за таблицею 3.2.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані і результати розрахунку мостової схеми

Досліди	Вибір	Програма	Розрахунок	№п/п
				$I_T \cdot 10^3, A$
				Упит., В
				$T_{min}, ^\circ C$
				$T_{max}, ^\circ C$
				$R_{t_{min}}, \Omega$
				$R_{t_{max}}, \Omega$
				$R_L, \Omega$
				$R_1 = R_2, \Omega$
				$R_\partial, \Omega$
				$R_H, \Omega$
				$R_{np}, \Omega$
				$\Delta U_{вих}, B$
				$R_m, \Omega$

Таблиця 3.2 – Вихідні дані і результати розрахунку ПН

№ оп.	$R_m, \Omega$	$\Delta U_{вих}, B$	$R_1, \Omega$	$R_2, \kappa\Omega$	$R_4, \kappa\Omega$	$K_{yc1}$	$K_{yc2}$	$K_{yc}$	$\Delta U_{вих}, B$

### Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: мету роботи, загальну електричну принципову схему проєктованого пристрою, блок-схему, що пояснює взаємозв'язок резистивного датчика температури з мостовою схемою й підсилювачем напруги, таблиці розрахунків елементів усіх схем, графічні залежності, специфікацію (№ п/п, позначення на схемі, найменування, примітка), висновки. Вихідні дані за таблицею Д4 за допомогою «**НІР11 Резистори**» – <Ctrl+R> запустити програму вибору резисторів за кольоровими мітками, підготувати загальну схему «датчик - перетворювач» «Т-U».

### *Контрольні питання*

1. У чому полягає принцип непрямого виміру технологічних параметрів?
2. Поясніть принцип виміру температури резистивним датчиком.
3. У чому різниця між аналоговими і дискретним інформаційними сигналами?
4. Що таке проміжний елемент у пристрої системи автоматики?
5. Поясніть призначення мостових схем у пристроях автоматики.
6. У чому полягають вимоги уніфікації інформаційних сигналів?
7. Які функції виконує підсилювач напруги в пристрої автоматики?
8. У чому полягає розрахунок проміжних елементів пристрою автоматики?
9. Як виконують блок-схеми пристроїв автоматики?
10. Які рівні нормованих сигналів прийняті у пристроях автоматики?

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЛОГІЧНИХ ДАТЧИКІВ ДЛЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИКИ

**Мета роботи:** ознайомлення з системою логічних елементів (ЛЕ) ЕОМ, принципами опису і реалізації логічних функцій, використанням основних ЛЕ, що забезпечують потенційний спосіб подання інформації в безконтактних пристроях автоматики.

### *Короткі повідомлення з теорії*

В ЕОМ всі дані, необхідні для обчислювальних процесів, подають у вигляді набору дискретних сигналів. Кожний з сигналів може приймати одне з двох можливих значень «1» або «0».

Зв'язки між вхідними ( $X_i$ ) і вихідними ( $Y_i$ ) сигналами задають: а) СЛОВЕСНИМ описом функцій; б) ТАБЛИЦЯМИ істинності; в) АЛГЕБРАЇЧНИМ способом.

*Словесна форма* – опис алгоритму роботи, наприклад, релейно-контактного пристрою включення електричного апарата виконати докладно в довільній формі.

Електрична схема (рис. 4.1) ілюструє включення освітлювальних приладів на об'єкті, що виконується за допомогою проміжного реле  $Sy$ , контакти якого включені в ланцюг живлення ламп розжарювання. На робочих місцях двох чергових об'єкта розміщені тумблери  $SA1$ ,  $SA2$ , за допомогою яких на обмотку реле  $Sy$  можна подати керуючу напругу  $U_{с.авт.}$ . Вимикання освітлення виконують з робочого місця чергового зміни вимикачем  $SD1$ .

*Таблична форма* булевої функції – взаємозв'язок усіх аргументів  $X_i$  і функцій  $Y_i$ , що представлений у вигляді таблиці істинності для електричного пристрою.

Схему взаємозв'язку аргументів  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  з функцією  $Y$  ілюструє рисунок 4.2.

На підставі схеми (рис. 4.2) підготують таблицю істинності (табл. 4.1).

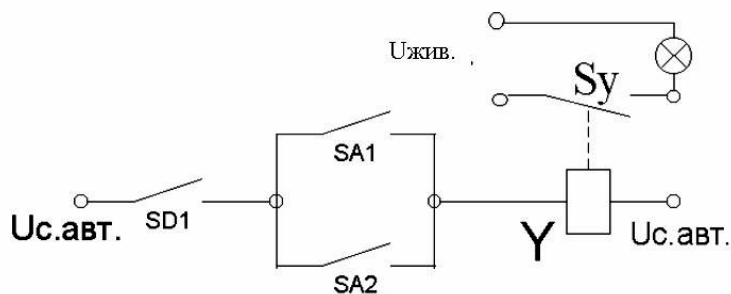
Кількість рядків у таблиці визначається залежністю

$$N = 2^n, \quad (4.1)$$

де  $n$  – кількість аргументів.

*Алгебраїчна форма* – застосовується для опису взаємодії елементів у комбінаційній схемі за допомогою математичного апарату булевих функцій або **алгебри логіки**. Змінні  $X_1$ ,  $X_2$ , ...,  $X_n$  називають двійковими, тому що вони приймають тільки два відомих значення (ілюстрацією цьому є таблиця істинності).

Функція  $Y$  від бінарних змінних  $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$  називається булевою, якщо вона, як і аргументи, приймає значення «1» або «0».



SA1 - X1

SA2 - X2

SD1 - X3

Рисунок 4.1 – Схема включення освітлення

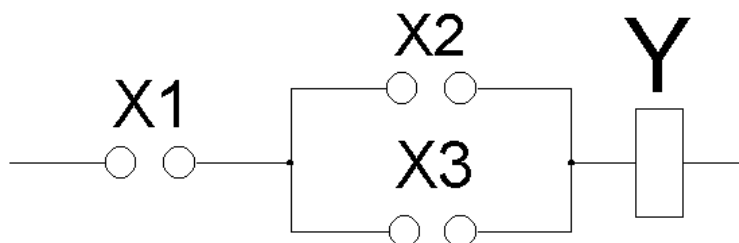


Рисунок 4.2 – Схема взаємозв'язку аргументів і функції

Основні теореми алгебри:

$$\begin{array}{lll}
 1. X \vee 0 = X; & 4. X \vee \overline{X} = 1; & 7. X * X * X * \dots * X = X; \\
 2. X \vee 1 = 1; & 5. X * 0 = 0; & 8. X * \overline{X} = 0; \\
 3. X \vee X \vee X \vee \dots \vee X = X; & 6. X * 1 = X; & 9. \overline{\overline{X}} = X.
 \end{array} \quad (4.2)$$

Кон'юнкція (логічне множення) –  $F_1(X_1, X_2) = X_1 * X_2 = X_1 \wedge X_2$ . (4.3)

Диз'юнкція (логічне додавання) –  $F_2(X_1, X_2) = X_1 \vee X_2$ .

Таблиця 4.1 – Таблиця істинності

№ п/п	X <sub>3</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>1</sub>	Y
0	0	0	0	0
1	0	0	1	0
2	0	1	0	0
3	0	1	1	1
4	1	0	0	0
5	1	0	1	1
6	1	1	0	1
7	1	1	1	1

Будь-яка булева функція називається комбінаційною схемою, що виконує відповідне цієї функції перетворення інформації.

Диз'юнктивна нормальна форма (ДНФ) алгебраїчного виразу – це логічна схема елементарних добутків, в яку аргументи ( $X_i$ ) і їхні інверсії ( $\overline{X_i}$ ) входять не більше одного разу:

$$Y(X_i) = X_{i-1} \overline{X_{i-2}} X_{i-n} \vee \overline{X_{i-1}} X_{i-2} \overline{X_{i-n}} \vee \dots \vee \overline{X_1} \overline{X_2} \overline{X_n} \dots \quad (4.4)$$

Використовуючи таблицю 4.1, запишемо формулу у вигляді доданків, в які входять всі змінні або їхні заперечення. Такий вид запису відповідає стандартній або досконалій диз'юнктивній нормальній формі (ДДНФ):

$$\begin{aligned} Y &= X_1 \overline{X_2} X_3 \vee \overline{X_1} X_2 X_3 \vee X_1 X_2 X_3. \\ Y &= X_1 X_3 \vee X_2 X_3 \end{aligned} \quad (4.5)$$

Після мінімізації (4.5), використовуючи залежності (табл.Д1), одержимо вираз

$$Y = X_3 (X_1 \vee X_2). \quad (4.6)$$

Алгебраїчна форма (4.6) опису схеми пристрою включення освітлювальних приладів технічно реалізується за допомогою напівпровідникових логічних мікросхем відповідної серії. При входних дискретних сигналах  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  необхідні один двовходовий елемент АБО і один двовходовий елемент І, що ілюструє рисунок 4.3.

Синтез комбінаційної схеми будь-якої складності виконують на базі тільки трьох видів ЛЕ: І, АБО, НІ.

Функціональна повнота системи - це побудова схеми з будь-яким законом функціонування на базі кінцевого числа логічних елементів.

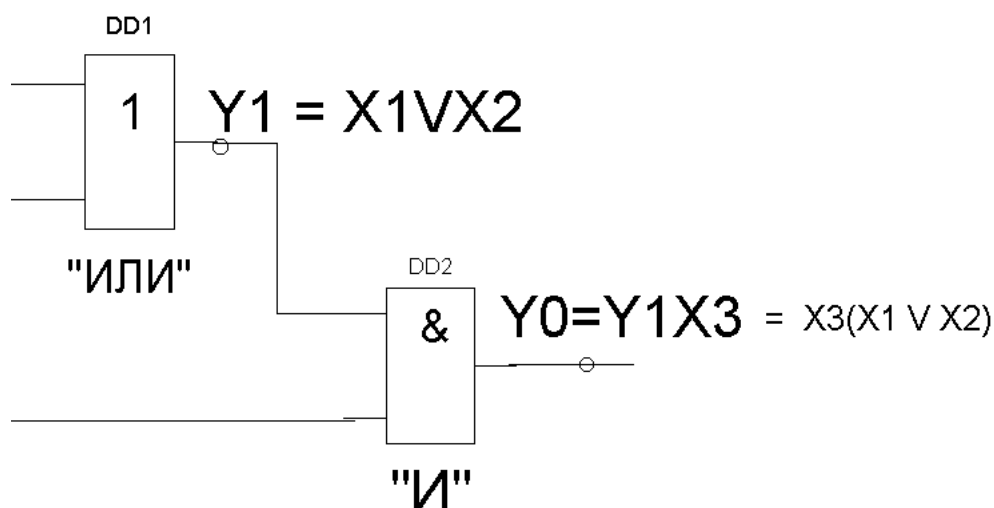


Рисунок 4.3 – Функціональна схема для виконання заданої функції алгебри логіки

## Опис лабораторного стенда

Лабораторний стенд «ПрЭ-ЦУ» призначений для вивчення потенційних елементів інтегрального комплексу, на базі яких реалізуються логічні схеми.

Склад стенда для виконання роботи:

1. Логічний елемент І (AND) (рис.2.4, поз.5);
2. Логічний елемент АБО (OR) (рис.2.4, поз.3);
3. Логічний елемент НІ (NOT) (рис.2.4, поз.2):

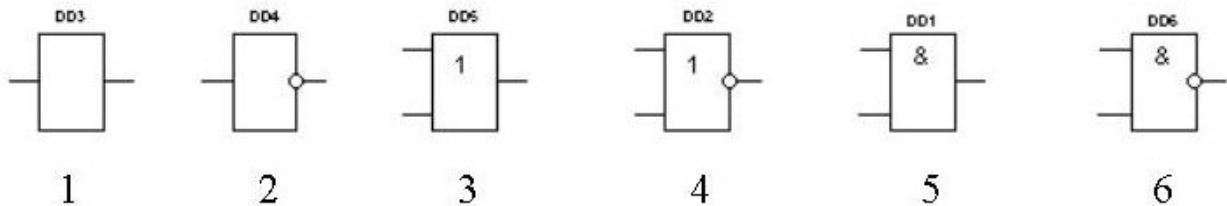


Рисунок 4.4 – Логічні елементи

Задаючи високий «1» і низький «0» рівні сигналів на входах ( $X_1$ ,  $X_2$ ) базових логічних елементів після натискання на відповідну однойменну кнопку <AND>, <OR> або <NOT> можна спостерігати формування рівня вихідного сигналу ( $Y$ ) на кожному з них.

### Завдання

1. Вивчити принцип роботи базових логічних елементів і скласти таблиці істинності для кожного з них.
2. Ознайомитися із заданою схемою (за номером варіанта **табл. Д7**) релейно-контактного пристрою включення виконавчого елемента і підготувати словесну форму опису принципу його роботи.
3. Скласти таблицю істинності для заданої електричної схеми.
4. Скласти математичний опис заданого пристрою в ЗДНФ.
5. Перетворити отриманий вираз і записати мінімізовану логічну функцію.
6. Скласти функціональну схему синтезованого пристрою на базі вивчених ЛЕ і проаналізувати логіку його роботи з таблиці істинності.
7. Скласти специфікацію елементів необхідних для реалізації пристрою (№п/п, позначення на схемі, найменування, примітка).

### Порядок виконання роботи

1. Відкрити електронний лабораторний стенд «ПрЭ-ЦУ».
2. Ознайомитися з усіма відкритими й спливаючими поясненнями до елементів стенда.



3. Досліджувати роботу логічних елементів, вводячи у відповідні вікна аргументів ( $X_i$ ) їхні логічні потенціали і реєструючи вихідні величини  $Y_i$ . Скласти експериментальну таблицю істинності для І, АБО, НІ – елементів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Таблиця істинності логічних елементів

X1	X2	Y (AND)	Y (OR)	Y (NOT)
0	0			
0	1			
1	0			
1	1			

4. Використовуючи варіант заданої електричної схеми (див. табл. Д7) релейно-контактного пристрою, скласти словесний опис його роботи.

5. Скласти таблицю істинності для заданого пристрою.

6. За допомогою математичного апарата булевої алгебри скласти формальний опис залежності функції від аргументів і зробити мінімізацію виразу.

7. Використовуючи отриману булеву функцію, скласти схему проектного пристрою на ЛЕ.

8. Перевірити роботу логічного пристрою, скориставшись стендом «ПрЭ-ЛУ» моделювання сигналізатора з пульспарою.

### *Зміст звіту*

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: мету роботи, умовні позначення і таблицю істинності ЛЕ, заданий варіант електричної схеми пристрою включення виконавчого елемента (ВЕ), словесний опис роботи пристрою, таблицю істинності, математичний опис взаємодії функції і аргументів, функціональну схему синтезованого безконтактного пристрою включення ВЕ, специфікацію (№ п/п, позначення на схемі, найменування, примітка), висновки.

### *Контрольні питання*

1. Пояснити принцип формування дискретних сигналів.
2. Пояснити логіку роботи елементів І, АБО, НІ.
3. Пояснити принцип словесного опису пристрою автоматики.
4. Що таке таблиця істинності, який принцип її складання?
5. Пояснити особливості ЗНДФ взаємозв'язку аргументів з функцією.
6. Що відбиває алгебраїчна форма булевої функції?
7. У чому полягає мета мінімізації булевої функції?
8. У чому переваги і недоліки безконтактних пристроїв автоматики?
9. Запропонувати варіанти ПЕ для цифрових пристроїв автоматики.
10. Запропонувати варіанти ВЕ для цифрових пристроїв автоматики.

## АНАЛОГО-ЦИФРОВИЙ І ЦИФРО-АНАЛОГОВИЙ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ У СИСТЕМАХ АВТОМАТИКИ

**Мета роботи:** ознайомлення з принципами перетворення аналогової інформації в цифровий код і електричний двійковий код у напругу постійного струму.

### *Короткі дані з теорії*

*Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП)* – це засоби перетворення значення вихідного аналогового сигналу від ПЕ у відповідний електричний цифровий код, що є вихідною величиною перетворювачів. АЦП «напруга – код» використовують у системах збору й підготовки даних.

*Цифро-аналогові перетворювачі (ЦАП)* «код – напруга» є собою технічні засоби, що забезпечують перетворення вихідного коду в число-імпульсний код, а потім підсумовування одиничних збільшень, що відповідають певному числу імпульсів, у вихідний аналоговий сигнал. ЦАП застосовують у системах формування аналогових керуючих величин, що надходять на ВЕ.

*Діапазон перетвореної величини* визначається розрядністю коду, якому на виході відповідає зміна аналогової напруги від мінімального до максимального значень.

*Розв'язна здатність* – збільшення напруги на виході ЦАП, що відповідає одиниці молодшого розряду перетвореного коду.

АЛГОРИТМ перетворення десяткового числа в код певної системи числення:

1. Розділити число на підставі системи числення.
2. Записати частку від розподілу і залишок.
3. Якщо частка від розподілу не дорівнює нулю, слід повторити перший пункт.
4. Якщо частка від розподілу дорівнює нулю, то залишки від розподілу записати у зворотному порядку.

А. Приклад перетворення десяткового числа 42 (DEC) у двійковий код (BIN):

$$N = 42D \rightarrow ??? B$$

$$42:2 = 21 + 0$$

$$21:2 = 10 + 1$$

$$10:2 = 5 + 0$$

$$5:2 = 2 + 1$$

$$2:2 = 1 + 0$$

$$1:2 = 0 + 1$$

Залишки від розподілу **101010** – т.ч. **42D → 101010B**.

1 біт – найменша одиниці обсягу інформації, що відповідає одному розряду числа.

1 байт – 8 двійкових розрядів.

*Б. Приклад зворотного перетворення **BIN → DEC***

**101010B → ???D**

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	– позначення біту у Байті (Dx)
7	6	5	4	3	2	1	0	– ваговий коефіцієнт біт (n)
2 <sup>7</sup>	2 <sup>6</sup>	2 <sup>5</sup>	2 <sup>4</sup>	2 <sup>3</sup>	2 <sup>2</sup>	2 <sup>1</sup>	2 <sup>0</sup>	– перехід від біту до DEC (2 <sup>n</sup> )
128	64	32	16	8	4	2	1	– результат ‘переходу’ (P=2 <sup>n</sup> )
		<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	– двійковий код (BIN)
		32 + 0 + 8 + 0 + 2 + 0						– сума = 42 (DEC = P * BIN)

*В. Приклад перетворення аналогової вихідної інформації в стан параметра ПЕ від прийомного пристрою аналого-цифровим перетворювачем:*

- ☐ рівень аналогової величини на вході АЦП змінюється від U<sub>1</sub> до U<sub>2</sub>;
- ☐ визначимо розв’язну здатність АЦП:

$$\Delta U = \frac{|U_2 - U_1|}{2^n}, \quad (5.1)$$

де *n* - розрядність АЦП.

Методична помилка АЦП приймається рівною  $\pm 0,5\Delta U$ .

При U<sub>1</sub> = 5 В, U<sub>2</sub> = 10 В, n = 6

$$\Delta U = \frac{|10 - 5|}{2^6} = 0,078125 \text{ (В)}.$$

З урахуванням помилки АЦП:  $\Delta U = 0,078125 \pm 0,0390625 \text{ В}$ .

Вихідний код, наприклад, для U = 9 В визначається за відомим алгоритмом:

**( |9-5|/ΔU ) D → BIN,**  
**101010B.**

*Г. Принцип перетворення інформаційного коду в аналоговий вихідний сигнал цифро-аналоговим перетворювачем:*

– при U<sub>1</sub> = 5 В, U<sub>2</sub> = 0 В, n = 6, вхідному коді ЦАП **101010B** визначимо:

U<sub>вих</sub> = U<sub>1</sub> + ΔU (B<sub>T-1</sub> 2<sup>T-1</sup> + B<sub>T-2</sub> 2<sup>T-2</sup> + ... + D<sub>0</sub> 2<sup>0</sup>);

U<sub>вих</sub> = 5 + 0,078125 (1 \* 2<sup>5</sup> + 0 + 1 \* 2<sup>3</sup> + 0 + 1 \* 2<sup>1</sup> + 0) = 8,28125 ± 0,0390625 В.

Д. Для перетворення десяткового числа 60 у шістнадцятковий еквівалент варто використати відомий алгоритм:

**60D → ?H**

$$60 : 16 = 3 + 12;$$

$$3 : 16 = 0 + 3.$$

Використовуючи взаємозв'язок систем числення, представлену в таблиці 5.1, залишки від розподілу 12 й 3 у шістнадцятковій системі числення запишемо С й 3, відповідно.

Таким чином, число **60D** еквівалентне **3CH**.

Для перетворення шістнадцяткового числа в десятковий еквівалент слід використати відомий алгоритм:

**3CH → ?D**

$$C \rightarrow 12D * 16^0 = 12 * 1 = 12;$$

$$3 \rightarrow 3D * 16^1 = 3 * 16 = 48,$$

$$\text{т.ч. } 3CH \rightarrow (48 + 12) = 60D.$$

### Опис лабораторного стенда

Лабораторний стенд «САР-СТ» (рис. 5.1) призначений для вивчення перетворення вихідної інформації від ПЕ (резистивного термодатчика) всіма проміжними елементами (ПрЕ) мікропроцесорної системи стабілізації температури випрямного агрегату (ВА) тягової підстанції. Стенд ілюструє взаємозв'язок вузлів аналогової і мікропроцесорної систем стабілізації температури ВА.

Досліджувані значення температури ВА ручним способом вводять у вікно датчика температури. Натиснувши кнопку <START>, результати роботи всіх ПрЕ будуть автоматично запропоновані для аналізу у відповідних вузлах блок-схем систем стабілізації.

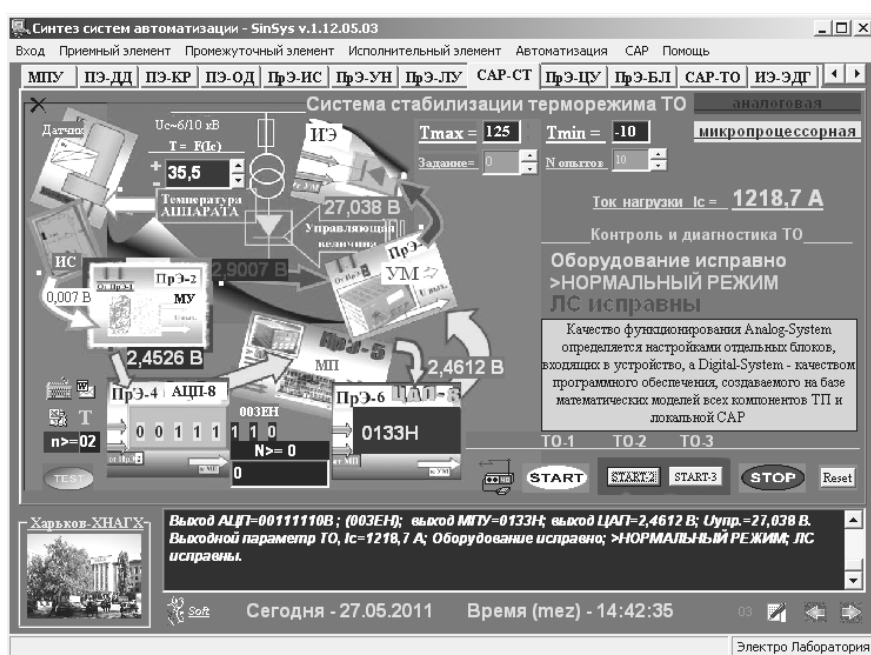


Рисунок 5.1 – Лабораторный стенд «САР-СТ» в пакете программ SinSys

Таблиця 5.1 – Подання чисел у різних системах числення

DEC	BIN	HEX
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Стенд оснащений оригінальним перетворювачем десяткових чисел у будь-які системи числення і демонстраційною програмою використання інженерного калькулятора для перетворення DEC в інші системи числення.

### *Завдання*

1. Вивчити алгоритм перетворення десяткових чисел у бінарний код.
2. Вивчити алгоритм перетворення «код – величина».
3. Вивчити принцип роботи і призначення всіх вузлів аналогової та мікропроцесорної систем автоматики.
4. Виконати перетворення заданих вихідних величин у двійковий код і перевірку зворотним перетворенням «код – число».
5. За індивідуальним завданням зробити експерименти на стенді і побудувати необхідні графічні залежності.

### *Порядок виконання роботи*

1. Відкрити лабораторний стенд «САР-СТ» (рис.5.1).
2. Ознайомитися з усіма відкритими і спливаючими поясненнями.
3. За індивідуальним завданням викладача виконати перетворення «числово-двійковий код» та «код – число», перевіряючи результати за допомогою АЦП стенда або інженерного калькулятора ПК.
4. Скласти таблицю випробувань (табл. 5.2) і за індивідуальним завданням викладача провести необхідні експерименти з системою автоматики.

5. За даними експериментів побудувати графіки залежностей вихідних величин компонентів схеми  $T = f(I_{кс})$ ,  $U_{ун} = f(T)$ ,  $U_{цп} = f(T)$ ,  $U_{упр} = f(T)$ .

6. За даними **кодів АЦП Bin** (табл. 5.2) при виконанні умов роботи вентилятора (відключено=  $T_{\min}$ , примусово охолодження включено, ТО відключено) скласти схему роботи вентилятора по коду.

Таблиця 5.2 – Дані дослідження мікропроцесорної системи автоматики

№	I <sub>кс</sub> , А	Т, °С	U <sub>ун</sub> , В		Код АЦП		АЛУ	ЦАП, В	U <sub>упр.</sub> , В	Табло
			Ан	Цифр	Bin	Hex	Hex			
1										
.....										
20										

### Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: мету роботи, блок-схеми аналогової і мікропроцесорної систем стабілізації температури ВА, таблицю експериментів, графічні залежності, специфікацію (№ п/п, позначення на блок - схемі, найменування, примітка), схему роботи вентилятора по коду, висновки.

### Контрольні питання

1. Що таке основа системи числення?
2. Яка різниця між системами числення: BIN, DEC, HEX, OCT?
3. Що таке ваговий коефіцієнт?
4. Поясніть різницю між 1 байт і 1 кілобайт інформації.
5. Поясніть принцип кодування аналогової інформації.
6. Які пристрої в мікропроцесорних системах виконують BIN-кодування?
7. Чим обумовлена необхідність бінарного кодування інформаційного сигналу в мікропроцесорних системах автоматики?
8. Поясніть принцип перетворення «вхідна величина – двійковий електричний код» в АЦП.
9. Поясніть призначення ЦАП у цифрових пристроях автоматики.
10. Як формується вихідний сигнал ЦАП?

## ЛОГІЧНИЙ СИНТЕЗ ФОРМУВАЧА ВЕЛИЧИН КЕРУВАННЯ І СИГНАЛІЗАЦІЇ З ЕЛЕМЕНТАМИ ПАМ'ЯТІ

**Мета роботи:** вивчення і оволодіння принципами логічного проектування вузлів цифрової техніки на прикладі формувача керуючих величин.

### *Короткі дані з теорії*

Одним з важливих напрямків удосконалення цифрових систем автоматики є розробка для них універсальних багатофункціональних пристроїв взаємозв'язку з різними технологічними об'єктами (ТО).

У мікропроцесорному пристрої автоматики традиційний алгоритм перетворення вихідної інформації з ТО в реальному часі передбачає: формування уніфікованого аналогового електричного інформаційного сигналу приймальним пристроєм, перетворення аналогового сигналу у двійковий код, обробку кодованих даних і формування результатів у потенційному двійковому коді, перетворення потенційного двійкового коду в уніфікований аналоговий сигнал, формування керуючої величини заданого значення, при якому виконавчий елемент із виконавчим органом виконує необхідну роботу на ТО. Коректність роботи всіх вузлів такої системи досягається мікропроцесором за допомогою керуючих синхроімпульсів від спеціального генератора.

Цифрові пристрої автоматики з дискретними ПЕ часто мають скорочений алгоритм перетворення інформаційних сигналів у керуючі ординати. Формування керуючої величини  $U_y$  в такому пристрої залежить від граничних рівнів контролюваного параметра  $P$ :

$$U_y = f(P_{\min}, P_0, P_{\max}), \quad (6.1)$$

де  $P_0, P_{\min}, P_{\max}$  – нормоване, гранично припустимі найменше і найбільше значення контролюваного параметра об'єкта відповідно.

Реалізація залежності (6.1) досягається обробкою вхідних потенційних двійкових кодів від ПЕ за допомогою логічних адаптерів.

*Логічний адаптер* – це автономний пристрій сполучення формувача двійкового коду з виконавчим елементом. Адаптери дозволяють створювати нескладні пристрої автоматики з «твердим» алгоритмом впливу на ТО. Такі цифрові регулятори ефективно функціонують на інерційних ТО (коли постійні часу і транспортне запізнювання досягають значних величин).

*Найпростіший адаптер* – це цифровий комбінаційний пристрій, у якому  $n$ -розрядний двійковий код на вході визначає значення двійкової змінної на одному з виходів (мінтерм). *Мінтерми* – це кон'юнкції  $n$  вхідних двійкових змінних у стверджувальній або інверсній формах. При утворенні  $2^n$  мінтермів

дешифратор називається повним, при меншій кількості – неповним. Користуючись таблицею істинності, нескладно одержати всі можливі логічні рівняння для вихідних змінних такого пристрою, роботу якого змінити не можна.

Достоїнством пристрою автоматики з «твердою логікою» є простота технічної реалізації за допомогою невеликого числа логічних елементів, відсутність органів настроювання і необхідності догляду за пристроєм при експлуатації. Основний його недолік – при зміні алгоритму роботи потрібна заміна всієї апаратної частини автоматичного регулятора.

### *Опис лабораторного стенда*

Лабораторний стенд «ПрЭ-ЦУ» складається з логічного адаптера з двома потенційними входами ( $n = 2$ ). Цей пристрій дозволяє формувати чотири ( $N = 2^n$ ) вихідних керуючих величини.

Установивши ручним способом потенційний код вхідного сигналу, після натискання кнопки <ON> відповідна вихідна ордината формується строго на певному виході адаптера.

### *Завдання*

1. Вивчити принцип роботи логічного формувача керуючих величин.
2. Експериментально вивчити формування керуючих величин і скласти таблицю дослідів.
3. Запропонувати варіант використання такого пристрою на реальному ТО.

### *Порядок виконання роботи*

1. Відкрити електронний лабораторний стенд «ПрЭ-ЦУ» (рис. 6.1).
2. Ознайомитися з усіма відкритими і спливаючими поясненнями (активувати стенд, натиснувши курсор на поле схеми адаптера).
3. Ручним способом на «Входе» формувача встановити потенційний двійковий код ( $X_1, X_2$ ) і, натиснувши кнопку <ON>, перевірити роботу пристрою за індикації «ВИХІДНИХ» ( $Y_1 - Y_4$ ) одиничних рівнів сигналів.
4. Скласти таблицю експериментів (табл. 6.1) і результати дослідів внести в неї.
5. Скласти логічні рівняння для всіх вихідних ординат.
6. Запропонувати блок-схему цифрового регулятора з використанням дослідженого адаптера для реального технологічного об'єкта з елементами пам'яті стану  $Y_i$ .



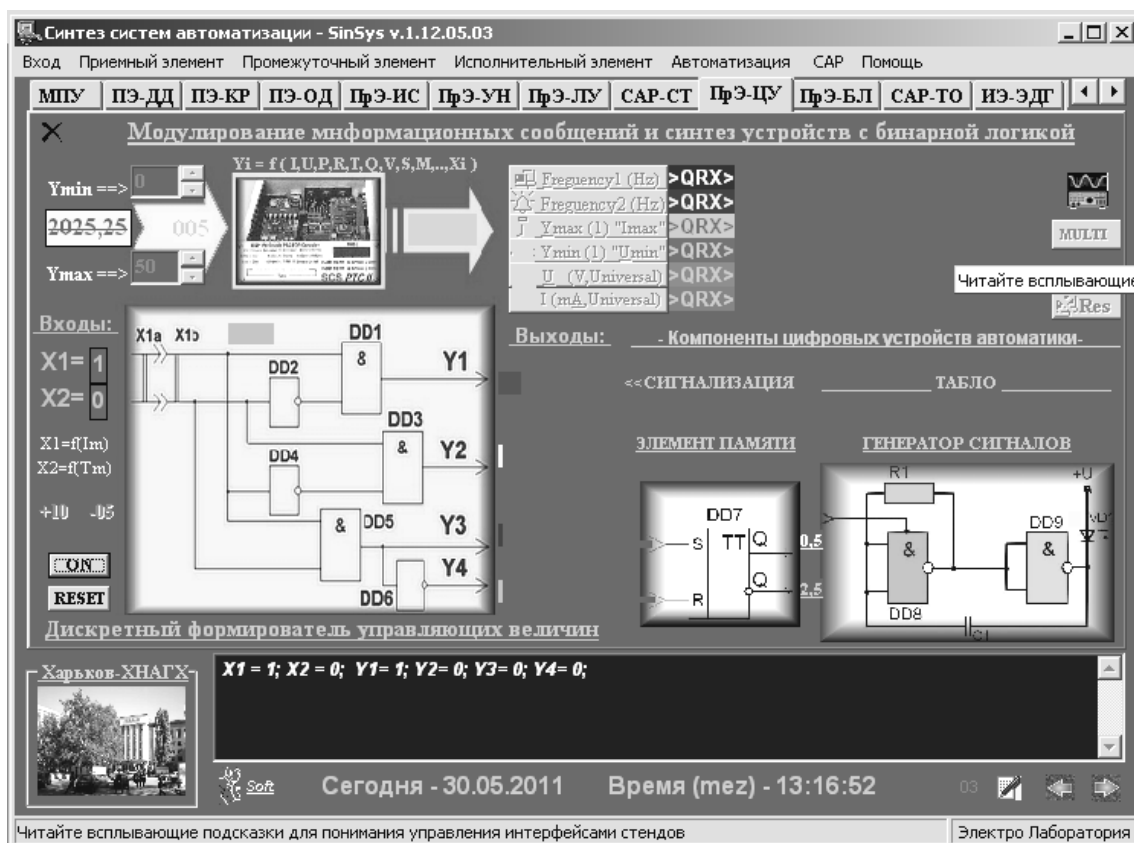


Рисунок 6.1 – Адаптер цифрового пристрою автоматики

Таблица 6.1 – Результаты експериментів з цифровим адаптером

№ досвіду	X1,	X2,	Y1,	Y2,	Y3,	Y4,	Керуючий вплив
1	0	0					
2	1	0					
3	0	1					
4	1	1					

### Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: мету роботи, схему адаптера, таблицю з результатами дослідів, логічні рівняння для вихідних ординат, розроблену блок-схему реального пристрою автоматики, специфікацію елементів блок-схеми (№ п/п, позначення на схемі, найменування, примітка), висновки.

### *Контрольні питання*

1. Поясніть принцип формування вихідних ординат за вхідними потенційними бінарними кодами цифрового адаптера.
2. Який алгоритм роботи цифрового автоматичного регулятора з «твердою логікою»?
3. Яку кількість команд можна формувати, якщо вхідний бінарний код має 8 розрядів?
4. Як змінити алгоритм формування керуючих величин адаптера?
5. У чому достоїнства пристрою «твердої логіки»?
6. У чому недоліки пристрою «твердої логіки»?
7. Як уніфікувати вихідні величини адаптера?
8. Як організувати запам'ятовування вихідних величин у часі?
9. Чи потрібен генератор синхросигналу для коректної роботи адаптера?
10. Що відображає таблиця істинності?
11. Як можна реалізувати таблицю істинності?
12. Чи доцільно залишати рівняння логіки адаптера?
13. Поясніть принцип дії логічних елементів адаптера.
14. Як реалізувати логіку І з допомогою елементів І-НІ?
15. Як реалізувати логіку НІ за допомогою елементів АБО-НІ з двома входами?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### ДОСЛІДЖЕННЯ ДИСКРЕТНИХ ДАТЧИКІВ СИСТЕМИ ДІАГНОСТИКИ ОБЛАДНАННЯ

**Мета роботи:** вивчення і дослідження дискретних датчиків системи діагностики рухомих одиниць

#### *Короткі відомості з теорії*

У всякому технологічному процесі є величини, що характеризують цей процес, які часто називають *параметрами процесу*.

Вимірювання будь-якого параметра характеризується рядом показників, з яких основними є *точність, чутливість і інерційність*.

*Точність вимірювань* визначається вимогами технологічного процесу. Завищені вимоги до точності здійснюють невиправдані ускладнення методів і приладів контролю.

*Чутливість  $S$*  вимірювального приладу – відношення лінійного або кутового переміщення показчика  $\delta Y$  до зміни контрольованої величини  $\delta X$  ( $S = \delta Y / \delta X$ ).

*Інерційність* характеризує реакцію вимірювального приладу на зміни контрольованої величини в часі. Визначається по аналогії з часовою характеристикою для ТО.

*Похибка вимірювання* – відхилення вимірюваного значення контрольованої величини від її дійсного значення.

Похибки виражаються абсолютною і відносною величиною.

*Систематичні похибки* – викликаються умовами вимірювання. Вони відомі і змінюються за певним законом.

*Випадкові похибки* – спотворюють результати вимірювання. Вони не можуть бути враховані, оскільки виникають без певної закономірності.

Вимірювальні прилади можуть бути *показуючі, самописні, підсумкові* (інтегруючі), *сигналізуючі і з дистанційною передачею свідчень*.

За класом точності вимірювальні прилади бувають *зразкові* (для точної таріровки), *контрольні* (для перевірки серійних приладів) і *технічні* (серійні прилади для практичних вимірювань з класом точності 0,5; 1; 1,5; 2,5; 5, тобто похибка вимірювання складає 0,5- 5% діапазону вимірювання).

#### *Опис лабораторного стенду*

Для проведення експериментів використовується лабораторний стенд **ПрЭ-БЛ** (рис. 7.1) . Стенд призначений для роботи з комплектом приймальних елементів (датчиків), які розміщуються на рухомій одиниці (праве поле інтерфейсу). Локальний відеотермінал стенду розміщення в лівому полі інтерфейсу.

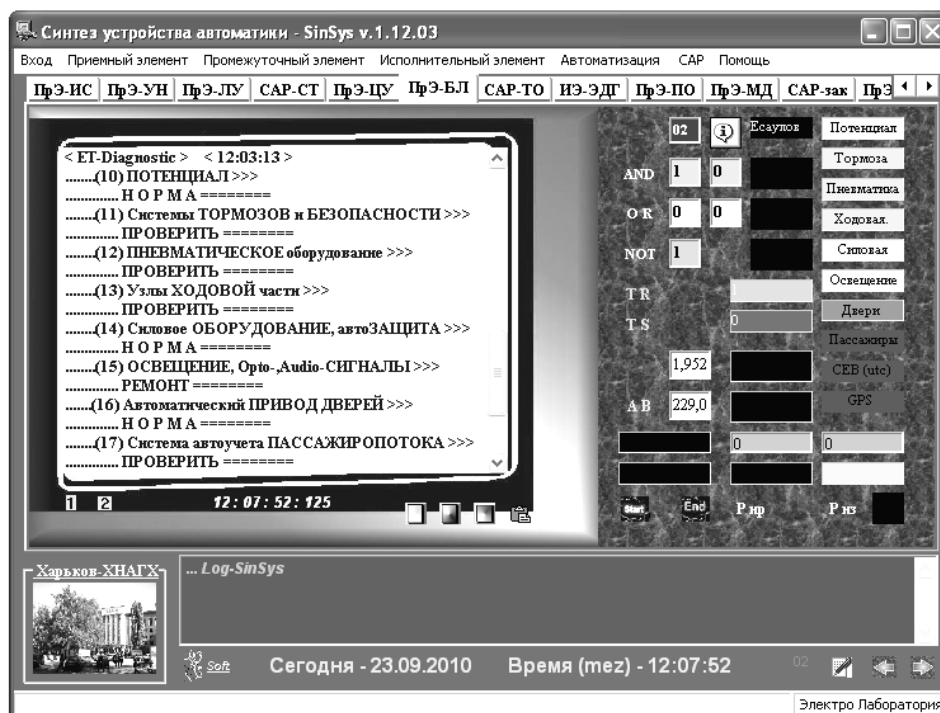


Рисунок 7.1 – Інтерфейс стенду діагностики рухомих одиниць

Для проведення експериментів у вікні «**Фамилия испытателя**» необхідно, користуючись клавіатурою, набрати своє прізвище.

Датчики (дискретні, аналогові, з елементами пам'яті, позиційні та ін.) постійно опитуються системою діагностики, на основі чого і формується електронний звіт по **вибраному устаткуванню** (у вікні «ВВОД КОДА» набрати певний код компоненту і натиснути <ENTER>) або **всього устаткування** (у вікні «ВВОД КОДА» будь-який код, окрім резервних і натиснути кнопку <TEST>), який зберігається (натиснути кнопку «СОХРАНИТЬ ИНФОРМАЦИЮ» для зберігання, аналізу, друкування в паперовому варіанті та ін.

При ремонті устаткування змінюючи «**Код діагностики**», можна повторити вищезгадані дії, щоб відразу визначати стан устаткування.

Програма має доступ до операційної системи (ОС) комп'ютера для виводу довідкової інформації про можливі помилки ОС (натиснути кнопку <1>) і діагностики «заліза» комп'ютера (кнопка <2>).

Призначення інших кнопок стенду легко визначити за спливаючими підказками, які з'являються при наведенні покажчика мишки на конкретний елемент.

Аналогічні стенди знайшли широке застосування на транспортних підприємствах. Вони призначені для здійснення комп'ютерного контролю різних вузлів і блоків рухомих одиниць. Використання спеціального програмного забезпечення дозволяє в короткі проміжки часу проводити ініціалізацію локальних систем контролю, за допомогою яких виявляти дефекти в устаткуванні рухомого транспорту і визначати ступінь зношеності різних вузлів і механізмів.

Для проведення експериментів у вікні «**Фамилия испытателя**» необхідно, користуючись клавіатурою, набрати своє прізвище.

У вікні «**Код диагностики**» набрати, наприклад «1» і натиснути клавішу чи кнопку <Enter>.

Міняючи «**Код диагностики**», повторити вищезгадані дії.

За наслідками друку на екрані дисплея програми скласти таблицю умовних кодів діагностики вузлів і блоків рухомого транспорту (табл. 7.1), передбачених на розробленому стенді.

Ознайомитися з автоматичним записом інформації на дисплеї стенду і способом її збереження у вигляді електронного документа.

Таблиця 7.1 – Таблиця умовних кодів автоматичної діагностики рухомого транспорту

№п/п	Умовний код	Вузол контролю	Приймальний елемент	Вихідна величина	Клас точності
1					
2					
3					
...					

### *Завдання*

1. Вивчити принципи контролю різних технологічних величин на рухомому транспорті.

2. Запропонувати функціональну схему автоматичного контролю різних вузлів і блоків на рухомому транспорті.

3. Запропонувати алгоритм контролю найбільш важливих вузлів і механізмів на рухомому транспорті.

4. Запропонувати розрахункові схеми для вибраних параметрів контролю.

5. Розглянути доцільність підготовки електронного звіту автоматичної діагностики різних вузлів і блоків на транспорті.

6. Розробити принципову електричну схему автоматичної системи діагностики вибраних параметрів контролю.

7. Підготувати замовлену специфікацію компонентів для реалізації розробленої системи діагностики.

### *Порядок виконання роботи*

1. Відкрити лабораторний стенд **ПрЭ-БЛ**.

2. Скласти таблицю умовних кодів (табл. 7.1) діагностики устаткування на рухомих одиницях.

3. Використовуючи силуетне зображення рухомої одиниці, скласти функціональну схему системи автоматичної діагностики вузлів і блоків на даному технологічному об'єкті.

4. Скласти таблицю компонентів розрахункових схем системи діагностики (табл. 6.2).

5. Виконати необхідні розрахунки компонентів схеми (параметри елементів вимірювальних схем, підсилювачів-нормалізаторів, джерела живлення та ін.), використовуючи програму MS Excel та інші додатки до програми.

6. Скласти загальну блок - схему системи діагностики.

7. За допомогою додатку «САПР схем» («SinSys» ► «Помощь» ► Hlp-08 «САПР схем» чи <Ctrl+S> ) підготувати загальну принципову електричну схему системи діагностики.

### Зміст звіту

Звіт по лабораторній роботі повинен містити: найменування і мету роботи, короткий опис призначення стенду діагностики, таблицю умовних кодів параметрів контролю ТО, розрахункові схеми автоматичного контролю параметрів об'єкта діагностики, таблицю компонентів розрахункових схем контролю, функціональну і електричну принципову схеми системи діагностики, опис роботи запропонованої автоматичної системи діагностики, виводи.

Таблиця 7.2 – Компоненти розрахункових схем системи діагностики

№ п/п	Об'єкт контролю і параметр	Тип приймального елементу	Вимірювальна схема і вихідна величина	Нормалізатор інформаційного сигналу	Свідчення	Сигналізація	Дистанційна передача	Запис на електронний носій
1	Тяговий електродвигун, температура	Терморезистор	Резистивний міст, мВ	Підсилювач - нормалізатор	+	+	+	+
2	Освітлювальні прилади							
3	Акумулятор							
4	Привод для відкривання дверей							
5	Система гальмування							
6	...							
7	...							
8	...							
9	...							
10	Система сповіщення							

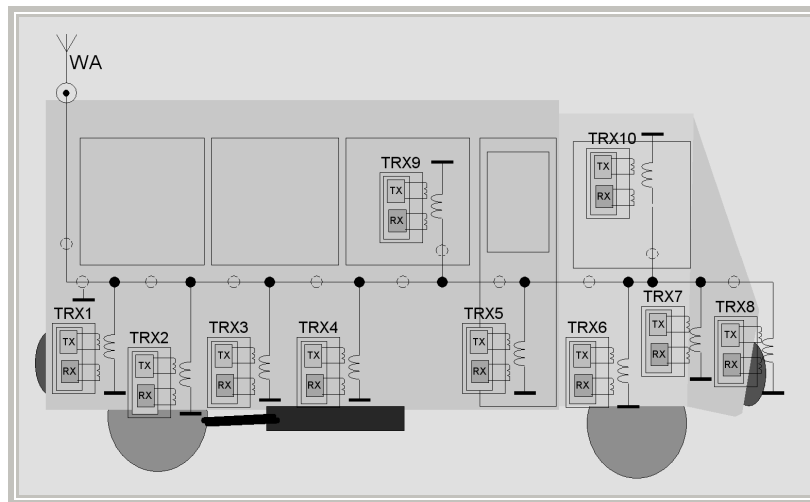


Рисунок 7.2 – Приклад розміщення датчиків в автомобілі:  
TRXi – дискретні датчики-перетворювачі контрольованих параметрів.

### *Контрольні питання*

1. Поясніть призначення систем автоматичного контролю параметрів на ТО.
2. У чому полягають особливості систем автоматичної діагностики ТО?
3. Які вимірювальні прилади використовуються при контролі ТП?
4. Які приймальні елементи використовуються для створення систем автоматичного контролю температури вузлів і механізмів?
5. Які приймальні елементи використовуються для контролю тиску в пневматичних і гідравлічних системах на транспорті?
6. Де застосовуються ємкісні датчики технологічних величин?
7. Поясніть принцип використання оптичних приймальних елементів.
8. Який принцип роботи електричних рівнемірів на транспорті?
9. Які датчики використовуються для контролю швидкості руху рухомого транспорту?
10. Які ПЕ використовуються для контролю величин струму і напруги в ланцюгах постійного струму?
11. Які ПЕ застосовують для контролю величин струму і напруги в ланцюгах змінного струму?
12. Як контролюється витрата електричної енергії на ТО?
13. Чим контролюється струм і напруга в електричних ланцюгах?
14. Поясніть призначення вимірювальних мостів у вимірювальних схемах контролю технологічних величин.
15. Як влаштовані і для чого застосовують нормалізатори електричних інформаційних сигналів?
16. Для чого складається специфікація компонентів функціональних і електричних принципових схем?

## ДОСЛІДЖЕННЯ АПВ І РОЗРОБКА БЛОК-СХЕМИ АЛГОРИТМУ

**Мета роботи:** вивчення і дослідження принципу роботи системи автоматичного повторного включення (АПВ) лінійного вимикача (ЛВ) тягової підстанції, і розробка блок-схеми алгоритму для написання програми АПВ, реалізованої за допомогою мікропроцесорного пристрою.

### *Короткі дані з теорії*

Сучасні засоби автоматики на базі мікропроцесорів дозволяють створювати дуже складні інтелектуальні системи керування технологічними процесами. Обробку вихідної інформації і формування керуючих величин у таких пристроях виконують на мікро-ЕОМ.

Попередньо завдання автоматизації ТО детально проробляють і зображують у вигляді блок-схем алгоритмів або приписань, що ведуть від початкових даних до шуканого результату.

*Блок-схема* – упорядкована сукупність різних графічних форм (рис. 8.1), що символізують певні операції, які з'єднані між собою стрілками, що показують напрямок розвитку подій у програмі за певних умов.

Блоки умовно можна розділити на:

- 1) блоки початку і кінця алгоритму (овальна форма);
- 2) блоки обробки даних (прямокутна форма);
- 3) блоки перевірки умов (ромбовидна форма – з двома точками виходу).

За структурою блок-схеми алгоритмів вирішення завдань автоматизації ТО розділяють на лінійні, гілкові й циклічні (рис. 8.2).

*Концептуальна блок-схема* – це перерахування в логічному порядку найважливіших подій керованого технологічного процесу.

*Функціональна блок-схема* – відбиває сукупність процесів або операцій, деталізація яких залежить від мови програмування і застосовуваного мікропроцесорного пристрою.

Алгоритм керування в нормальних і аварійних режимах на об'єктах електротранспорту містить у собі опитування приймальних елементів, порівняння поточних значень з нормальними і аварійними уставками, логічний аналіз результатів порівняння і формування керуючих ординат. Такі алгоритми часто відображають процедурними моделями процесу керування, істотно полегшуючи розробку блок-схем програм мікропроцесорної автоматики.

Словесна форма процедурної моделі типового пристрою автоматичного повторного включення (АПВ) лінійного вимикача (ЛВ) на тяговій підстанції при виникненні коротких замикань (КЗ) у контактній мережі (КМ) відбиває роботу наступних вузлів: підготовку повторного включення (ППВ) із заданими витримками часу між повторними включеннями (АПВ1 приблизно через 20 с і АПВ2 – 180 с), обліку повторних включень ЛВ, зондажу КЗ у КМ.



На основі уставок струмів КЗ лінійних вимикачів (2000 - 4000 А), законів керування, передатних функцій становлять алгоритми контролю, діагностики, прогнозування і керування всіх вузлів пристрою АПВ.

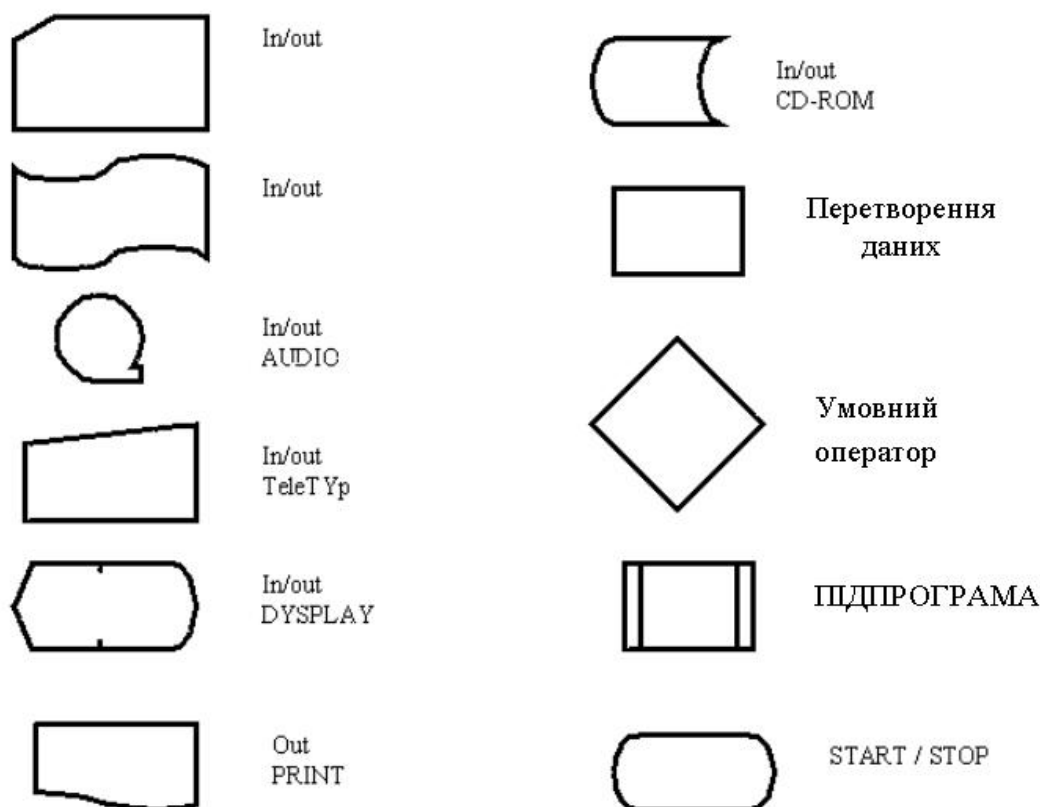


Рисунок 8.1 – Позначення блоків при побудові блок-схем

Оскільки практично неможливо одразу побудувати блок-схему алгоритму мікропроцесорного АПВ, цю і аналогічні завдання слід починати з укрупненої блок-схеми, що відбиває роботу всіх вузлів релейно-контактного АПВ. У міру докладного пророблення дій в кожному блоці створюється остаточний варіант блок-схеми програми.

### *Опис лабораторного стенда*

Лабораторний стенд «САР-ТО» (рис. 8.3) являє собою автоматизоване робоче місце (АРМ) чергового енергослужби комунального підприємства. Воно (АРМ) оснащено фрагментом оперативної схеми ТП, що відбиває взаємозв'язок ЛВ із випрямним агрегатом (ВА). АРМ складається з пульта керування КМ тягової підстанції з трьома лінійними вимикачами ЛВ1 – ЛВ3, оснащених індивідуальними пристроями АПВ. Цифрові вольтметр, амперметр та інші прилади дозволяють контролювати різні фізичні величини на ТО. АРМ оснащено електронним журналом реєстрації всіх контрольованих величин і подій, пов'язаних з функціонуванням локальних АПВ.

Доступ до органів керування АРМ захищений паролем, після введення якого доступ до органів управління стенда активується

Ручний контроль відповідної КМ виконують натисканням кнопки <START>, а відключення – <STOP>.

Кнопка <AUTO> – служить для включення автоматичного режиму опитування всіх ЛВ.

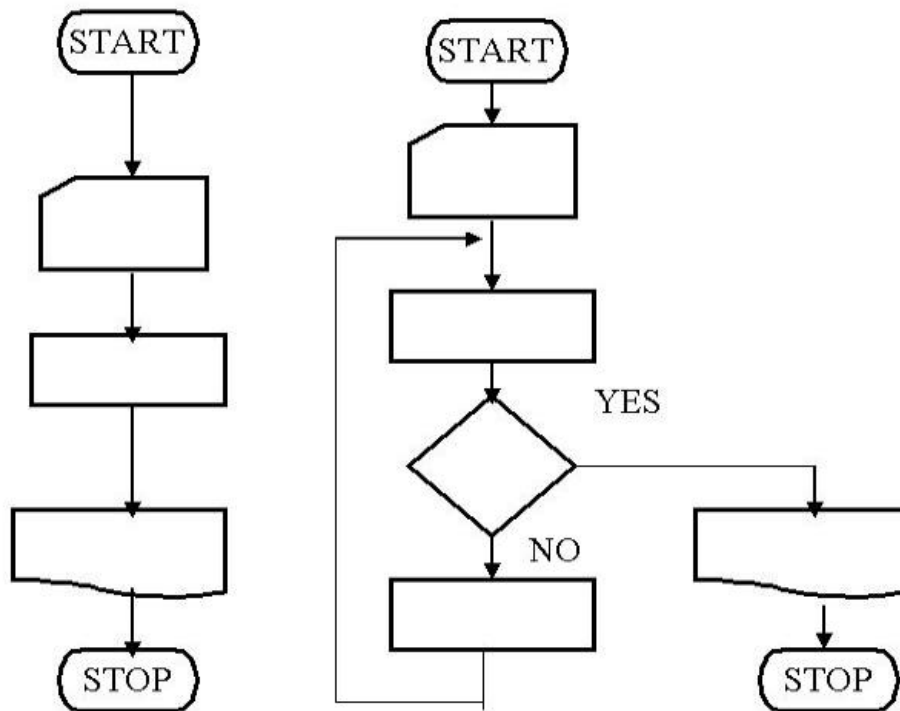


Рисунок 8.2 – Види алгоритмів

Інформаційне табло АРМ дозволяє спостерігати результати роботи всіх вузлів групових або індивідуальних пристроїв АПВ у вигляді лаконічних фраз, зміст яких не вимагає пояснень.

### *Завдання*

1. Вивчити принцип роботи індивідуального пристрою АПВ з ЛВ.
2. Експериментально дослідити роботу АПВ при різних струмах у КМ.
3. Скласти процедурну модель роботи всіх вузлів пристрою АПВ у словесній формі.
4. Скласти блок-схему програми мікропроцесорного АПВ.

### *Порядок виконання роботи*

1. Відкрити електронний лабораторний стенд «САР-ТО» (рис. 8.3).
2. Ввести пароль доступу до пульта АРМ (Прізвище І.Б., дату запису – натиснути «трикутник» і вибрати в календарі червону метку «сьогодня» ).
3. Ознайомитися з усіма відкритими і спливаючими поясненнями.

4. Змінюючи струм уставки КМ (ручна редакція даних дисплея цифрового амперметра), досліджувати роботу встаткування АРМ (послу натискання кнопки <START>).

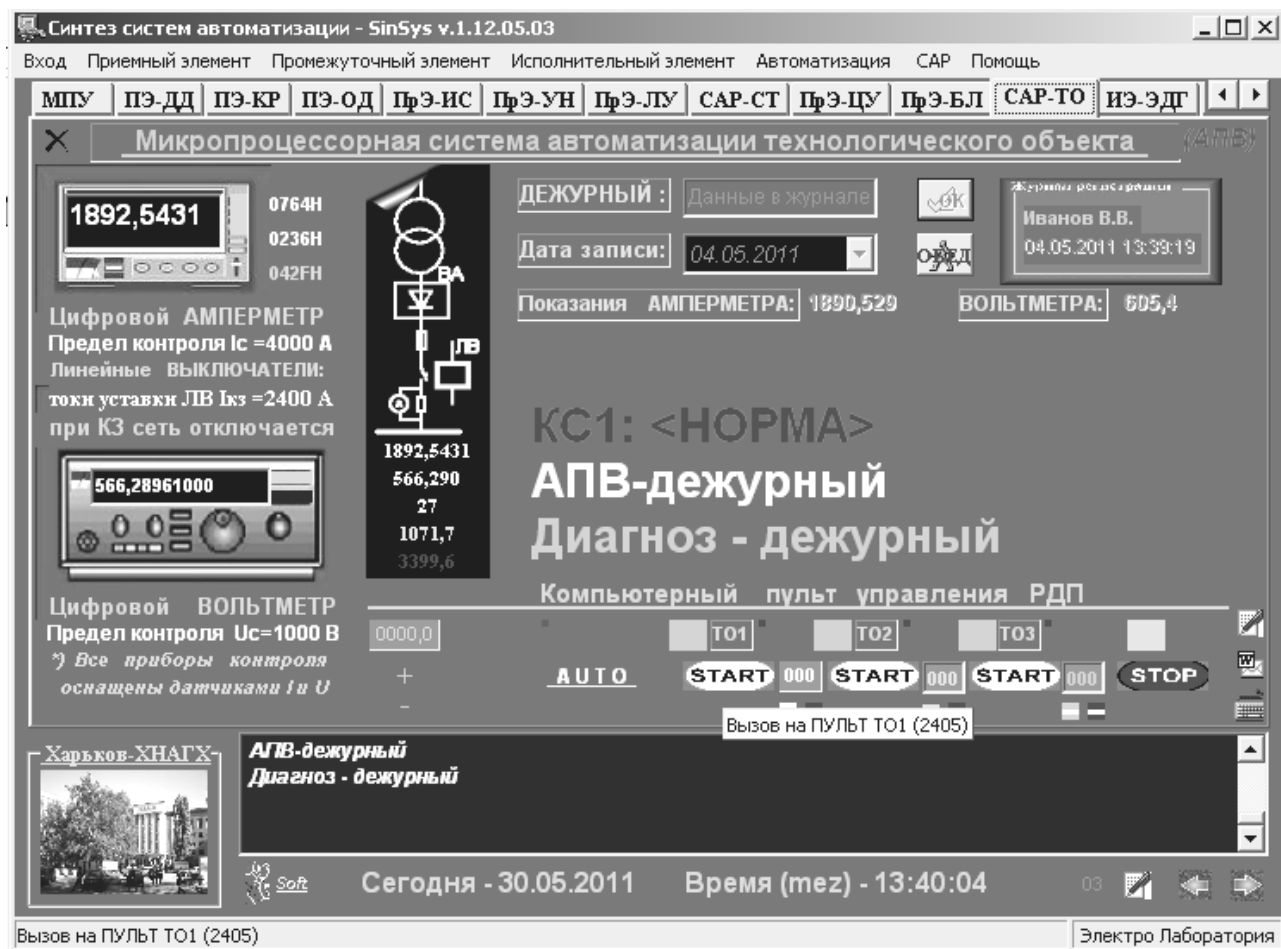


Рисунок 8.3 – Лабораторний стенд для дослідження АПВ

5. Скласти таблицю випробувань (табл. 8.1) і провести експериментальне дослідження АРМ ТП при різних струмах у КМ. Визначити уставку струму КЗ у ЛВ і алгоритм роботи заданого пристрою АПВ (приклад див. рис. 8.4).

Таблиця 8.1 – Таблиця експериментального дослідження пристрою АПВ КМ ТО \_

№ досвіду	Струм КМ, А	Інформація на дисплеї АРМ	Результат роботи вузла АПВ

6. Зберегти копію електронної сторінки журналу реєстрації роботи встаткування ТП, використовуючи програми MS Word або Notepad (Word Pad).

7. Проаналізувавши дані експериментів і запису в електронному журналі, скласти блок-схему програми мікропроцесорного пристрою АПВ з урахуванням роботи датчика струму в КМ і системи діагностики КМ.

8. Доповнити отриману інформацію відомостями про роботу ЦДП (вкладка «ИЭ-ЭДГ»), використовуючи MultSystem.

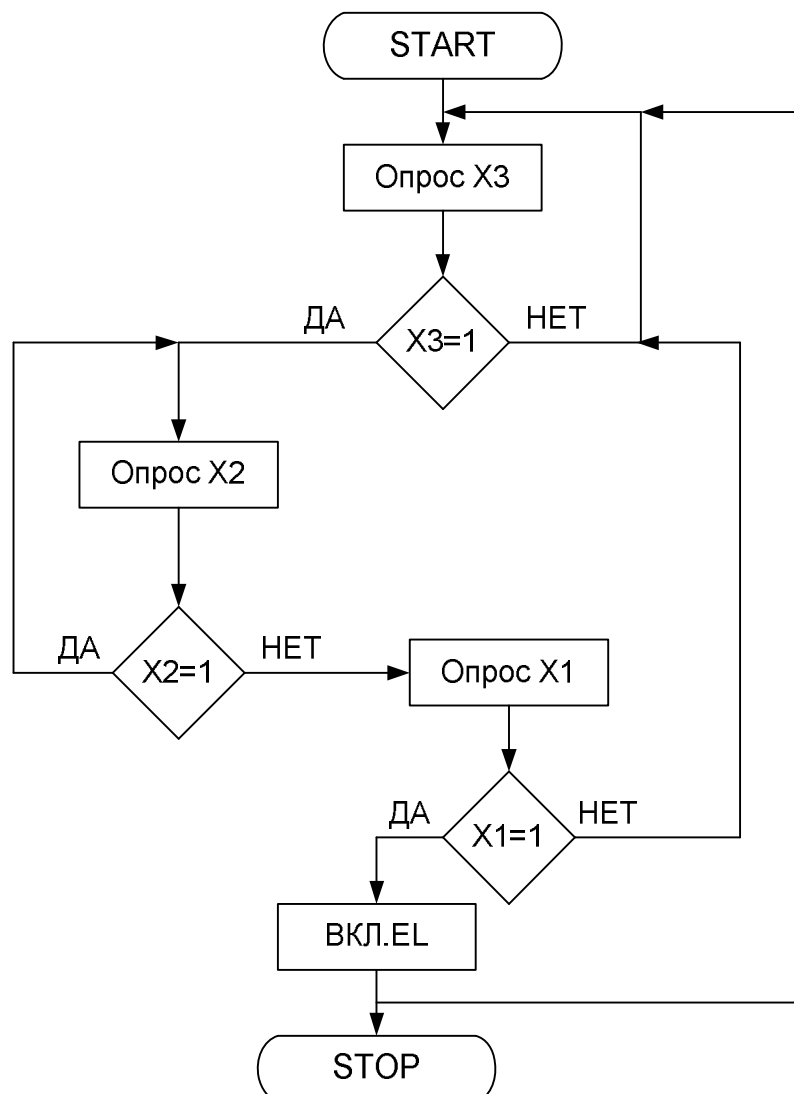


Рисунок 8.4 – Приклад блок-схеми алгоритму програми мікропроцесорного пристрою АПВ

### *Зміст звіту*

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: мету роботи, зведення про пристрої АПВ на ТП, фрагмент оперативної схеми ТП, таблицю з результатами досвідів, блок-схему алгоритму програми мікропроцесорного пристрою АПВ, технічну інформацію про уставках АПВ, висновки.

### *Контрольні питання*

1. Поясніть призначення пристроїв АПВ на тягових підстанціях.
2. Що ілюструє блок-схема алгоритму роботи пристрою автоматики?
3. Поясніть етапи створення реальних блок-схем програм мікропроцесорних пристроїв автоматики.
4. У чому різниця концептуальної і функціональної блок-схем алгоритмів?
5. У чому особливість умовного оператора блок-схем?
6. У чому різниця блок-схем програм написаних на мовах високого рівня і асемблера?
7. Які види алгоритмів використовують при програмуванні завдань автоматизації ТО?
8. Наведіть приклад лінійного алгоритму при вирішенні завдання автоматизації ТО.
9. Наведіть приклади циклічного і гільчастого алгоритмів при автоматизації процесів на електричному транспорті.
10. Чи є різниця блок-схем алгоритмів програм одного завдання, реалізованих пристроями з різними мікропроцесорами?

## РОЗРОБКА ПРОГРАМИ ДЛЯ МІКРОПРОЦЕСОРА

**Мета роботи:** вивчення синтаксису – основного компонента програм мовою асемблера, знайомство з системою команд і принципами реалізації блок-схем алгоритмів асемблер-модулями.

### *Короткі дані з теорії*

*Мікропроцесор* – це інтегральний напівпровідниковий елемент, робота якого передбачається програмним забезпеченням або докладним списком фіксованих команд, виконуваних для досягнення певних цілей при автоматизації ТО.

Мікропроцесори (МП) використовують для побудови двох видів прикладних систем з програмною логікою: універсальних і спеціалізованих, розроблювальних на основі блок-схем алгоритмів вирішення конкретних завдань автоматизації технологічних процесів.

Класична архітектура будь-якого МП системи (рис. 9.1) містить у собі допоміжні пристрої, необхідні для її функціонування: блок живлення (БЖ), генератор тактової частоти (ГТЧ), постійний і оперативний запам'ятовувальні пристрої (ПЗУ, ОЗУ), периферійні пристрої введення/виводу для одержання і відправлення інформації. У тришинній структурі (шини адреси – ША, даних – ШД, керування – ШК) МП численними лініями з'єднується з усіма допоміжними схемами (ПЕ – датчиками, контактами, АЦП, ЦАП, ВЕ – сигнальними лампочками, реле, електродвигунами, а також з клавіатурою, дисплеєм і т.д.).

*Архітектура* – відбиває можливості прикладного використання мікропроцесора (а не його технічну реалізацію) і містить опис програмної моделі МП системи і набору команд, за допомогою яких забезпечується доступ до всіх елементів.

Програми на машино-залежних мовах дозволяють на апаратному рівні детально розробляти механізм вирішення будь-якого завдання. Оскільки програмування в машинних кодах (набір 0 й 1) дуже утруднене, то одержали розвиток різні мови програмування.

*Мова програмування* – сукупність символів, використовуваних для опису даних і алгоритмів вирішення завдань. Вибір розробниками мови програмування залежить від прикладної спрямованості створюваних програмних рішень і МП.

*Мова асемблера* – мова програмування, функціональні можливості якого для конкретного МП визначаються строгим набором команд (кілька десятків).

*Команда* – керуючий сигнал, що викликає виконання певної операції у виконавчому пристрої.

Кожна команда мовою асемблера перетворює в одну машинну команду (один або декількох байт).

Формати команд і даних залежать від особливостей виконуваних операцій. По розміщенню, наприклад, команди в послідовних комірках пам'яті їхній формат може бути одно-, дво-, трибайтний і т.д. Список команд МП спроектований таким чином, щоб при дешифрації коду забезпечувалося виконання строго певної дії.

*Формат даних* – послідовність байтів (8-розрядних двійкових слів) для подання різних числових даних.

Системи команд МП звичайно складаються з декількох типів команд, об'єднаних у групи: пересилання, арифметичних і логічних операцій, розгалуження, керування, операцій зі стеком та ін.

*Процес створення програм* – творча діяльність, заснована на свободі вибору мови програмування, його елементів і можливих шляхів синтезу з них цілісної закінченої «конструкції», що задовольняє заданим критеріям.

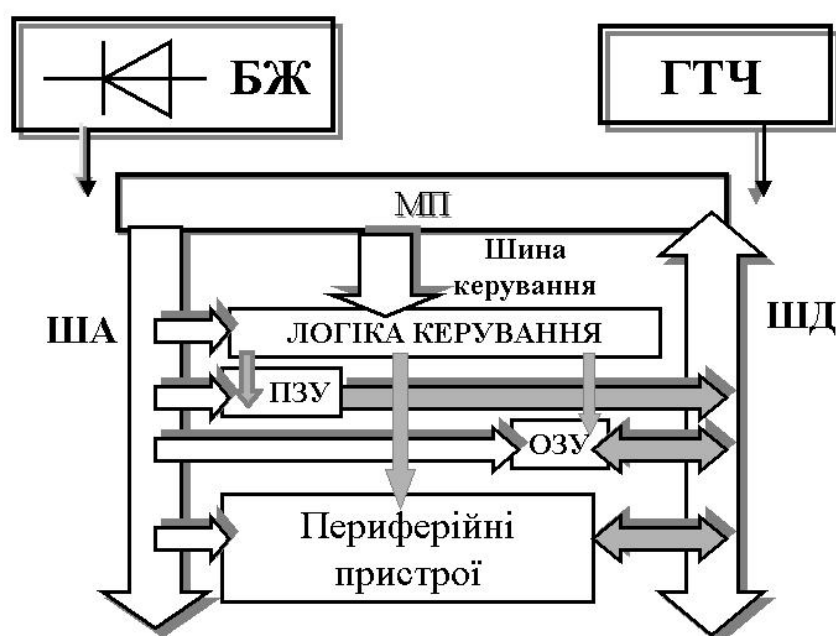


Рисунок 9.1 – Типова структура системи з мікропроцесором

Програми мовою асемблера при реалізації вимагають мінімальних затрат пам'яті і часу МП – «серця» обчислювальної техніки і широко застосовуються в програмних блоках пристроїв автоматики різного призначення. З огляду на особливості МП систем, програми мовою асемблера можуть використатися на МП різного типу тільки після їхньої адаптації, тому що системи команд неідентичні.

*Синтаксис мови асемблера* – оператор звичайно довжиною до 128 символів з полями, в яких указуються мітка оператора, код оператора, операнди і коментар.

*Оператор* – символ, що кодує послідовність виконання команд.

*Операція* – це послідовність дій ЕОМ, зображувана мнемонічними кодами.

*Мнемоніка* – опис команди одним або двома операндами.

*Операнд* – символи, що визначають місце операції в пам'яті.

Операндами в програмному операторі є: дані для обробки (безпосередня адресація), адреса операнд-джерела, адреса операнд-приймача, адреса команди, на яку варто передати керування, код умови розгалуження програми.

*Коментар* – фрагмент програми, призначений тільки для людини.

Існуюча концепція модульного програмування характеризується використанням окремо розроблених і асемблер-модулів, скомпонованих у бібліотеки. Секції бібліотек розміщуються в пам'яті і зв'язуються міжмодульними посиланнями, що спрощує розробку програм і виключає помилки, що допускають розробником при програмуванні.

Програмні рішення, записані у вигляді переліку кодів, іншими спеціальними програмами - трансляторами переводяться в машинні коди конкретного процесора.

*Об'єктний код* – програма в машинному вигляді. Шістнадцяткові значення кодів операцій, що представляють символічний текст програми за допомогою визначників типу команд відновлюються у вихідні тексти програм. Такий спосіб відновлення програм називається дизасемблюванням.

*Контролер* – пристрій для керування зовнішніми ВЕ.

*Тенденція* технології розробки мікроконтролерів, або однокристальних мікро-ЕОМ, дозволяє поєднувати в одному корпусі (мікросхемі) мікропроцесор, пам'ять і пристрої вводу/виводу. Лаконічна система команд мікроконтролерів оптимізована для застосування їх у пристроях автоматики, де не передбачаються значні обчислювальні потужності, але важливі габарити при реалізації.

*Емуляція* – імітація функціонування мікропроцесорної системи засобами ПК без перекручування отриманих результатів.

### *Опис лабораторного стенда*

Лабораторний стенд «ПрЭ-ПО» (рис. 9.2) містить у собі компоненти типового АРМ програміста-розробника програмного забезпечення для мікропроцесорних пристроїв автоматики. У вікнах для читання і копіювання представлені фрагменти листінгів програм мовою асемблера і у машинних кодах. Вибираючи різні порти вводу/виводу і пристрої для взаємозв'язку з периферійним устаткуванням, стенд ілюструє можливості мікропроцесорного пристрою автоматики, які в реальних умовах можуть безліч розширюватися за допомогою спеціальних програмних продуктів.

### *Завдання*

1. Вивчити архітектуру типової системи автоматики з мікропроцесором.
2. Ознайомитися з набором команд одного з мікропроцесорів.
3. Вивчити опис системи команд.
4. Використовуючи приклад алгоритму автоматизації процесу керування ТО, скласти лістинг програми мовою асемблера.
5. Програму на асемблері подати в машинних кодах.



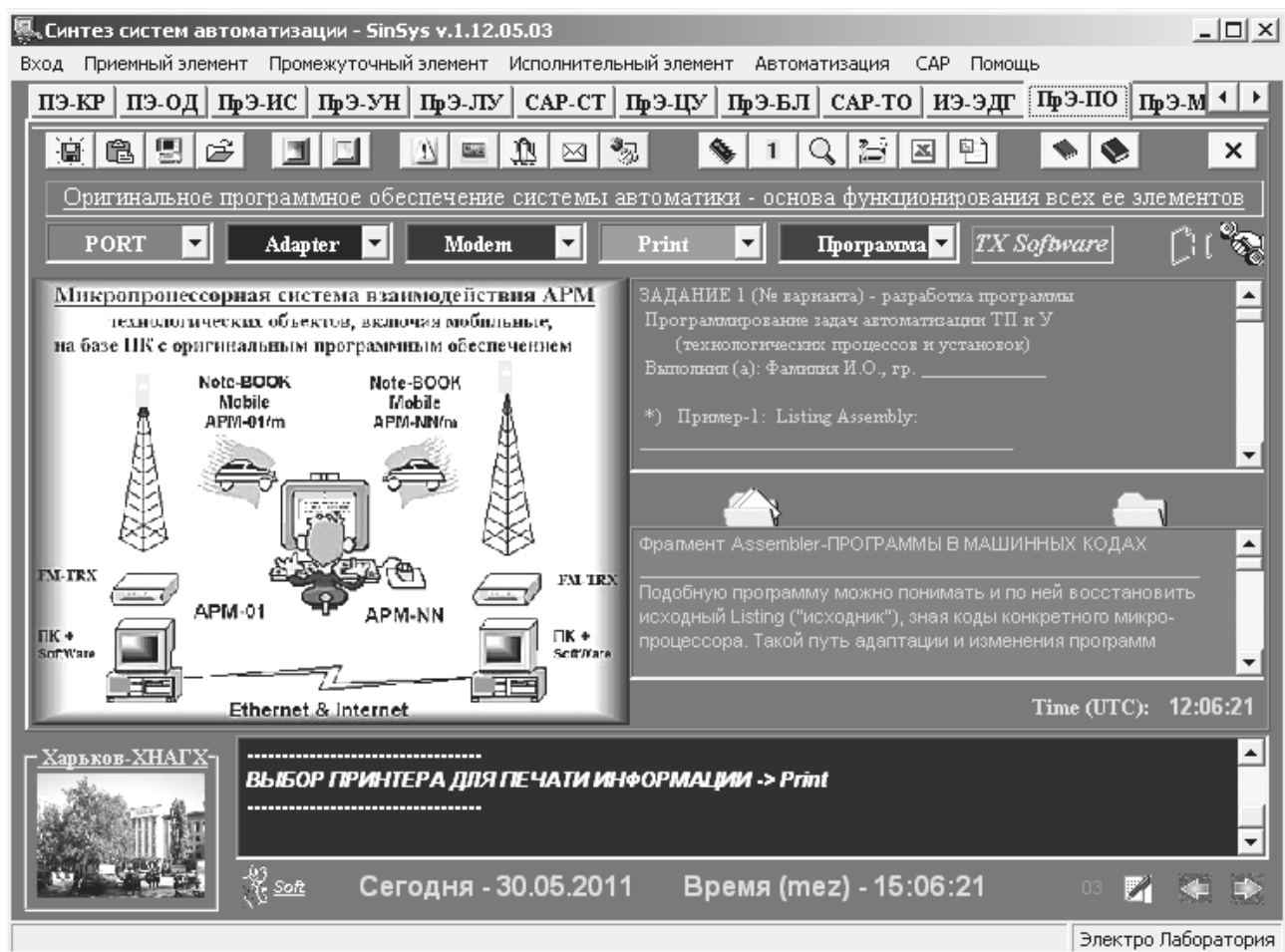


Рисунок 9.2 – Лабораторный стенд «ПрЭ-ПО»

### Порядок виконання роботи

1. Відкрити електронний лабораторний стенд «ПрЭ-ПО».
2. Ознайомитися з усіма спливаючими поясненнями і кнопками керування.

3. Ознайомитися з алгоритмом роботи модуля автоматичного пристрою, ілюстрованого блок-схемою (рис. 9.3).

4. Ознайомитися із схемою алгоритму на рисунку 9.3, який ілюструє роботу АПВ-1 при виникненні короткого замикання в контактній мережі. КЗ викликає спрацювання ЛВ, у якому блок-контакт замикається і на вході керуючого пристрою формується сигнал « $X = 1$ ». Керуючий пристрій після витікання часу  $t = 20$  с замикає ланцюг живлення керуючої обмотки лінійного вимикача і  $U_y = 110$  В подається на котушку електромагнітного пристрою, що повертає ЛВ у робочий стан. У результаті вищевказаних дій без участі людини АПВ разом з ЛВ після усунення КЗ забезпечують підключення випрямного агрегату тягової підстанції до контактної мережі.

Очевидно, що в системі автоматики реалізація даного алгоритму не вимагає складних обчислень, але передбачає формування спеціальних логічних комбінацій 1 й 0 при виникненні КЗ у контактній мережі і подачі керуючого сигналу  $U_y$  на електромагнітний пристрій ЛВ.

5. Ознайомитися з системою команд рекомендованого мікропроцесора (дод. А, табл. А.8).

6. Ознайомитися з програмою для пропонованого модуля (табл. 9.1), доповнити лістинг кодами команд, використовуючи документацію мікропроцесора і переліком адресі відповідно з структурою ОЗУ МП пристрою.

7. Скориставшись програмою-емулятором для мікропроцесора (рис. 9.4), перевірити функціонування пропонованої програми АПВ-1.

8. Змінити блок-схему автоматичного пристрою відповідно до індивідуального завдання.

9. Запропонувати програму для проробленої блок-схеми автоматичного пристрою, дотримуючись синтаксису мови асемблера для заданого мікропроцесора.

10. Дизасемблювати заданий фрагмент об'єктного коду програми (дод. А, табл. А.8), користуючись таблицями А.9, А.10.

Таблиця 9.1 – Лістинг програми АПВ-1

Адреса	Код	Мітка	Мнемокод	Коментар
		START:	IN22  MVI B,05  SUB B  JZ KZ  KZ: MVI A,22 OUT 03 MVI D,20 CALL PAUSA SCHET: DCR D  JNZ SCHET MVI A,42 OUT 03H MVI D,1 JMP START	; ввести дані про К.З. (22D = 16H) від блок - контакту ЛВ (або іншого датчика КЗ) ; запис у регістр В числа 05H, якщо 05-05=0 s=1 ; відняти з А вміст В и записати результат в А ; якщо результат не дорівнює 0, то перейти до KZ  ; включити таймер АПВ (t=20 с) ; вивід керуючого сигналу ; лічильник затримки на 20 с ; виклик підпрограми затримки на 1 с ; декрементування лічильника або негативне збільшення до НУЛЯ ; якщо не 0, то перехід в SCHET ; включити ЛВ ; видача керуючого сигналу ; лічильник на 1 с ; повернення до початку програми
		PAUSA: SCHET: PAUSTI M	MVI B,FFH MVI C,FBH NOP  NOP NOP NOP NOP DCP C	; підпрограма затримки на 1 с ; попередньо треба ініціалізувати лічильник, скинувши його в НУЛЬ ; зовнішній цикл лічильника ; внутрішній цикл лічильника ; порожня операція для точної витримки тимчасової паузи ; експериментальний вибір затримок  ; декрементування лічильника внутрішнього циклу

Адреса	Код	Мітка	Мнемокод	Коментар
			JNZ PAUSTIM DCR B  JNZ SCHET RET	; якщо не нуль, то перейти в PAUSTIM ; декрементування лічильника зовнішнього циклу ; якщо не нуль, то перейти в SCHET ; повернення в основну програму
		KEYLV KEYLV	22H 42H	; код спрацьовування ЛВ при КЗ ; код спрацьовування ЛВ при КЗ=0 ; введення і вивід кодів сигналів може бути обраний програмістом у довільній формі, увівши відповідні коректні зміни в лістинг основної програми

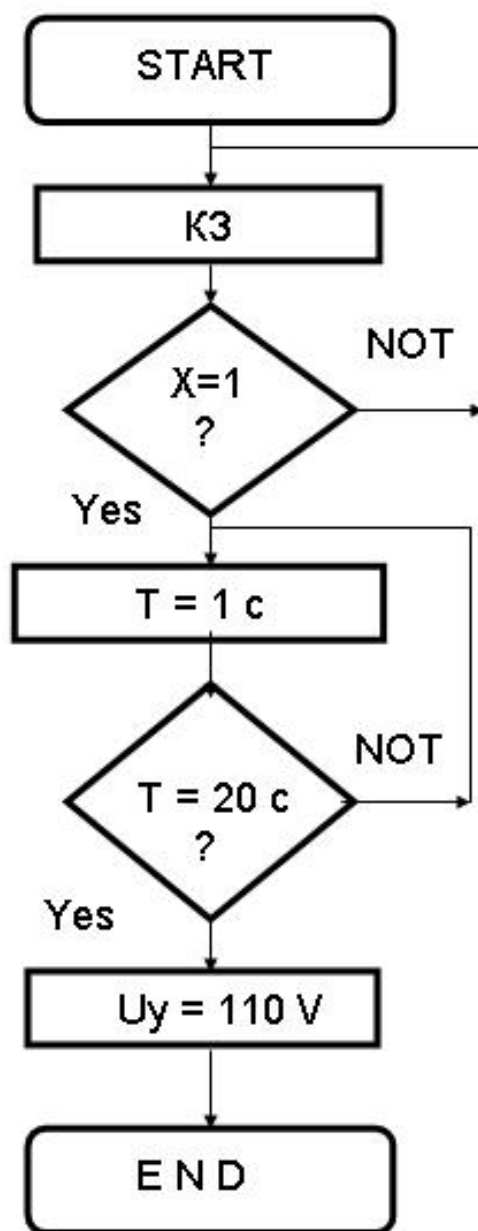


Рисунок 9.3 – Схема алгоритму АПВ-1

## Зміст звіту

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: мету роботи, зведення про мови програмування, особливостях мови асемблера, блок-схему розробленого пристрою автоматики, лістинг програми для заданого пристрою, лістинг дизасемблованного об'єктного коду програми, висновки.

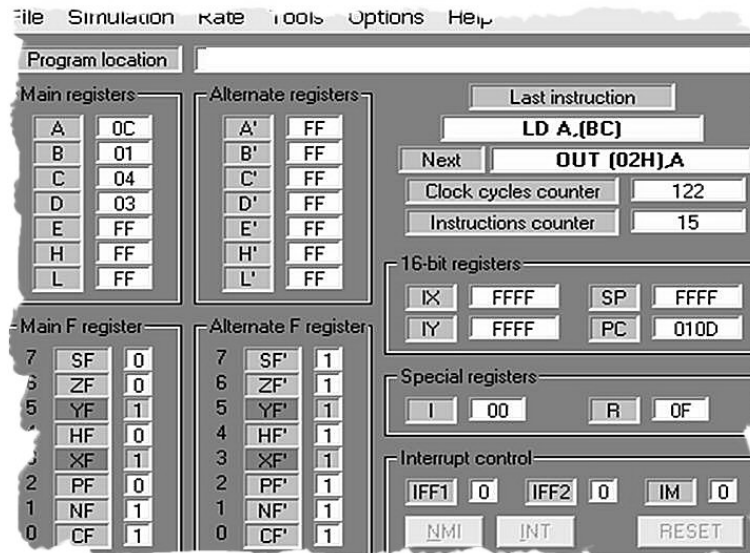


Рисунок 9.4 – Емулятор мікропроцесора Z80

## Контрольні питання

1. У чому полягають особливості МП пристрою автоматики з програмною логікою?
2. Що розуміється під архітектурою МП пристрою автоматики?
3. Поясніть призначення ОЗУ і ПЗУ в МП пристрої.
4. Поясніть призначення пристроїв введення/виводу в МП пристрої автоматики.
5. Що таке мова програмування, чим викликана її поява?
6. У чому особливості системи команд мови асемблера?
7. Поясніть зміст формату команд мови асемблера.
8. Що розуміється під синтаксисом мови асемблера?
9. У чому переваги модульного програмування?
10. У чому переваги архітектури мікроконтролера?
11. Як перетворити лістинг програми мовою асемблера в машинний код?
12. У чому зміст дизасемблювання об'єктного коду програм?
13. Яке призначення коментарів у програмі?
14. Поясніть призначення шин у МП системі автоматики.
15. Поясніть призначення програм - трансляторів.
16. Поясніть призначення програм-емуляторів.
17. Чому при програмуванні треба враховувати структуру ОЗУ МПУ?

## ПРОГРАМУВАННЯ ПОЗИЦІЙНОГО ПРИСТРОЮ АВТОМАТИКИ НА МОВІ ВИСОКОГО РІВНЯ

**Мета роботи:** вивчення призначення комплекту устаткування мікропроцесорного пристрою автоматики, програмування позиційного контролера на базі мікро-ЕОМ мовою високого рівня і принципів налагодження програмного забезпечення.

### *Короткі дані з теорії*

Мікропроцесорні контролери завжди можна зустріти там, де виникає необхідність реалізувати «інтелектуальний» процес керування технологічним об'єктом (ТО).

Всі керуючі мікропроцесорні пристрої являють собою сукупність апаратної і програмної частин.

*Апаратна частина* – це міні-ЕОМ з інтерфейсом для зв'язку мікропроцесорного пристрою з реальним об'єктом керування.

*Інтерфейси* – це порти, через які виконується ввід-вивод інформації (не плутати з розетками і штепселями). Інтерфейси забезпечують певний спосіб обробки вхідних електричних величин, що надходять на мікропроцесорний пристрій, і вихідних величин, формованих після відповідних обчислень. Без інтерфейсу контролер є ізольованою мікропроцесорна система.

*Програмна частина* – послідовність команд взаємозалежна з поняттям «програмувальна логіка» у пристроях автоматики ТО. Програмувальна логіка припускає обов'язкову наявність центрального процесора (мікропроцесора, мікроконтролера), що пов'язаний з *приймальними* (ПЕ) і *виконавчими* (ВЕ) елементами об'єкта керування. Залежно від контрольованих величин (інформаційних сигналів від ПЕ) процесор за заданою програмою (алгоритм роботи) обробляє вихідну інформацію і формує керуючі сигнали, які надходять на входи транзисторних, тиристорних і ін. ВЕ. Навантаженням ВЕ є електричні приводи. Далі ВЕ (електродвигуни, реле, магнітні пускачі та ін.) впливають на виконавчі органи (приводи движків реостатів, штоки, клапани і т.п.), які і дозволяють змінювати вихідні ординати ТО (струм, напруга, опір, швидкість, температуру та ін.), чим досягається певний хід процесу.

*Зміна програми* – це модифікація мікропроцесорного пристрою без зміни комплекту встаткування, що входить до складу системи автоматики.

Оскільки завдання автоматизації ТО розрізняються складністю, числом пунктів контролю, законами регулювання і числом керованих ординат, то, мабуть, вибір міні - ЕОМ потребує знань і підготовки в області вирішення подібних завдань.

На об'єктах електротранспорту переважає позиційне регулювання різних величин, що полягає у формуванні керуючого сигналу тільки при відхиленнях контрольованого параметра від його нормованого значення. Релейно-контактні

регулятори такого типу надійно функціонують на різних ТО, з огляду на їх параметричні й інерційні властивості. Аналогічно працюють і програмні позиційні пристрої автоматики, мікропроцесорна реалізація яких дуже популярна на об'єктах транспорту.

### *Опис лабораторної установки*

Лабораторна установка складається з мікропроцесорного пристрою (міні-ЕОМ), адаптера, виконавчого елемента (реле) з електричним секундоміром.

Застосування адаптера обумовлене завданням сполучення мікропроцесора з виконавчим пристроєм без якої-небудь його доробки. Як застосовується виконавчий пристрій – електромагнітне реле можна використати електродвигун, насос, освітлювальний прилад та ін.).

*Словесна форма завдання автоматизації:* (див. лабораторну роботу №2) включення освітлювальних приладів на об'єкті повинне виконуватися в Т1 год. М1 хв. без участі чергового персоналу об'єкта. Вимикання висвітлення необхідно робити в Т2 год. М2 хв. автоматично без участі чергової зміни. Для включення реле з витримкою протягом певного часу необхідно розробити програму і завантажити її в ОЗУ міні-ЕОМ. Блок-схема алгоритму програми керування часом спрацьовування електромагнітного реле має вигляд, зображений на рисунку 10.1.

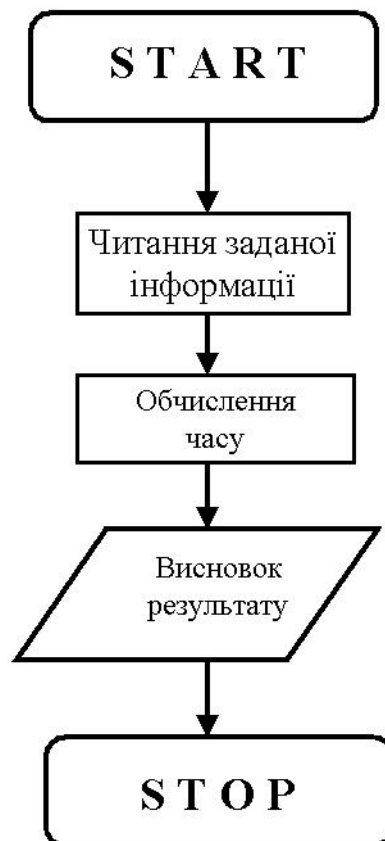


Рисунок 10.1 – Лінійний алгоритм завдання автоматизації включення освітлення

Міні-ЕОМ, застосовувана для виконання завдання керування електромагнітним реле, оснащена редактором мови програмування BASIC.

Адаптер підключається до міні-ЕОМ за допомогою кабелю з розніманням, а в мережу (220 В) за допомогою шнура, оснащеного штепсельною вилкою.

Виконавчий пристрій (реле електромагнітне) разом з електричним секундоміром приєднується до адаптера кабелем з розніманням.

### *Завдання*

1. Вивчити комплект устаткування автоматичного вимикача освітлювальних приладів на базі міні-ЕОМ.

2. Вивчити блок-схему досліджуваного автоматичного пристрою. Одержати експериментальні залежності варіюваних параметрів програмного забезпечення і тимчасових інтервалів включення/вимикання ВЕ.

3. Змінити блок-схему алгоритму для забезпечення циклічного режиму роботи мікропроцесорного вимикача освітлювальних приладів.

### *Порядок виконання роботи*

1. Вивчити призначення компонентів пристрою автоматики (рис. 10.2).

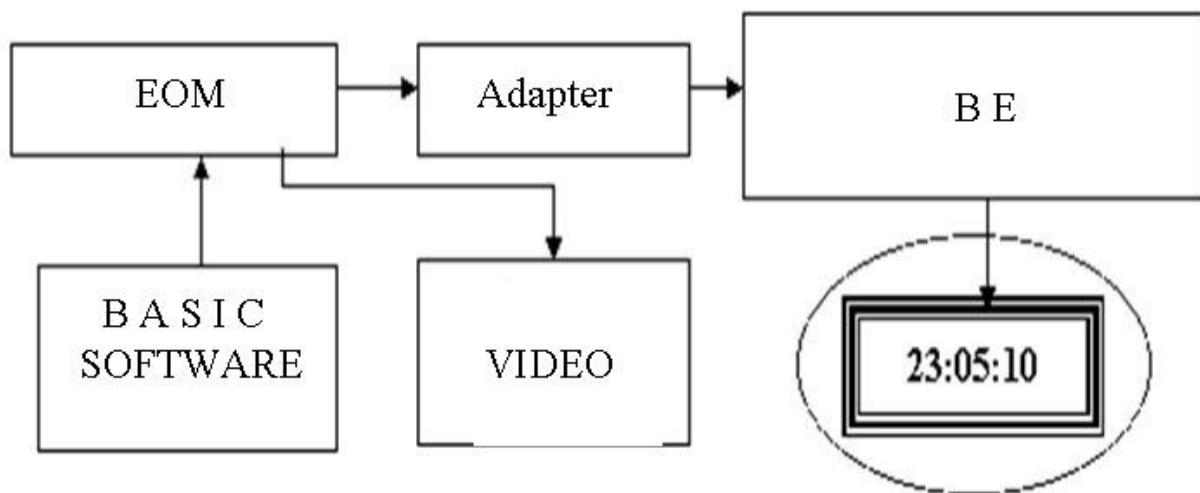


Рисунок 10.2 – Схема з'єднання компонентів керуючої міні-ЕОМ

2. Зібрати комплект устаткування мікропроцесорного пристрою відповідно рисунку 10.3.

3. Включити мікропроцесорний пристрій і в редакторі мови високого рівня набрати лістинг програмного забезпечення:

```

100 PRINT "TIME": INPUT K
200 PRINT "PAUSE": INPUT N
300 PRINT " IM ON": KEY OFF
400 MOTOR ON
500 FOR I=0 TO K: NEXT
600 MOTOR OFF: PRINT " IM OFF"
700 FOR I=0 TO N*2: NEXT
800 CLS: GOTO 100

```

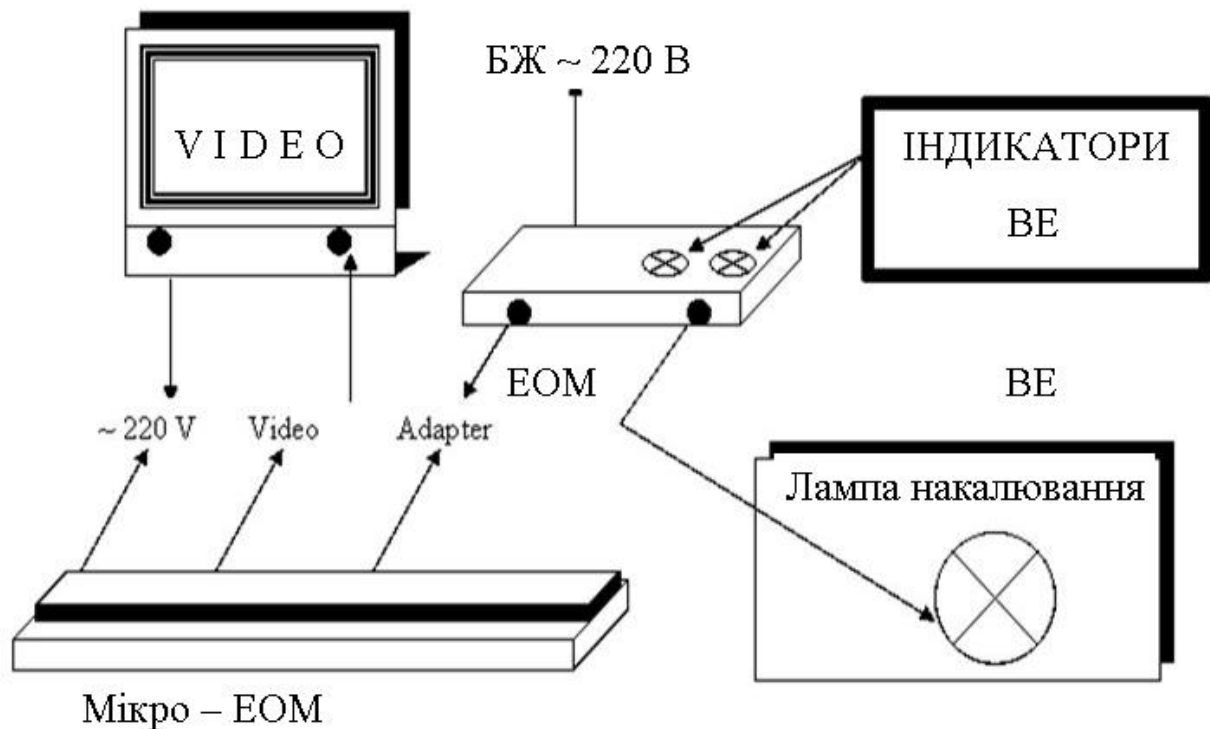


Рисунок 10.3 – Комплект мікропроцесорного пристрою автоматики

4. Запустити програму, натиснувши послідовно кнопки <СТРН> і <F5/F10>.

5. Зробити виправлення помилок з появою на моніторі «ERROR ...» для цього слід зупинити виконання програми натисканням одночасно клавіш <УПР> + <СТОП> і викликати на екран монітора лістинг програми натисканням клавіші <F4/F9>.

□ Вдруге запустити програму – <СТРН>, <F5/F10>.

□ діалоговому режимі за командами на моніторі «TIME», «PAUSE» ввести значення уставок відповідно тривалості включення і вимикання ВЕ.

6. Зробити контроль реального часу включення і вимикання ВЕ, користуючись секундоміром. Результати вимірів внести в таблиці 10.1.

7. Побудувати графічні залежності програмних і реальних часових уставок роботи виконавчого елемента.



8. Відповідно до індивідуального завдання вибрати тимчасові інтервали «TIME», «PAUSE», користуючись графічними залежностями ввести обрані параметри і зробити контрольні виміри роботи ВЕ.

9. Зробити коригування програми для реалізації циклічного режиму: **800 CLS: GOTO 300**

10. Запустити програму і зробити її тестування.

11. Записати лістинг налагодженої програми.

12. В середовищі Sinsys (стенд <ПрЭ-ПО>) освоїти прийоми програмування ЯВУ Basic.


13. Відкрити стенд <ПрЭ-ПО> на рисунку 10.4 і активувати його (натиснути кнопку «ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ» – ).



Рисунок 10.4 – Лабораторный стенд «ПрЭ-ПО»

14. Натиснути кнопку <Basic>  для активації редактора.

15. Користуючись прикладами «1»...«12» в розділі <Программа>, набрати їх в редакторі <Basic> і запустити програму, скориставшись кнопкою <F5>.

16. Користуючись готовим прикладом, для індивідуального завдання (лаб. раб. №4), запропонувати власне оригінальне програмне рішення.

17. Налаштувати програму, використовуючи як виконавчі елементи звукові сигнали різної частоти і тривалості (дивитися приклади 1B-Lern.BAS ...2B-Lern.BAS).

18. Представити програму для демонстрації.

### *Зміст звіту.*

Звіт з лабораторної роботи повинен містити: блок-схему реального мікропроцесорного автоматичного пристрою для керування виконавчим пристроєм; лістинги програм на ЯВУ.

### *Контрольні питання*

1. Поясніть призначення апаратної і програмної частин мікропроцесорного пристрою автоматики.
2. Які пристрої відносять до автоматики «твердої логіки»?
3. У чому полягає принцип позиційного регулювання технологічних процесів?
4. Поясніть призначення мікропроцесорів у системах автоматики.
5. Який взаємозв'язок між портом і адаптером мікропроцесорного пристрою?
6. У чому полягає зміст налагодження програмного продукту?
7. Чим досягається модифікація мікропроцесорних пристроїв?
8. Поясніть переваги і недоліки мікропроцесорних контролерів.
9. У чому різниця між засобами автоматики «твердої» й «гнучкої» логіки?
10. Поясніть призначення модему Ethernet в регуляторі на базі міні-ЕОМ.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Микропроцессоры: в 3 кн. / П. В. Нестеров, В. Ф. Шаньгин, В. Л. Горбунов и др. – М.: Высш. шк., 1986. – Кн.1: Архитектура и проектирование микро-ЭВМ. Организация вычислительных процессов. – 495 с.
2. Вершинин О. Е. Применение микропроцессоров для автоматизации технологических процессов / О. Е. Вершинин – Л.: Энергоатомиздат, 1986. – 208 с.
3. Токхайм Р. Микропроцессоры: Курс и упражнения / Р. Токхайм. – Пер. с англ. под ред. В. Н. Герасевича. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 336 с.
4. Методичні вказівки до самостійного вивчення дисциплін «Мікропроцесорні пристрої електротранспорту», «Мікропроцесорні пристрої транспортних засобів», «Мікропроцесорні пристрої систем автоматизації електроприводів» (для студентів 4 – 5 курсів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (6.050702 – Електромеханіка)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 53 с.
5. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з навчальних дисциплін «Мікропроцесорні пристрої електротранспорту», «Мікропроцесорні пристрої транспортних засобів», «Мікропроцесорні пристрої систем автоматизації електроприводів» (для студентів 4 – 5 курсів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (6.050702 – Електромеханіка)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: С. М. Єсаулов, О. Ф. Бабічева. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 82 с.
6. ГОСТ 19002-80. Схемы алгоритмов и программ. Правила выполнения.
7. ГОСТ 19002-80. Схемы алгоритмов и программ. Обозначения условные графические и правила выполнения.
8. ОСТ 11073.915-80. Позначення мікросхем.
9. Ефремов И. С. Цифровые системы управления электрическим подвижным составом с тиристорными импульсными регуляторами. / И. С. Ефремов, А. Я. Калиниченко, В. П. Феоктистов. – М.: Транспорт, 1988. – 253 с.

## ДОДАТОК А

**Таблиця А.1.1 – Індивідуальні завдання до лабораторної роботи №1**

Варіант	Завдання	Примітка
1	2	3
1	Доповнити схему елементами, що реалізують функцію натиснення кнопки "TEST", блокування окремих вузлів.	Упит=14В
2	Доповнити схему електродвигуном, сигналізацією по місцю при натисненні кнопки управління "Yes3" ", блокування окремих вузлів.	Упит=36В
3	Доповнити схему двома електродвигунами, блоком живлення для зарядки акумулятора, сигналізацією по місцю при натисненні кнопки управління "Yes2"	Упит~36В
4	Доповнити схему електротепловентилятором, сигналізацією по місцю, управління при натисненні кнопки управління "Yes1", блокування окремих вузлів.	Упит=24В
5	Доповнити схему двома електродвигунами склоочисників, сигналізацією на щиті управління, управління при натисненні кнопки "Yes2", блокування окремих вузлів.	Упит=36В
6	Доповнити схему електродвигуном, сигналізацією по місцю, управління при натисненні кнопки "NO-1", блокування окремих вузлів.	Упит~36В
7	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "NO-1", блокування окремих вузлів.	Упит=24В
8	Доповнити схему елементами, що реалізують функцію натиснення кнопки "ВЫКЛ", блокування включення двигуна, системою локального зв'язку.	Упит=14В
9	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю і на пульті при натисненні кнопки управління "Упит", системою локального зв'язку.	Упит=36В
10	Доповнити схему трифазним електродвигуном, сигналізацією на пульті при натисненні кнопки управління "Yes3"	Упит~36В
11	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю, блоку визначення місця знаходження об'єкту, управління при натисненні кнопки "Yes3"	Упит=24В
12	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "TEST", блоку радіозв'язку.	Упит=36В
13	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "TEST", блоком супутникової системи порятунку.	Упит~36В
14	Доповнити схему електродвигуном із захистом від перевантаження, управління при натисненні кнопки "Yes1", автосистемою аварійного виявлення об'єкту.	Упит=24В
15	Доповнити схему електродвигуном із захистом від перевантаження, управління при натисненні кнопки "Yes1", автосистемою аварійного виявлення об'єкту.	Упит=36В

Продовження таблиці А.1.1

1	2	3
16	Доповнити схему двома електродвигунами із захистом від перевантаження, сигналізацією на щиті, управління при натисненні кнопки "Yes1", автосистемою аварійного виявлення об'єкту.	Упит~36В
17	Доповнити схему електродвигуном із захистом від перевантаження, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "Yes2"	Упит=24В
18	Доповнити схему електродвигуном, звуковою сигналізацією на пульті і дистанційної передачі аварійного сигналу, управління при натисненні кнопки "Yes3"	Упит=36В
19	Доповнити схему електродвигуном, звуковою сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "Yes2", дистанційної передачі аварійного сигналу.	Упит~36В
20	Доповнити схему електродвигуном, звуковою сигналізацією на пульті і світловий на ЦДП, управління при натисненні кнопки "Yes1"	Упит=24В
21	Доповнити схему елементами, що реалізують функцію натиснення кнопки "ВЫКЛ"	Упит=12В
22	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "Аварія"	Упит=36В
23	Доповнити схему елементами, що реалізують функцію натиснення кнопки "Насос-2"	Упит~36В
24	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю і на пульті при натисненні кнопки управління "Пожежа"	Упит=24В
25	Доповнити схему електродвигуном витяжної вентиляції, сигналізацією на пульті при натисненні кнопки управління "Вентиляція"	Упит=36В
26	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю і на ЦДП, управління при натисненні кнопки "Диагноз-1"	Упит~36В
27	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "Диагностика ходовой"	Упит=24В
28	Доповнити схему системою повітряочистки, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "Повітря"	Упит=36В
29	Доповнити схему автоматичним кондиціонером із захистом від перевантаження, управління при натисненні кнопки "Озон"	Упит~36В
30	Доповнити схему системою пожежегасінні, управління при натисненні кнопки "Пожежа", виключення тягового двигуна.	Упит=24В

**Таблиця А.1.2 – Індивідуальні завдання до лабораторної роботи №1**

<b>Варіант</b>	<b>Завдання</b>	<b>Примітка</b>
1	Доповнити схему елементами, що реалізують функцію натиснення кнопки «TEST»	
2	Доповнити схему електродвигуном, сигналізацією по місцю при натисненні кнопки управління «Yes3»	Упит=380В
3	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю при натисненні кнопки управління «Yes2»	Упит~380В
4	Доповнити схему електровентилятором, сигналізацією по місцю, управління при натисненні кнопки управління «Yes1»	Упит=600В
5	Доповнити схему двома трифазним електродвигуном, сигналізацією на щиті управління, управління при натисненні кнопки «Yes2»	Упит=380В
6	Доповнити схему електродвигуном, сигналізацією по місцю, управління при натисненні кнопки «NO-1»	Упит~380В
7	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки «NO-1»	Упит=600В
8	Доповнити схему елементами, що реалізують функцію натиснення кнопки «ВЫКЛ»	
9	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю і на пульті при натисненні кнопки управління «Упит»	Упит~380В
10	Доповнити схему трифазним електродвигуном, сигналізацією на пульті при натисненні кнопки управління «Yes3»	Упит~640В
11	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю і на ЦДП, управління при натисненні кнопки «Yes3»	Упит=600В
12	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на ЦДП, управління при натисненні кнопки «TEST»	Упит=600В
13	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки «TEST»	Упит~380В
14	Доповнити схему електродвигуном із захистом від перевантаження, управління при натисненні кнопки «Yes1»	Упит~380В
15	Доповнити схему електродвигуном із захистом від перевантаження, управління при натисненні кнопки «Yes1»	Упит=600В
16	Доповнити схему двома електродвигунами із захистом від перевантаження, сигналізацією на щиті, управління при натисненні кнопки «Yes1»	Упит=600В
17	Доповнити схему електродвигуном із захистом від перевантаження, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки «Yes2»	Упит=600В
18	Доповнити схему електродвигуном, звуковою сигналізацією на пульті і світловий на ЦДП, управління при натисненні кнопки «Yes3»	Упит=600В
19	Доповнити схему електродвигуном, звуковою сигналізацією на пульті і на ЦДП, управління при натисненні кнопки «Yes2»	Упит=600В
20	Доповнити схему електродвигуном, звуковою сигналізацією на пульті і світловий на ЦДП, управління при натисненні кнопки «Yes1»	Упит=600В
21	Доповнити схему елементами, що реалізують функцію натиснення кнопки «ВЫКЛ»	
22	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки «Насос-1»	Упит=600В

Продовження таблиці А.1.2

1	2	3
23	Доповнити схему елементами, що реалізують функцію натиснення кнопки "Насос-2"	
24	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю і на пульті при натисненні кнопки управління "Компресор"	Упит~380В
25	Доповнити схему трифазним електродвигуном, сигналізацією на пульті при натисненні кнопки управління "Вентиляція"	Упит~600В
26	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією по місцю і на ЦДП, управління при натисненні кнопки "Діагноз-1"	Упит=600В
27	Доповнити схему двома електродвигунами, сигналізацією на ЦДП, управління при натисненні кнопки "Ходова"	Упит=600В
28	Доповнити схему трансформатором, сигналізацією на пульті, управління при натисненні кнопки "Силовий блок"	Упит~380В
29	Доповнити схему трансформатором із захистом від перевантаження, управління при натисненні кнопки "Контактна мережа"	Упит~380В
30	Доповнити схему трансформатором із захистом від перевантаження, управління при натисненні кнопки "Барбатер"	Упит~220В

**Таблиця А.2 - Залежності алгебри логіки**

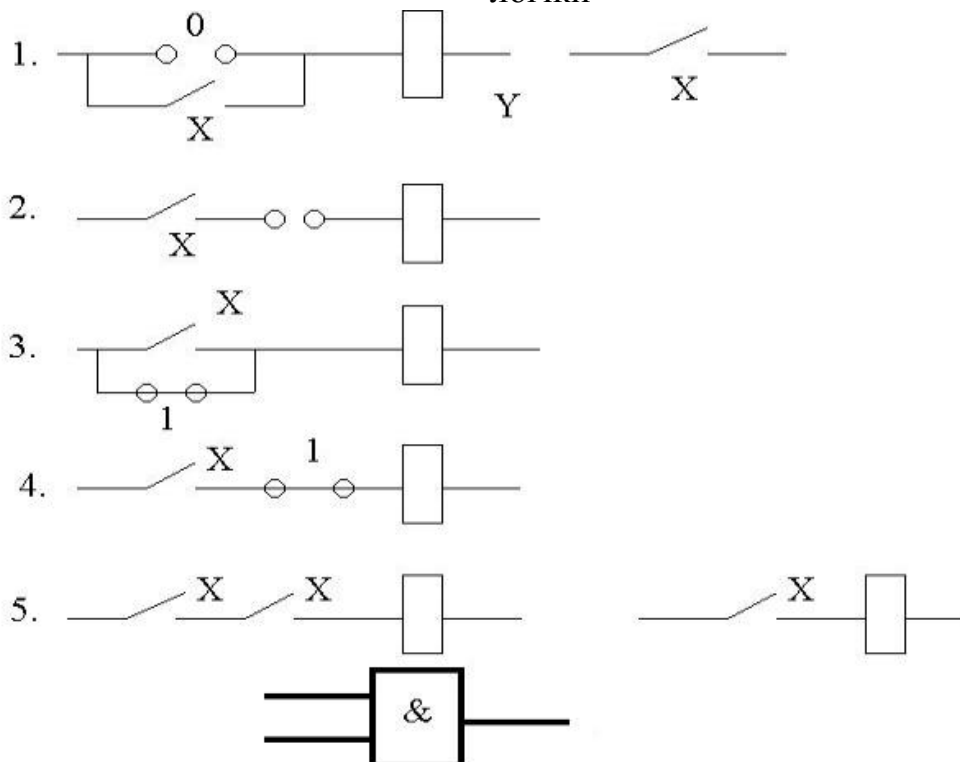
№ п/п	Формула	Найменування	Схема рис.Д1
1	$X \vee 0 = X$	- <u>Закон нульової безлічі</u> $X \vee 0 = X$ $X = Y$ - логічне складання	1
2	$X * 0 = 0$	- Завжди $Y = 0$ $Y=0$	2
3	$X \vee 1 = 1$	- <u>Закон універсальної безлічі</u> від стану контакту $X$ не залежить	3
4	$X * 1 = X$	- <u>Закон універсальної безлічі</u> повністю залежить від стану $X$	4
5	$X * X = XX = X$	- <u>Закон повторення (І)</u> - кон'юнкція - логічне множення	5
6	$X \vee X = X$	- <u>Логічне додавання (АБО)</u> - диз'юнкція	6
7	$X * \overline{X} = 0$	- <u>Закон додатковості</u> – логічне протиріччя, контакт з інверсією (ланцюг ніколи не включиться)	7
8	$X \vee \overline{X} = 1$	- <u>Закон протиріччя</u> (одинична логіка - завжди ланцюг включений)	8
9	$X = \overline{\overline{X}}$	- <u>Подвійне заперечення</u>	
10	$X1 \vee X2 = X2 \vee X1$	- <u>Перемісний закон</u> - від зміни місць результат не залежить	10
11	$X_1 \cdot X_2 = X_2 \cdot X_1$	- те саме	11
12	$(X_1 \vee X_2) \vee X_3 = X_1 \vee (X_2 \vee X_3)$	- <u>Сполучний закон</u>	
13	$(X_1 \cdot X_2) \cdot X_3 = X_1 \cdot (X_2 \cdot X_3)$	- те саме	13
14	$X_1 \cdot (X_2 \vee X_3) = X_1 \cdot X_2 \vee X_1 \cdot X_3$	- <u>Правило розкриття дужок</u>	
15	$X_1 \vee (X_2 X_3) = (X_1 \vee X_2)(X_1 \vee X_3)$	- те саме	15
16	$X_1 X_2 \vee X_1 \overline{X_2} = X_1 (X_2 \vee \overline{X_2})$	- <u>Правило склеювання</u>	16
17	$X_1 \vee X_1 X_2 = X_1$ $X_1 (X_1 \vee X_2) = X_1$	- <u>Правило поглинання</u>	17

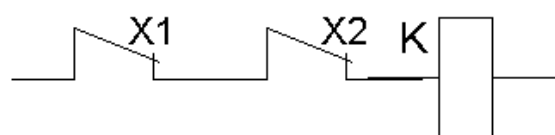
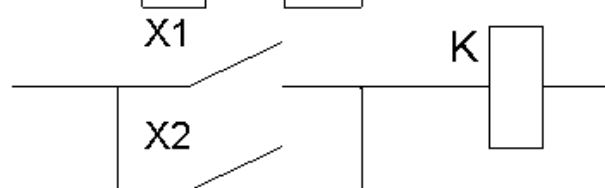
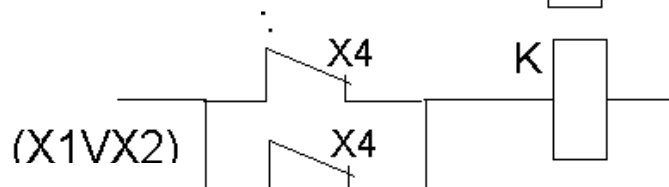
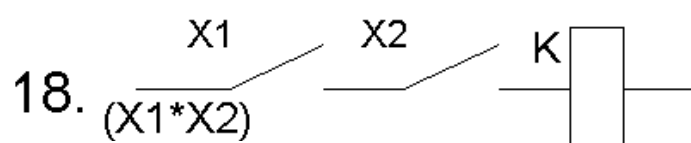
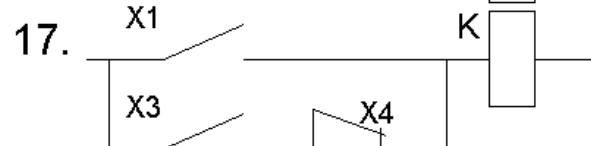
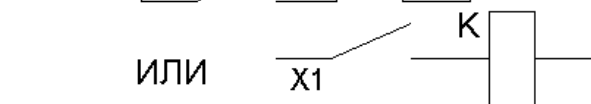
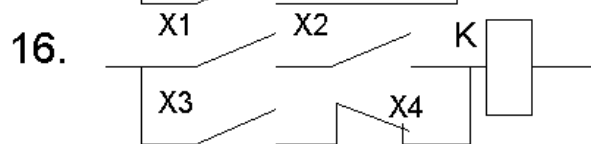
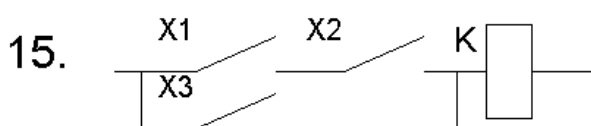
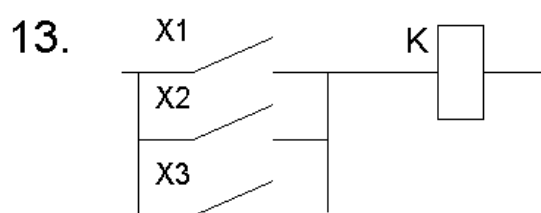
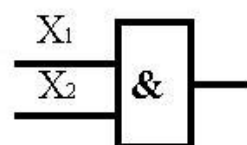
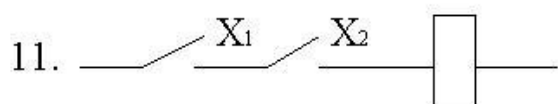
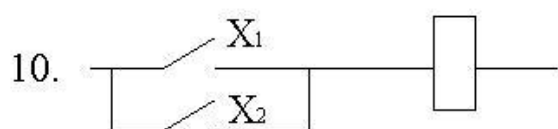
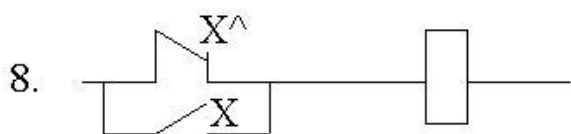
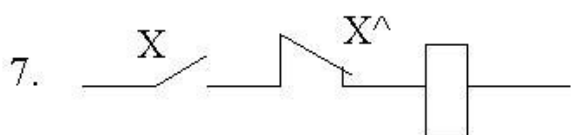
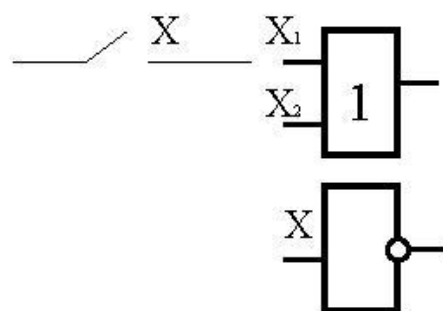
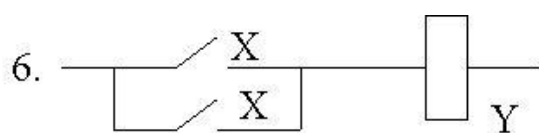


№ п/п	Формула	Найменування	Схема рис.Д1
18	$\overline{(X_1 X_2)} = \overline{X_1} \vee \overline{X_2}$ $\overline{(X_1 \vee X_2)} = (\overline{X_1} \cdot \overline{X_2})$	<p>- <u>Правило де Моргана</u>.</p> <p>Закон Де Моргана дозволяє перейти від логічного множення до логічного додавання і назад.</p> <p>Заперечення добутків веде до почленного заперечення додавань</p>	18

Примітка: V - логічне додавання (диз'юнкція);  
 \* - логічне множення (кон'юнкція).

### СХЕМИ РИС.А.2 - Електричні схеми реалізації залежностей алгебри логіки





**Таблиця А.3 - Варіанти завдання**

№ варіанта	U <sub>кс</sub> , В	U <sub>оп</sub> , В	I <sub>кс</sub> , А	I <sub>ксmin</sub> , А	R <sub>б</sub> , Ом	R <sub>ш</sub> , Ом
1	650	100	1700	100		
2	640	110	1800	150		
3	630	120	1900	200		
4	620	130	2000	250		
5	610	140	2100	260		
6	600	150	2200	270		
7	590	160	2300	280		
8	580	170	2400	290		
9	570	180	2500	300		
10	560	190	2600	310		
11	550	200	2700	320		
12	540	210	2800	330		
13	530	220	2900	340		
14	520	230	3000	350		
15	510	240	3010	360		
16	500	250	3020	370		
17	490	260	3030	380		
18	480	270	3040	390		
19	470	280	3050	400		
20	460	290	3060	410		
21	450	300	3070	420		
22	440	310	3080	430		
23	430	320	3090	440		
24	420	330	3100	450		
25	410	340	3110	460		
26	400	350	3120	470		
27	390	350	3130	480		
28	380	350	3140	490		
29	370	350	3150	500		

**Таблиця А.4 - Варіанти завдання для розрахунку вимірювальної схеми  
CAP**

№ вар	Tmax, °C	Tmin, °C	U, В	R <sub>н</sub> , Ом	dU, %
1	110	-20	5	3,4	+/-5
2	105	-25	4,5	4,55	+/-6
3	102	-23	4,3	2,63	+/-7
4	299	-60	5,2	3,45	+/-10
5	307	-15	5,5	3,52	+/-15
6	279	-17	6	4,30	+/-5
7	200	-50	5,7	4,24	+/-6
8	101	-75	4,8	3,15	+/-7
9	106	-10	4,9	3,75	+/-10
10	111	-30	5,2	2,48	+/-15
11	120	-30	5	4,46	+/-5
12	125	-10	4,5	2,65	+/-6
13	115	-120	4,3	3,66	+/-7
14	105	-110	5,2	3,84	+/-10
15	195	-55	5,5	2,95	+/-15
16	110	-20	6	3,33	+/-5
17	105	-18	5,7	3,44	+/-6
18	102	-19	4,8	3,85	+/-7
19	189	-10	4,9	2,75	+/-10
20	187	-20	5,2	3,34	+/-15
21	179	-25	5	3,54	+/-5
22	100	-23	4,5	2,95	+/-6
23	101	-110	4,3	3,26	+/-7
24	106	-15	5,2	3,14	+/-10
25	111	-17	5,5	3,25	+/-15
26	120	-75	6	3,83	+/-5
27	125	-25	5,7	2,84	+/-6
28	115	-10	4,8	3,81	+/-7
29	105	-30	4,9	2,25	+/-10
30	199	-10	5,2	3,54	+/-15

**Примітка:** для варіантів № 1 – 15 – U<sub>вихн</sub>=5В; № 16 – 30 – U<sub>вихн</sub>=10В; R<sub>в</sub>=400 ... 500 Ом.

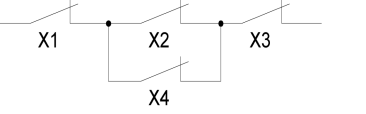
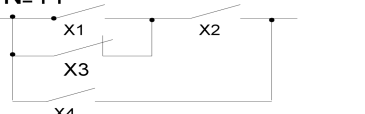
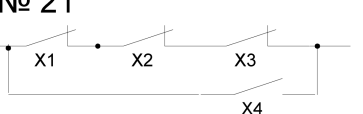
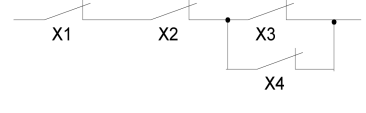
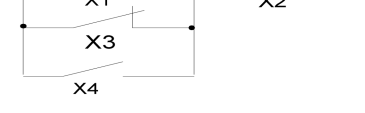
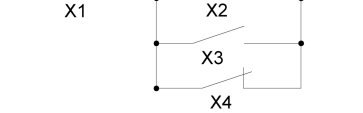
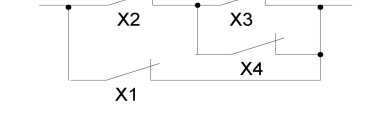
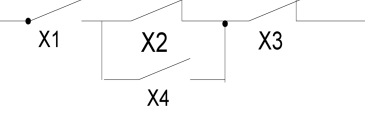
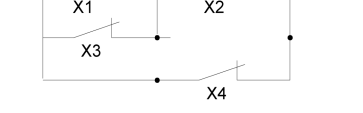

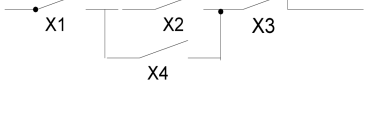
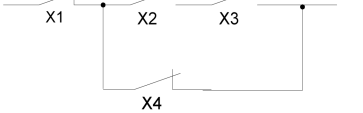
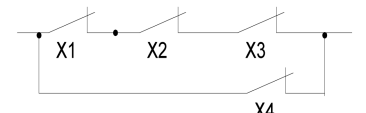
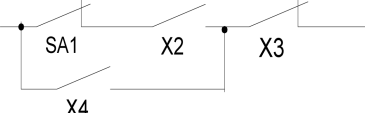
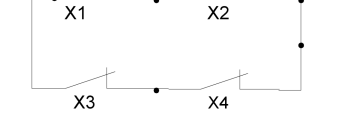
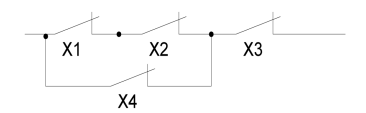
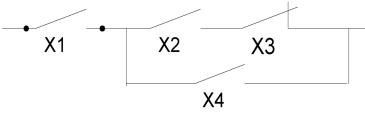
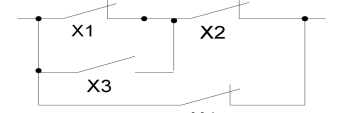
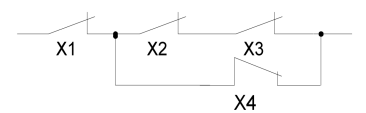
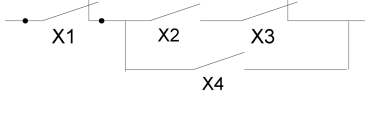
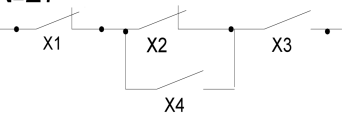
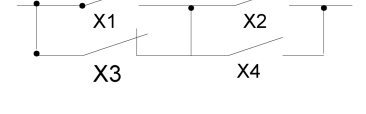
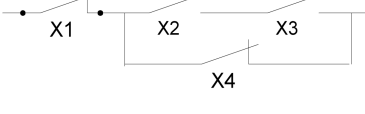
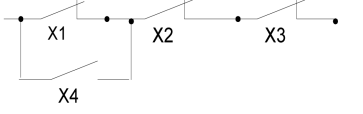
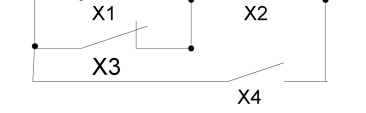
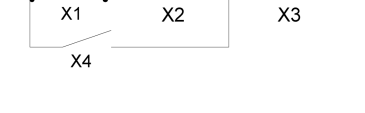
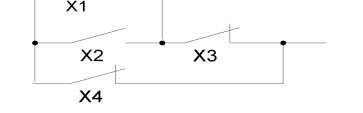
**Таблиця А.5 - Технічні характеристики термоперетворювачів**

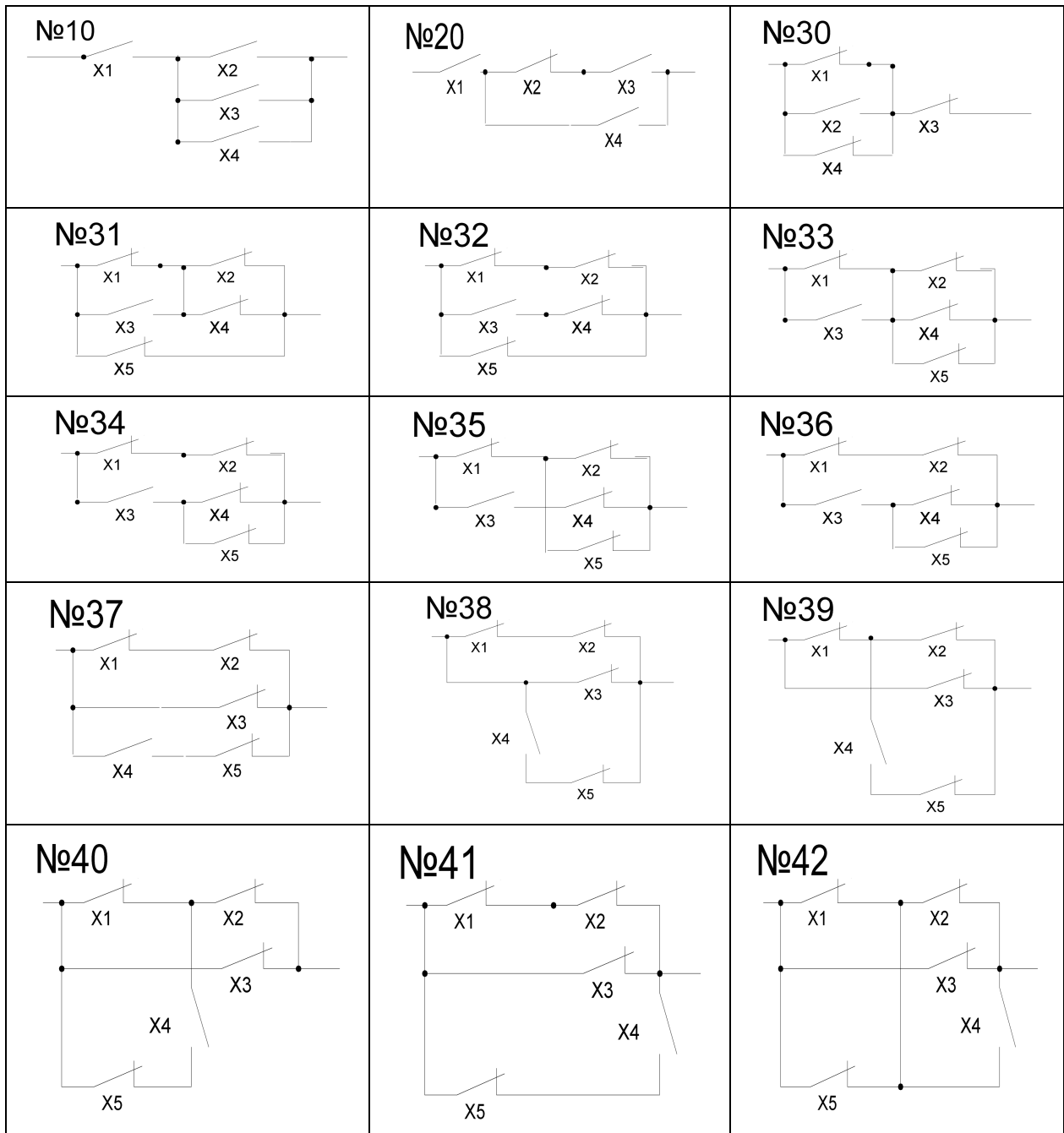
Тип датчика	Робочий діапазон, град.	R <sub>0</sub> ,(0°C) Ом	I <sub>T MAX</sub> , mA	Межа допустимих відхилень, град., dT	Коефіцієнт W <sub>0</sub>
TSM-50M	-50...120	50	5	+/(0,15 – 0,002t)	1,428
TSM-100M	-50...180	100	5	+/(0,25 – 0,0035t)	1,428
TСП-Pt100	0...100	100	1	+/(0,10 – 0,001t)	1,385
TСП-Pt1000	-30...350	180	1	+/(0,15 – 0,002t)	1,385
TСП-50П	-196...600	50	5	+/(0,30 – 0,005t)	1,391

**Таблиця А.6 – Ряди номінальних величин опорів резисторів і місткостей конденсаторів загального застосування**

Рядок величин	Номінальні значення (одиниці, десятки Ом, кОм, мОм, гОм, пФ, мкФ, Ф)						Допустимі відхилення від номінального значення, %
E6	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	+/-20
E12	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	+/-10
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	+/-10
E24	1	1,5	2,2	3,3	4,7	6,8	+/-5
	1,1	1,6	2,4	3,6	5,1	7,5	+/-5
	1,2	1,8	2,7	3,9	5,6	8,2	+/-5
	1,3	2	3	4,3	6,2	9,1	+/-5

**Таблиця А.7 – Варіанти завдання**

<p><b>№ 01</b></p> 	<p><b>№ 11</b></p> 	<p><b>№ 21</b></p> 
<p><b>№ 02</b></p> 	<p><b>№ 12</b></p> 	<p><b>№ 22</b></p> 
<p><b>№ 03</b></p> 	<p><b>№ 13</b></p> 	<p><b>№ 23</b></p> 
<p><b>№ 04</b></p> 	<p><b>№ 14</b></p> 	<p><b>№ 24</b></p> 
<p><b>№ 05</b></p> 	<p><b>№ 15</b></p> 	<p><b>№ 25</b></p> 
<p><b>№ 06</b></p> 	<p><b>№ 16</b></p> 	<p><b>№ 26</b></p> 
<p><b>№ 07</b></p> 	<p><b>№ 17</b></p> 	<p><b>№ 27</b></p> 
<p><b>№ 08</b></p> 	<p><b>№ 18</b></p> 	<p><b>№ 28</b></p> 
<p><b>№ 09</b></p> 	<p><b>№ 19</b></p> 	<p><b>№ 29</b></p> 



**Таблица А.8 - Об'єктний код фрагмента програми**

ADDR	CODE															
<u>0200 &gt;&gt;</u>	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F<<01FF
0200	CD	B9	F8	CB	5D	B4	2F	32	33	04	21	C3	7E	22	3D	B4
0210	CD	18	F8	C3	1C	01	21	D0	01	CD	18	F8	21	0D	B1	CD
0220	18	F8	21	43	B2	C0	18	F8	CD	03	F8	FE	31	CA	49	00
0230	1B	39	2C	34	20	2B	77	79	62	63	72	69	74	65	20	69
0240	67	6F	72	6F	73	74	78	3A	20	20	2E	11	39	21	39	38
0250	31	20	70	20	4F	2B	62	20	63	2B	64	2B	69	21	74	2B
0260	32	20	20	6B	6F	6E	65	63	2B	2D	2B	22	33	22	2B	2B
0270	00	11	59	20	22	00	1B	59	20	5E	01	05	21	6E	30	0A
0280	CD	18	F8	CD	F7	B2	4C	CD	09	F8	40	CD	09	F8	CD	21
0290	F8	C2	1D	02	C9	A7	CA	D0	02	11	00	00	36	00	19	00
02A0	7E	FE	2A	C8	FE	21	C8	FE	38	C8	18	C9	0A	A7	CA	F3
02B0	02	3D	02	1E	2A	73	C9	2A	8D	02	0E	10	7C	29	E6	60
02C0	EA	04	03	23	00	C2	FC	02	7C	PE	20	FA	FC	02	22	80
02D0	02	C9	A7	01	A0	C2	1A	03	01	A1	E6	0F	11	01	00	FE
02E0	81	C8	11	40	00	FE	06	C8	13	FE	07	C8	13	FE	03	C8
02F0	11	11	FF	FE	0C	C8	13	FE	00	C8	13	FE	09	C8	11	FF
0300	FP	FE	0C	C8	13	C9	3E	3A	32	30	7E	32	7E	76	C9	C3
0310	0E	07	C0	09	F8	C0	09	F8	C1	C9	63	2A	37	04	21	70
0320	14	C2	5E	03	E1	C9	3A	8F	02	02	C0	4F	03	C9	AF	C0
0330	12	03	2A	3D	04	3A	39	04	06	76	CD	06	02	C2	83	03
0340	2A	3D	04	22	3D	04	01	39	04	F5	CC	66	03	0E	3A	3A
0350	33	04	A7	CA	98	03	0E	7F	F1	19	01	31	04	CC	98	02
0360	01	39	04	1E	24	CD	EC	02	3A	31	04	E3	CD	1E	F8	E3
0370	21	81	02	C0	18	F8	3A	31	04	CD	13	F8	E1	03	11	18
0380	1D	19	D1	22	42	02	21	40	02	CD	18	F8	E1	CD	3A	03
0390	3A	51	04	4F	C9	3E	01	C0	12	03	2A	5F	04	3A	3A	04
03A0	06	24	C0	06	02	C2	E1	03	2A	3F	04	22	3F	04	01	3A
03B0	04	F3	CC	66	03	0E	3A	3A	33	04	A7	CA	00	04	0E	7F
03C0	F1	19	01	3C	04	CC	98	02	01	3A	04	1E	76	CD	EC	02
03D0	3A	3C	04	ES	CD	1E	F8	E3	21	86	02	C0	18	F8	3A	3C
03E0	04	CD	13	F8	E1	D3	11	18	ID	19	01	22	42	02	21	40
03F0	02	CD	18	F8	E1	CD	5A	03	3A	3C	04	4F	C9	3E	91	D3
0400	A3	AF	32	39	04	32	3A	04	32	31	04	32	3C	04	C9	0E
0410	3A	8F	02	C0	4F	03	C9	AF	C0	03	2A	3D	04	3A	39	04
0420	23	21	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF	FF

Приклади: addr 0201 → code B9; 03fE -> 91 и т.д.

Фрагмент addr <b>0381 – 0387 →</b>	19	D1	22	42	02
---------------------------------------	----	----	----	----	----



**Таблиця А.9 – Система команд мікропроцесора KR580 (Z80)**

Мнемокод	Код операції	Кількість		Зміст команди
		циклів	тактів	
				<b>Пересилання:</b>
MOV A,A	7F	1	4	(A)←(A)
MOV A,B	78	1	4	(A)←(B)
MOV A,C	79	1	4	(A)←(C)
MOV A,D	7A	1	4	(A)←(D)
MOV A,E	7B	1	4	(A)←(E)
MOV A,H	7C	1	4	(A)←(H)
MOV A,L	7D	1	4	(A)←(L)
MOV A,M	7E	2	7	(A)←(M(H,L))
MOV B,A	47	1	4	(B)←(A)
MOV B,B	40	1	4	(B)←(B)
MOV B,C	41	1	4	(B)←(C)
MOV B,D	42	1	4	(B)←(D)
MOV B,E	43	1	4	(B)←(E)
MOV B,H	44	1	4	(B)←(H)
MOV B,L	45	1	4	(B)←(L)
MOV B,M	46	2	7	(B)←(M(H,L))
MOV C,A	4F	1	4	(C)←(A)
MOV C,B	48	1	4	(C)←(B)
MOV C,C	49	1	4	(C)←(C)
MOV C,D	4A	1	4	(C)←(D)
MOV C,E	4B	1	4	(C)←(E)
MOV C,H	4C	1	4	(C)←(H)
MOV C,L	4D	1	4	(C)←(L)
MOV C,M	4E	2	7	(C)←(M(H,L))
MOV D,A	57	1	4	(D)←(A)
MOV D,B	50	1	4	(D)←(B)
MOV D,C	51	1	4	(D)←(C)
MOV D,D	52	1	4	(D)←(D)
MOV D,E	53	1	4	(D)←(E)
MOV D,H	54	1	4	(D)←(H)
MOV D,L	55	1	4	(D)←(L)
MOV D,M	56	2	7	(D)←(M(H,L))
MOV E,A	5F	1	4	(E)←(A)
MOV E,B	58	1	4	(E)←(B)
MOV E,C	59	1	4	(E)←(C)
MOV E,D	5A	1	4	(E)←(D)
MOV E,E	5B	1	4	(E)←(E)
MOV E,H	5C	1	4	(E)←(H)
MOV E,L	5D	1	4	(E)←(L)

Мнемокод	Код операції	Кількість		Зміст команди
		циклів	тактів	
MOV E,M	5E	2	7	(E)←(M(H,L))
MOV H,A	67	1	4	(H)←(A)
MOV H,B	60	1	4	(H)←(B)
MOV H,C	61	1	4	(H)←(C)
MOV H,D	62	1	4	(H)←(D)
MOV H,E	63	1	4	(H)←(E)
MOV H,H	64	1	4	(H)←(H)
MOV H,L	65	1	4	(H)←(L)
MOV H,M	66	2	7	(H)←(M(H,L))
MOV L,A	6F	1	4	(L)←(A)
MOV L,B	68	1	4	(L)←(B)
MOV L,C	69	1	4	(L)←(C)
MOV L,D	6A	1	4	(L)←(D)
MOV L,E	6B	1	4	(L)←(E)
MOV L,H	6C	1	4	(L)←(H)
MOV L,L	6D	1	4	(L)←(L)
MOV L,M	6E	2	7	(L)←(M(H,L))
MOV M,A	77	2	7	(M(H,L))←(A)
MOV M,B	70	2	7	(M(H,L))←(B)
MOV M,C	71	2	7	(M(H,L))←(C)
MOV M,D	72	2	7	(M(H,L))←(D)
MOV M,E	73	2	7	(M(H,L))←(E)
MOV M,H	74	2	7	(M(H,L))←(H)
MOV M,L	75	2	7	(M(H,L))←(L)
MVI A, B <sub>2</sub> (data)	3E	2	7	(A)←B <sub>2</sub>
MVI B, B <sub>2</sub> (data)	06	2	7	(B)←B <sub>2</sub>
MVI C, B <sub>2</sub> (data)	0E	2	7	(C)←B <sub>2</sub>
MVI D, B <sub>2</sub> (data)	16	2	7	(D)←B <sub>2</sub>
MVI E, B <sub>2</sub> (data)	1E	2	7	(E)←B <sub>2</sub>
MVI H, B <sub>2</sub> (data)	26	2	7	(H)←B <sub>2</sub>
MVI L, B <sub>2</sub> (data)	2E	2	7	(L)←B <sub>2</sub>
MVI M, B <sub>2</sub> (data)	36	3	10	(M(H,L))←B <sub>2</sub>
LXI B, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> (data)	01	3	10	(B, C)←B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>
LXI D, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> (data)	11	3	10	(D, C)←B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>
LXI H, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> (data)	21	3	10	(H, C)←B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>
LXI SP, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub> (data)	31	3	10	(SP)←B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>
LDAX B	0A	2	7	(A)←(M(B,C))
LDAX D	1A	2	7	(A)←(M(D,E))
LHLD B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	2A	5	16	(H, L)←(M(B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> ))
LDA B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	3A	4	13	(A)←(M(B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> ))
STA B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	32	3	13	M(B <sub>3</sub> B <sub>2</sub> )←(A)
STAX B	02	1	7	M(B, C)←(A)

Мнемокод	Код операції	Кількість		Зміст команди
		циклів	тактів	
STAX D	12	1	7	$M(D, E) \leftarrow (A)$
				<b>Арифметичне складання:</b>
ADD A	87	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (A)$
ADD B	80	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (B)$
ADD C	81	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (C)$
ADD D	82	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (D)$
ADD E	83	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (E)$
ADD H	84	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (H)$
ADD L	85	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (L)$
ADD M	86	2	7	$(A) \leftarrow (A) + (M(H, L))$
ADC A	8F	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (A) + C$
ADC B	88	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (B) + C$
ADC C	89	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (C) + C$
ADC D	8A	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (D) + C$
ADC E	8B	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (E) + C$
ADC H	8C	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (H) + C$
ADC L	8D	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (L) + C$
ADC M	8E	1	4	$(A) \leftarrow (A) + (M(H, L)) + C$
				<b>Арифметичне віднімання:</b>
SUB A	97	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (A)$
SUB B	90	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (B)$
SUB C	91	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (C)$
SUB D	92	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (D)$
SUB E	93	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (E)$
SUB H	94	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (H)$
SUB L	95	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (L)$
SUB M	96	2	7	$(A) \leftarrow (A) - (M(H, L))$
SBB A	9F	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (A) - C$
SBB B	98	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (B) - C$
SBB C	99	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (C) - C$
SBB D	9A	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (D) - C$
SBB E	9B	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (E) - C$
SBB H	9C	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (H) - C$
SBB L	9D	1	4	$(A) \leftarrow (A) - (L) - C$
SBB M	9E	2	7	$(A) \leftarrow (A) - (M(H, L)) - C$
				<b>Подвійне складання:</b>
DAD B	09	3	10	$(H, L) \leftarrow (H, L) + (B, C)$
DAD D	19	3	10	$(H, L) \leftarrow (H, L) + (D, E)$
DAD H	29	3	10	$(H, L) \leftarrow (H, L) + (H, L)$
DAD SP	39	3	10	$(H, L) \leftarrow (H, L) + (SP)$
				<b>Збільшення на одиницю:</b>
INR A	3C	1	4	$(A) \leftarrow (A) + 1$

Мнемокод	Код операції	Кількість		Зміст команди
		циклів	тактів	
INR B	04	1	4	$(B) \leftarrow (B)+1$
INR C	0C	1	4	$(C) \leftarrow (C)+1$
INR D	14	1	4	$(D) \leftarrow (D)+1$
INR E	1C	1	4	$(E) \leftarrow (E)+1$
INR H	24	1	4	$(H) \leftarrow (H)+1$
INR L	2C	1	4	$(L) \leftarrow (L)+1$
INR M	34	3	10	$(M(H, L)) \leftarrow (M(H, L))+1$
INX B	03	1	6	$(B, C) \leftarrow (B, C)+1$
INX D	13	1	6	$(D, E) \leftarrow (D, E)+1$
INX H	23	1	6	$(H, L) \leftarrow (H, L)+1$
INX SP	33	1	6	$(SP) \leftarrow (SP)+1$
				<b>Зменшення на одиницю:</b>
DCR A	3D	1	4	$(A) \leftarrow (A)-1$
DCR B	05	1	4	$(B) \leftarrow (B)-1$
DCR C	0D	1	4	$(C) \leftarrow (C)-1$
DCR D	15	1	4	$(D) \leftarrow (D)-1$
DCR E	1D	1	4	$(E) \leftarrow (E)-1$
DCR H	25	1	4	$(H) \leftarrow (H)-1$
DCR L	2D	1	4	$(L) \leftarrow (L)-1$
DCR M	35	3	10	$(M(H, L)) \leftarrow (M(H, L))-1$
DCX B	0B	1	6	$(B, C) \leftarrow (B, C)-1$
DCX D	1B	1	6	$(D, E) \leftarrow (D, E)-1$
DCX H	2B	1	6	$(H, L) \leftarrow (H, L)-1$
DCX SP	3B	1	6	$(SP) \leftarrow (SP)-1$
DAA	27	1	4	Десяткова корекція акумулятора
				<b>Інвертування акумулятора:</b>
CMA	2F	1	4	$(\overline{A}) \leftarrow (A)$
				<b>Встановити біт переносу:</b>
STC	37	1	4	$C \leftarrow 1$
				<b>Інвертування переносу:</b>
CMC	3F	1	4	$\overline{C} \leftarrow C$
				<b>Зсув:</b>
RLC	07	1	4	вліво з переносом
RRC	17	1	4	вправо з переносом
RAL	17	1	4	циклічний улів
RAR	1F	1	4	циклічний управо
				<b>Логічне множення:</b>
ANA A	A7	1	4	$(A) \leftarrow (A) \wedge (A)$
ANA B	A0	1	4	$(A) \leftarrow (A) \wedge (B)$
ANA C	A1	1	4	$(A) \leftarrow (A) \wedge (C)$
ANA D	A2	1	4	$(A) \leftarrow (A) \wedge (D)$

Мнемокод	Код операції	Кількість		Зміст команди
		циклів	тактів	
ANA E	A3	1	4	$(A) \leftarrow (A) \wedge (E)$
ANA H	A4	1	4	$(A) \leftarrow (A) \wedge (H)$
ANA L	A5	1	4	$(A) \leftarrow (A) \wedge (L)$
ANA M	A6	2	7	$(A) \leftarrow (A) \wedge (M(H, L))$
				<b>Виключно АБО:</b>
XRA A	AF	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (A)$
XRA B	A8	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (B)$
XRA C	A9	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (C)$
XRA D	AA	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (D)$
XRA E	AB	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (E)$
XRA H	AC	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (H)$
XRA L	AD	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (L)$
XRA M	AE	2	7	$(A) \leftarrow (A) \vee (M(H, L))$
				<b>Логічне АБО:</b>
ORA A	B7	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (A)$
ORA B	B0	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (B)$
ORA C	B1	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (C)$
ORA D	B2	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (D)$
ORA E	B3	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (E)$
ORA H	B4	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (H)$
ORA L	B5	1	4	$(A) \leftarrow (A) \vee (L)$
ORA M	B6	2	7	$(A) \leftarrow (A) \vee (M(H, L))$
				<b>Порівняти:</b>
CMP A	BF	1	4	$(A) - (A)$
CMP B	B8	1	4	$(A) - (B)$
CMP C	B9	1	4	$(A) - (C)$
CMP D	BA	1	4	$(A) - (D)$
CMP E	BB	1	4	$(A) - (E)$
CMP H	BC	1	4	$(A) - (H)$
CMP L	BD	1	4	$(A) - (L)$
CMP M	BE	1	4	$(A) - (M(H, L))$
				<b>Безпосередні дії:</b>
ADI B <sub>2</sub> (data)	C6	2	7	$(A) \leftarrow (A) + B_2$
ACI B <sub>2</sub> (data)	CE	2	7	$(A) \leftarrow (A) + B_2 + C$
SUI B <sub>2</sub> (data)	D6	2	7	$(A) \leftarrow (A) - B_2$
SBI B <sub>2</sub> (data)	DE	2	7	$(A) \leftarrow (A) - B_2 - C$
ANI B <sub>2</sub> (data)	E6	2	7	$(A) \leftarrow (A) \wedge B_2$
XRI B <sub>2</sub> (data)	EE	2	7	$(A) \leftarrow (A) \vee B_2$
ORI B <sub>2</sub> (data)	F6	2	7	$(A) \leftarrow (A) \vee B_2$
CPI B <sub>2</sub> (data)	FE	2	7	$(A) - B_2$
JMP B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	C3	3	10	Перехід за адресою B <sub>3</sub> B <sub>2</sub>
				<b>Перехід якщо:</b>

Мнемокод	Код операції	Кількість		Зміст команди
		циклів	тактів	
JNZ B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	C2	2/3	7/10	не нуль (Z=0)
JZ B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	CA	2/3	7/10	нуль (Z=1)
JNC B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	D2	2/3	7/10	немає переносу (C=0)
JC B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	DA	2/3	7/10	є перенос (C=1)
JPO B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	E2	2/3	7/10	непарність (P=0)
JPE B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	EA	2/3	7/10	парність (P=1)
JP B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	F2	2/3	7/10	додатність (S=0)
JM B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	FA	2/3	7/10	від'ємність (S=1)
PCHL	E9	1	6	(PC) ← (H,L)
CALL B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	CD	5	17	Виклик підпрограми
				<b>Виклик підпрограми якщо:</b>
CNZ B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	C4	2/5	9/18	не нуль (Z=0)
CZ B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	CC	2/5	9/18	нуль (Z=1)
CNC B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	D4	2/5	9/18	немає переносу (C=0)
CC B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	DC	2/5	9/18	є перенос (C=1)
CPO B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	E4	2/5	9/18	непарність (P=0)
CPE B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	EC	2/5	9/18	парність (P=1)
CP B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	F4	2/5	9/18	додатність (S=0)
CM B <sub>2</sub> B <sub>3</sub> (addr)	FC	2/5	9/18	від'ємність (S=1)
RET	C9	3	10	Повернення з підпрограми
				<b>Повернення з підпрограми якщо:</b>
RNZ	C0	1/3	6/12	не нуль (Z=0)
RZ	C8	1/3	6/12	нуль (Z=1)
RNC	D0	1/3	6/12	немає переносу (C=0)
RC	D8	1/3	6/12	є перенос (C=1)
RPO	E0	1/3	6/12	непарність (P=0)
RPE	E8	1/3	6/12	парність (P=1)
RP	F0	1/3	6/12	додатність (S=0)
RM	F8	1/3	6/12	від'ємність (S=1)
RST 0	C7	3	12	Переривання
RST 1	CA	3	12	-//-
RST 2	B7	3	12	-//-
RST 3	BA	3	12	-//-
RST 4	E7	3	12	-//-
RST 5	EF	3	12	-//-
RST 6	F7	3	12	-//-
RST 7	FF	3	12	-//-
				<b>Операції із стеком:</b>
PUSH B	C5	3	11	помістити до стеку
PUSH D	D5	3	11	-//-

Мнемокод	Код операції	Кількість		Зміст команди
		циклів	тактів	
PUSH H	E5	3	11	-//-
PUSH PSW	F5	3	11	-//-
POP B	C1	3	10	добути із стеку
POP D	D1	3	10	-//-
POP H	E1	3	10	-//-
POP PSW	F1	3	10	-//-
XTHL	E3	5	16	обмін вершини стеку з H,L
XTHG	EB	5	16	
SPHL	F9	1	6	(SP)←(H, L)
OUT B <sub>2</sub> (port)	D3	3	10	вивід даних
IN B <sub>2</sub> (port)	DB	3	10	ввод даних
DI	F3	1	4	переривання заборонено
EI	FD	1	4	переривання дозволено
NOP	00	1	4	немає операції
HLT	76	1	7	зупинка

Примітка: A – регістр акумулятор; B, C, D, E, H, L – регістри загального призначення; B,C; D,E; H,L – регістрові пари; M – комірка пам'яті; SP – показник стеку; PC – лічильник команд; PSW – слово стану програми; Z, C, P, S – біти регістру ознак.

**Таблиця А.10 – Таблиця визначення команд за об’єктним кодом**

СТЦ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
<b>0</b>	NOP	LXI B, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	STAX B	INX B	INR B	DCR B	MVI B, B <sub>2</sub>	RLC	-	DAD B	LDAX B	DCX B	INR C	DCR C	MVI C, B <sub>2</sub>	RRC
<b>1</b>	-	LXI D, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	STAX D	INX D	INR D	DCR D	MVI D, B <sub>2</sub>	RAL	-	DAD D	LDAX D	DCX D	INR E	DCR E	MVI E, B <sub>2</sub>	RAR
<b>2</b>	-	LXI H, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	SHLD B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	INX H	INR H	DCR H	MVI H, B <sub>2</sub>	DAA	-	DAD H	LHLD B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	DCX H	INR L	DCR L	MVI L, B <sub>2</sub>	CMA
<b>3</b>	-	LXI SP, B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	STA B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	INX SP	INR M	DCR M	MVI M, B <sub>2</sub>	STC	-	DAD SP	LDA B <sub>2</sub> , B <sub>3</sub>	DCX SP	INR A	DCR A	MVI A, B <sub>2</sub>	CMC
<b>4</b>	MOV B, B	MOV B, C	MOV B, D	MOV B, E	MOV B, H	MOV B, L	MOV B, M	MOV B, A	MOV C, B	MOV C, C	MOV C, D	MOV C, E	MOV C, H	MOV C, L	MOV C, M	MOV C, A
<b>5</b>	MOV D, B	MOV D, C	MOV D, D	MOV D, E	MOV D, H	MOV D, L	MOV D, M	MOV D, A	MOV E, B	MOV E, C	MOV E, D	MOV E, E	MOV E, H	MOV E, L	MOV E, M	MOV E, A
<b>6</b>	MOV H, B	MOV H, C	MOV H, D	MOV H, E	MOV H, H	MOV H, L	MOV H, M	MOV H, A	MOV L, B	MOV L, C	MOV L, D	MOV L, E	MOV L, H	MOV L, L	MOV L, M	MOV L, A
<b>7</b>	MOV M, B	MOV M, C	MOV M, D	MOV M, E	MOV M, H	MOV M, L	HLT	MOV M, A	MOV A, B	MOV A, C	MOV A, D	MOV A, E	MOV A, H	MOV A, L	MOV A, M	MOV A, A
<b>8</b>	ADD B	ADD C	ADD D	ADD E	ADD H	ADD L	ADD M	ADD A	ADC B	ADC C	ADC D	ADC E	ADC H	ADC L	ADC M	ADC A
<b>9</b>	SUB B	SUB C	SUB D	SUB E	SUB H	SUB L	SUB M	SUB A	SBB B	SBB C	SBB D	SBB E	SBB H	SBB L	SBB M	SBB A
<b>A</b>	ANA B	ANA C	ANA D	ANA E	ANA H	ANA L	ANA M	ANA A	XRA B	XRA C	XRA D	XRA E	XRA H	XRA L	XRA M	XRA A
<b>B</b>	ORA B	ORA C	ORA D	ORA E	ORA H	ORA L	ORA M	ORA A	CMP B	CMP C	CMP D	CMP E	CMP H	CMP L	CMP M	CMP A
<b>C</b>	RNZ	POP B	JNZ B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	JMP B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	CNZ B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	PUSH B	ADI B <sub>2</sub>	RST 0	RZ	RET	JZ B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	-	CZ B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	CALL B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	ACI B <sub>2</sub>	RST 1
<b>D</b>	RNC	POP D	JNC B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	OUT B <sub>2</sub>	CNC B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	PUSH D	SUI B <sub>2</sub>	RST 2	RC	-	JC B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	IN B <sub>2</sub>	CC B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	-	SBI B <sub>2</sub>	RST 3
<b>E</b>	RPO	POP H	JPO B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	XTHL	CPO B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	PUSH H	ANI B <sub>2</sub>	RST 4	RPE	PCHL	JPE B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	XCHG	CPE B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	-	XRI B <sub>2</sub>	RST 5
<b>F</b>	RP	POP SW	JP B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	DI	CP B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	PUSH PSW	ORI B <sub>2</sub>	RST 6	RM	SPHL	JM B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	EI	CM B <sub>2</sub> B <sub>3</sub>	-	CPI B <sub>2</sub>	RST 7



*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації  
до виконання лабораторних робіт  
із навчальних дисциплін

**МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ,  
МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ,  
МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ  
ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ,  
МІКРОПРОЦЕСОРНІ ПРИСТРОЇ В ЕЛЕКТРОМЕХАНОТРОННИХ  
СИСТЕМАХ,  
ДИСКРЕТНІ ТА ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ»,  
АНАЛОГОВІ ТА ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ,  
ДИСКРЕТНІ ТА ЦИФРОВІ ПРИСТРОЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ  
ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ**

*(для студентів 3–5 курсів усіх форм навчання за спеціальністю  
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка)*

Відповідальний за випуск *Ю. П. Бархаєв*

Укладачі : **ЄСАУЛОВ** Сергій Михайлович,  
**БАБІЧЕВА** Ольга Федорівна

*За авторською редакцією*  
Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2017 поз.141 М

---

Підп. до друку 09.11.2017. Формат 60 x 84/16

Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 4,7

Тираж 50 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.