

Шаблон за версією 02  
Затверджено наказом  
№ 0298-І від 17.04.2023 р.

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

## Сумський державний університет

Класичний фаховий коледж

(повна назва інституту/факультету)

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(Ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 2023\_\_ р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 171 Електроніка

(код та назва)

освітньо-професійної програми Електронні інформаційні системи  
(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Розробка електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення

Здобувача групи ЕІз-91к Старовойт Богдан Григорович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Богдан Старовойт

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник, старший викладач канд. техн., наук, доцент

Микола Матвієнко

\_\_\_\_\_ (підпис)

Конотоп – 2023

## АНОТАЦІЯ

**Обґрунтуванням актуальності теми** є оволодіння новим принципом проектування електронних схем з використанням алгоритмів і математичних моделей для побудови електронних схем з мінімальною кількістю елементів пам'яті та логічних елементів, що дозволяє виконати схему надзвичайно простою з використанням засобів мікроелектроніки.

**Відповідно до мети в роботі вирішувалися такі задачі:**

- виконаний аналіз схем керування провітрюванням промислових приміщень;
- розроблений алгоритм керування провітрюванням промислового приміщення;
- розроблена абстрактна і структурна математичні моделі роботи електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення;
- на основі структурної схеми отримані канонічні рівняння роботи схеми керування провітрюванням промислового приміщення;
- вибрана сучасна елементна база для реалізації канонічних рівнянь схеми керування провітрюванням промислового приміщення;
- побудована схема управління на програмованих логічних елементах (ПЛМ);
- розроблена програма роботи схеми керування провітрюванням промислового приміщення.

**Мета роботи** полягає у розробці сучасної електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення.

Відповідно до мети, вирішувалася задача розробки сучасної схеми управління з використанням засобів програмуємої мікроелектроніки.

При виконанні роботи використовувалися теорія алгоритмів, математична логіка, теорія скінченних автоматів, теорія програмування програмуємих логічних матриць.

**Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи** є отримання мінімальних канонічних рівнянь згідно отриманого алгоритму роботи схеми управління.

Робота викладена на 32 сторінках, у тому числі включає 8 рисунків, 3 таблиці, список цитованої літератури із 11 джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** ЕЛЕКТРОННА СХЕМА, ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, КОНДИЦІОНУВАННЯ, ПРОВІТРЮВАННЯ, ПРОМИСЛОВЕ ПРИМІЩЕННЯ, ПРОГРАМУЄМА ЛОГІЧНА МАТРИЦЯ (ПЛМ), ПРОГРАМУВАННЯ (ПЛМ). МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, ЛОГІЧНІ РІВНЯННЯ.

стор.

**ВСТУП**.....4

**РОЗДІЛ 1. КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ**.....5

1.1. Класифікація методів вентиляції .....5

1.2. Кондиціонування при провітрюванні промислових приміщень .....7

1.3. Аналіз керування провітрюванням промислових приміщень.....9

**РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ РОБОТИ ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ** .....11

2.1. Аналіз об'єкту, розробка алгоритму роботи електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення.....11

2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення.....13

2.3. Розробка структурної математичної моделі пристрою електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення .....17

2.4. Розробка логічних рівнянь роботи електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення .....	18
--	----

### **РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ.....21**

3.1. Аналіз та вибір елементної бази для побудови схеми електронного пристрою керування провітрюванням промислового приміщення.....	21
---	----

3.2 Принципи побудови вибраної ПЛМ.....	21
---	----

3.3. Рекомендації по програмуванню мікросхеми K556PT1.....	25
--	----

3.4. Розробка схеми електронного пристрою та програми реалізації його логічних рівнянь .....	26
--	----

<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>31</b>
----------------------	-----------

<b>СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....</b>	<b>31</b>
---	-----------

## **ВСТУП**

Здоров'я, працездатність, та самопочуття працівника на підприємстві в значній мірі визначаються умовами повітряного середовища де він працює.

Якщо говорити про фізіологічну дію на людину навколишнього повітря, то слід нагадати, що людина за добу споживає близько 3 кг їжі і 15 кг повітря . Що це за повітря, яка його свіжість і чистота, задушливо, жарко або холодно людині в промисловому приміщенні, багато в чому залежить від інженерних систем, спеціально призначених для забезпечення повітряного комфорту [3].

На сьогодні ми стаємо свідками зміни відношення людини до промислового приміщення де вона працює. Поступово приходять розуміння, що промислове приміщення - це складний організм, що повинен розвиватися за певними законами, щоб задовольняти зростаючі вимоги людини до комфорту, безпеки й економічно обґрунтованої функціональності. Це не є щось принципове нове, це давно забуті старі ідеї, спроектовані на сучасні ринкові умови й - досягнення будівельних, енергетичних, мікроелектронних й інформаційних технологій.

Тому провітрювання в промислових приміщеннях відіграє дуже важливу роль в житті кожної працюючої людини [6]. Актуальність цього явища і послужила причиною написання даної кваліфікаційної роботи, метою якої є розробка схеми електронного пристрою керування провітрюванням в промислових приміщеннях, що дасть можливість забезпечити значно ліпші комфортні умови життєдіяльності людини на промислових підприємствах.

## **РОЗДІЛ 1**

### **КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВЕНТИЛЯЦІЇ ПРОМИСЛОВИХ ПРИМІЩЕНЬ**

#### **1.1. Класифікація методів вентиляції**

Провітрюванням називають сукупність заходів і пристроїв, використовуваних при організації повітрообміну для забезпечення заданого стану повітряного середовища в промислових приміщеннях і на робочих місцях відповідно до СНІП (будівельні нормами).

При всій різноманітності провітрювання промислових приміщень з різними характеристиками технологічних процесів, видом шкідливих виділень і т. п., його можна класифікувати за такими характерними ознаками [ 3 ]:

1. За тиском при переміщенні повітря: з природним і штучним - механічним.
2. За призначенням: припливне і витяжне.
3. За обслуговуванням: місцеве і загальнообмінне.
4. За виконанням: каналне та безканалне.

#### **Природне провітрювання**

Таке переміщення повітря відбувається:

- унаслідок різниці температур зовнішнього (атмосферного) повітря і повітря в приміщенні;
- унаслідок різниці тиску «повітряного стовпа» між нижнім рівнем і верхнім рівнем — витяжним пристроєм;
- у результаті дії вітрового тиску.

## **Механічне провітрювання**

При механічному провітрюванні використовують устаткування і прилади (вентилятори, електродвигуни, калорифери, пиловловлювачі, автоматика і ін.), що дозволяє переміщати повітря на значні відстані. Таке провітрювання може подавати і видаляти повітря з локальних зон промислового приміщення у необхідній кількості, незалежно від умов навколишнього повітряного середовища, що змінюються. При необхідності таке повітря піддають різним видам обробки (очищенню, нагріванню, зволоженню і т. д.).

## **Припливне провітрювання**

Припливне провітрювання служить для подачі у вентилязоване приміщення чистого повітря замість видаленого. Припливне повітря в необхідних випадках піддається очищенню, нагріванню, зволоженню.

### **Припливні установки для провітрювання промислових приміщень**

Моноблочна припливна установка — це є готовною установкою при провітрюванні промислової установки, усі компоненти якої зібрані в одному шумоізолюваному корпусі. Завдяки такій конструкції моноблочні установки позбавилися від багатьох недоліків, властивим набірним установкам провітрювання. Невеликі розміри і низький рівень шуму дозволили розміщувати моноблочні пристрої промислового провітрювання безпосередньо в промислових приміщеннях, а підбір і регулювання усіх компонентів на етапі виробництва зробили непотрібним складне проектування і пускове налагодження при монтажі припливної установки.

### **Припливно-витяжне провітрювання**

Припливно-витяжне провітрювання — це ефективне провітрювання, що ґрунтується на заміні використаного в приміщенні повітря на свіже.. Це означає, що необхідно забезпечити приток свіжого повітря і витяжку застоюваного в промисловому приміщенні повітря. Припливне витяжне провітрювання ґрунтується на створенні двох зустрічних потоків. Таке провітрювання може бути створене або на основі незалежного

притоку і витяжки повітря - з власними вентиляторами, фільтрами і так далі, або на основі однієї відповідної установки, яка працює як на приток, так і на витяжку.

## **1.2. Кондиціонування при провітрюванні промислових приміщень**

**Кондиціонування повітря** — це створення і автоматична підтримка в закритих промислових приміщеннях усіх або деяких параметрів (температури, вологості, чистоти, швидкості руху повітря) на певному рівні з метою забезпечення оптимальних метеорологічних умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей при виробництві промислової продукції.

Кондиціонування повітря здійснюється комплексом технічних засобів, яке називають системою кондиціонування повітря (СКП). Автоматизована система кондиціонування підтримує задане повітря у приміщенні незалежно від коливань параметрів навколишнього середовища.

СКП призначені для підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам для працівників промислових приміщень [3,6].

Центральні СКП обладнуються центральними неавтономними кондиціонерами, які виготовляються по базовим схемам компоновки устаткування.

Не дивлячись на ряд переваг центральних СКП, треба відзначити, що великі габарити і проведення складних монтажних-будівельних робіт по установленню кондиціонерів, прокладанні воздуховодів і трубопроводів часто приводять до неможливості застосування їх для деяких промислових приміщень.

Місцеві СКП розробляють на базі автономних і неавтономних кондиціонерів, які встановлюють безпосередньо в обслуговуючих промислових приміщеннях приміщеннях.

Такі системи застосовуються:

- у існуючих адміністративних будівлях для підтримки теплового мікроклімату в окремих приміщеннях промислового застосування;

- у промислових будівлях, що прибудовуються будуються, режим споживання холоду в яких різко відрізняється від такого режиму в більшості інших приміщень, наприклад, в серверних і інших насичених тепловиділяючою технікою кімнатах. Подача свіжого повітря і видалення витяжного повітря при цьому виконується, як правило, центральними системами припливно-витяжної провітрювання;

- у промислових будівлях, що будуються, якщо підтримка оптимальних теплових умов потрібна в невеликому числі приміщень;

- у великих промислових приміщеннях які існують, так і будівель, що знов будуються: кафе, магазинах, проектних залах, аудиторіях.

Для автономного охолодження і осушення повітря вентилятор продуває рециркуляційне повітря через поверхневі повітроохолоджувачі, якими є випарники холодильних машин, а в перехідний і зимовий час вони можуть проводити підігрів повітря за допомогою електричних підігрівачів або шляхом реверсування роботи холодильної машини по циклу так званого «теплого насоса».

### **Неавтономні СКП підрозділяються на:**

- промислові приміщення, в які подається тільки повітря від міні-центрального кондиціонера, центрального кондиціонера;

- промислові приміщення, що кондиціонують, підводяться повітря і вода, що несуть тепло або холод, або те і інше разом.

Однозональні центральні СКП застосовуються для обслуговування великих приміщень з відносно рівномірним розподілом тепла, наприклад, великих залів кінотеатрів, аудиторій і так далі.

Багатозональні центральні СКП застосовують для обслуговування великих приміщень, в яких устаткування розміщене нерівномірно.

Класифікація кондиціонування повітря за принципом дії на прямоточні і рециркуляційні обумовлюється, головним чином, вимогами до комфортності,



умовами процесу виконання промислових робіт або технологічного виробництва, або техніко-економічними міркуваннями.

Центральні СКП з якісним регулюванням метеорологічних параметрів є широким рядом найбільш поширених, так званих одноканальних систем, у яких усе оброблене повітря при заданих кондиціях виходить з кондиціонера по одному каналу і поступає далі в одне або декілька промислових приміщень.

Двоканальні системи використовуються дуже рідко із-за складності регулювання, хоча і володіють деякими перевагами, зокрема, відсутністю в обслуговуваних приміщеннях теплообмінників, трубопроводів тепло-холодоносія.

### **1.3. Аналіз керування провітрюванням промислових приміщень**

Підтримка параметрів мікроклімату на заданому рівні завжди викликає необхідність керування процесами формування мікроклімату при зовнішніх і внутрішніх діях, які постійно змінюються. Промислові приміщення або окремі приміщення в ньому спільно з процесами перетворення енергії, що протікають, розглядають як об'єкт керування або регулювання. У даний час найбільше розповсюдження в промислових приміщеннях є провітрювання та кондиціонування повітря, яке отримало автоматичне регулювання параметрів мікроклімату з елементами машинного керування, якого часто буває достатньо при комфортному кондиціонуванні повітря у промислових приміщеннях.

Автоматичним регулюванням називається такий процес підтримки або зміни по заданому закону регульованих величин, який здійснюється без участі людини, за допомогою автоматичних регуляторів.

Регулюючий сигнал по відповідних каналах передається на виконавчий механізм регулюючого органу, який виробляє фізичні регулюючі дії на об'єкт регулювання. Вихідні регулюючі змінні автоматичного регулятора є вхідними змінними для об'єкту регулювання, який включає стосовно систем кондиціонування повітря апарати обробки повітря і приміщення, у якому під впливом внутрішніх і зовнішніх обурюючих дій, а також регулюючих дій, формуються параметри мікроклімату [ 7 ].

Найпростіші системи такого регулювання — це локальні системи або сукупність декількох локальних систем, зона дії яких обмежується одним або двома контурами стабілізації вихідних параметрів стану окремих підсистем. Кожна змінна такого стану визначається дією свого регулюючого органу.

Об'єкт регулювання характеризується значно більшою інерційністю в порівнянні з апаратами обробки повітря центральних кондиціонерів, через що зміна параметрів внутрішнього повітря відбуватиметься повільніше, ніж зміна параметрів припливного повітря при зовнішніх або регулюючих діях. Наприклад, зміна температури зовнішнього повітря або температури тепло-холодоносія через теплообмінні апарати СКП швидше позначатиметься на зміні температури припливного повітря, чим на зміні температури повітря в приміщенні.

Поява багатофункціональних мікропроцесорних контролерів і включення їх в ланцюжок «датчик — задатчик — пристрій, що управляє, — виконавчий механізм — регулюючий орган — об'єкт регулювання» як пристрій, що керує, системи автоматичного регулювання дозволило реалізувати елементарні операції машинного керування процесами, такі як індикація даних і стеження за ними для контролю безпеки, порівняння їх з нижньою і верхньою межами значень змінних з метою подачі сигналу регулювання на виконавчий механізм регулюючого пристрою, відключення або включення окремих елементів системи, а також подача сигналу тривоги, стабілізація параметрів, програмне автоматичне регулювання.

У системах автоматичного регулювання кондиціонування повітря застосовуються вільно програмовані контролери, які є програмованими цифровими приладами, що управляють, на основі мікропроцесорів. Вони складаються з базового блоку (безпосередньо контролера) і змінного електронного модуля, що визначає програму його роботи. Кожен змінний модуль містить електрично перепрограмований ПЗП (пристрій, що програмно-запам'ятовує), у який занесена заздалегідь програма роботи контролера, що реалізовує логіку керування системою кондиціонування повітря. Для кожної технологічної схеми запрограмовані оптимальні значення параметрів, які зводять до мінімуму роботи по наладці системи автоматичного регулювання. Якщо не знайдено стандартних рішень з наявної бібліотеки програм для модулів, то

необхідна програма для спеціального застосування може бути створена на спеціальній мові програмування, наприклад SAPIM (Structure and Parameter Identification Menu), для програмування контролерів, і записана в змінний електронний модуль з персонального комп'ютера.

Стан технологічного процесу зазвичай характеризується аналоговими сигналами, а мікропроцесор оперує тільки з дискретною інформацією, тому на вході і виході стоять відповідно аналого-цифрові (АЦП) і цифро-аналогові (ЦАП) перетворювачі. Програмне забезпечення, що реалізовує певний закон керування у контурі регулювання, забезпечує виконання наступних операцій: прочитування заданого і заміряного значення регульованою змінною, визначення їх різниці, множення різницевого сигналу на коефіцієнт підсилення, вироблення сигналу дії, що керує, при необхідності перетворення цифрового сигналу в аналоговий.

Вимоги до точності підтримки заданих параметрів мікроклімату варіюють у досить широких межах. Для комфортного кондиціонування повітря допустимі коливання температури внутрішнього повітря — до  $\pm 1$  ( $1,5$ ) $^{\circ}\text{C}$ , відносній вологості повітря до  $\pm 10\%$ ; для технологічного кондиціонування повітря — температура повітря до  $\pm 0,5$  ( $1$ ) $^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість до  $\pm 5\%$ ; для спеціальних систем — температура повітря до  $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість до  $\pm 2\%$ . Задовольняти надмірно жорсткі вимоги до якості регулювання далеко не завжди необхідно в промислових приміщеннях.

## РОЗДІЛ 2

### **РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ РОБОТИ ЕЛЕКТРОННОЇ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ**

#### **2.1. Аналіз об'єкту, розробка алгоритму роботи електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення**

Система загально - обмінного провітрювання з підігрівом та охолодженням повітря має виконувати наступні технологічні залежності [3]:

- включення у ручну або за розкладом на тиждень, із вибором температури витяжного повітря;

- блокування роботи витяжних вентиляторів разом із припливним;
- мати можливість підтримання температури витяжного повітря на заданому рівні на протязі року, регулюючи температуру припливного повітря шляхом зміни кількості теплоносія на калориферах;
- підігріву або охолодження, за допомогою 3-х ходових регулюючих вентилів з пропорційними електричними приводами;
- контролювати працездатність вентиляторів, засмічення фільтрів за диференційними датчиками тиску, із надходженням аварійного сигналу у разі виявлення несправності;
- мати захист водяного калориферу від заморожування за допомогою захисного капілярного термостату, та датчика температури на виході теплоносія із надходженням відповідного аварійного сигналу та блокуванням роботи;
- попередній прогрів калориферу ; затримка старту вентиляторів на час відкриття повітряної засувки.

Виходячи із таких функцій, словесний опис алгоритму провітрювання промислового приміщення згідно [1.2.3] можна записати у наступному вигляді:

1. У початковому стані обидва вентилятори, засувки, вентилялі на калорифері обігріву і калорифері охолодження закриті;
2. За сигналом датчика-таймера необхідно виконати автоматичне відкриття витяжної та приточної засувок;
3. Через 30с. повинен запуститися витяжний вентилятор;
4. Ще через (10с.) після запуску витяжного вентилятора, вмикається приточний вентилятор;
5. Після сигналу про відкриття обох засувок запускається калорифер обігріву або охолодження у залежності від температури повітря у приміщенні;
6. За сигналом датчика-таймера (закінчення роботи 22.00) виконується автоматична зупинка роботи;
7. Якщо при включенні витяжного вентилятора через 5с, у ньому не буде потрібного тиску, то система повинна перейти в режим вимкнення витяжного

вентилятора, приточної та витяжної засувки. Електронна схема повинна подати сигнал про причину аварії;

8. Якщо при включенні приточного вентилятора через 5с, у ньому не буде потрібного тиску, то пристрій повинен перейти в режим вимкнення приточного та витяжного вентилятора, приточної та витяжної засувки і електронна схема повинна подати сигнал про причину аварії;
9. Якщо через 20с від початку роботи витяжна засувка не відкрилась, то починається закриття засувки і виключення вентиляторів, з інформуванням про аварію;
10. Якщо через 20с від початку роботи приточна засувка не відкрилась, то розпочинається закриття засувки і виключення вентиляторів, з інформуванням про аварію.

## **2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення**

Користуючись словесним описом алгоритму абстрактна математична модель схеми електронного пристрою керування провітрюванням промислового приміщення матиме вигляд, наведений на рис. 2.2.1.



$D_3^{\text{Вит}}$  – датчик відкриття витяжної засувки;

$D_{\tau}^{22.00}$  – датчик-таймер вимкнення електронної схеми, встановлений на 20 годин;

$K_3^A$  – кнопка зняття аварії;

$K_{\text{СТОП}}$  – кнопка зупинки функціонування пристрою;

$D_3^{\text{ПО}}$  – датчик відкриття приточної засувки;

$D_3^{\text{ВО}}$  – датчик відкриття витяжної засувки;

$D^{27<}$  – сигнал від датчика на перевод пристрою у стан роботи калорифера на охолодження;

$D^{22>}$  – сигнал від датчика на переміщення пристрою у стан роботи калорифера на нагрів;

$D^{25}$  – сигнал від датчика на переміщення електронного пристрою у відключений стан роботи калорифера.

*для сигналів управління:*

$Z_3^{\text{ПО}}$  – сигнал відкриття приточної засувки;

$Z_3^{\text{ВО}}$  – сигнал відкриття витяжної засувки;

$Z_{\tau}^{60c}$  – сигнал таймера 60 секунд після подачі сигналу на включення датчика

$D_{\tau}^{60c}$ ;

$Z_{\text{вен}}^{\text{Вит}}$  – сигнал увімкнення витяжного вентилятора;

$Z_{\text{вен}}^{\text{Прит}}$  – сигнал увімкнення приточного вентилятора;

$Z_{\text{кал+}}$  – сигнал увімкнення калорифа на нагрів (підвищення температури);

$Z_{\text{кал-}}$  – сигнал увімкнення калорифа на охолодження (зниження температури);

$Z_3^{\text{ВЗ}}$  – сигнал закриття витяжної засувки;

$Z_3^{\text{ПЗ}}$  – сигнал закриття приточної засувки;

$Z_A^{\text{П}}$  – сигнал аварії приточної засувки;

$Z_A^B$  – сигнал аварії витяжної засувки;

$Z_A^{\text{внт}}$  – сигнал аварії витяжного вентилятора;

$Z_A^{\text{прнт}}$  – сигнал аварії приточного вентилятора;

Автоматичне керування провітрюванням промислового приміщення по абстрактній математичній моделі, рис.2.2.1, працює наступним чином. При досягненні 6 годин ранку відбувається автоматичне увімкнення електронного пристрою шляхом подачі сигналу від датчика  $D_t^{6,00}$  і пристрій із стану «0» переходить у стан «1». У стані «1» відбувається увімкнення у роботу електронного пристрою, відкриття проточної і витяжної засувки, а також увімкнення у роботу таймера з витримкою 20 секунд. При досягненні 20 секунд пристрій із стану «1» переходить у стан «2», де вмикається у роботу витяжний вентилятор і, якщо через 5 секунд вентилятор не досяг відповідного тиску, то пристрій переходить у стан «8» при цьому видається сигнал аварійної ситуації  $Z_A^{\text{внт}}$ . Але, якщо через 5 секунд роботи вентилятора тиск у роботі вентилятора з'явився, то через 80 секунд роботи вентилятора пристрій повинен перейти в стан «3», де видає сигнал на увімкнення приточного вентилятора  $Z_{\text{вен}}^{\text{прнт}}$ . Якщо в цей час температура повітря буде меншою 22 градусів, то пристрій переходить у стан «5», де включається калорифер на підігрів повітря і, якщо воно досягне 25 градусів, то пристрій повертається у стан «3». У цьому стані калорифер виключається. Якщо температура у приміщенні стане більше 27 градусів, то пристрій із цього стану перейде у стан «4». У цьому стані повинен увімкнутися калорифер охолодження повітря і якщо температура повітря знизиться до 25 градусів, то пристрій перейде у третій стан. При досягненні 22 годин вечора пристрій автоматично відмикається, переходячи в початковий стан «0».

Якщо у процесі роботи пристрою не спрацьовують датчики  $D_{\text{тиск}}^{\text{внт}}$ ,  $D_z^{\text{прнт}}$ ,  $D_{\text{тиск}}^{\text{прнт}}$ ,  $D_z^{\text{прнт}}$ , то пристрій переходить у стани «6», «7», «8», «9» виходячи на



аварію з видачею сигналу  $Z_A^{виг}$ ,  $Z_A^B$ ,  $Z_A^П$ ,  $Z_A^{прит}$ . Вихід із аварійного положення у початковий стан «0» відбувається за допомогою кнопки  $K_3^A$ , а зупинка роботи пристрою у будь-який час відбувається за допомогою кнопки зупинки роботи системи  $K_{стоп}$ .

### 2.3. Розробка структурної математичної моделі пристрою електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення

Для отримання структурної математичної моделі необхідно у відповідності з [2, 5, 10] закодувати стани абстрактної моделі. Кодування виконаємо двійковим нормальним кодом. Кількість розрядів такого знайдемо із виразу

$$n = \lceil \log_2 Q \rceil, \quad (2.3.1)$$

де  $Q$  – кількість станів абстрактної математичної моделі;

$n$  – кількість елементів пам'яті розрядів двійкового коду;

$\lceil \rceil$  – знак, який показує, що з отриманого результату необхідно взяти найбільше ціле додатне число.

Використовуючи вираз 2.3.1, отримаємо

$$n = 4$$

Тобто, для реалізації восьми станів абстрактного автомату необхідно використати три елементи пам'яті, наприклад, три  $RS$  - тригери. Для отримання структурної математичної моделі і логічних рівнянь необхідно закодувати стани абстрактної математичної моделі. Кодування має наступний вигляд:

0 → 0000;	1 → 0001;
2 → 0010;	3 → 0011;
4 → 0100;	5 → 0101;
6 → 0110;	7 → 0111;
8 → 1000;	9 → 1001;

Виходячи з вище описаного структурна математична модель матиме вигляд, приведений на рис. 2.3.1.

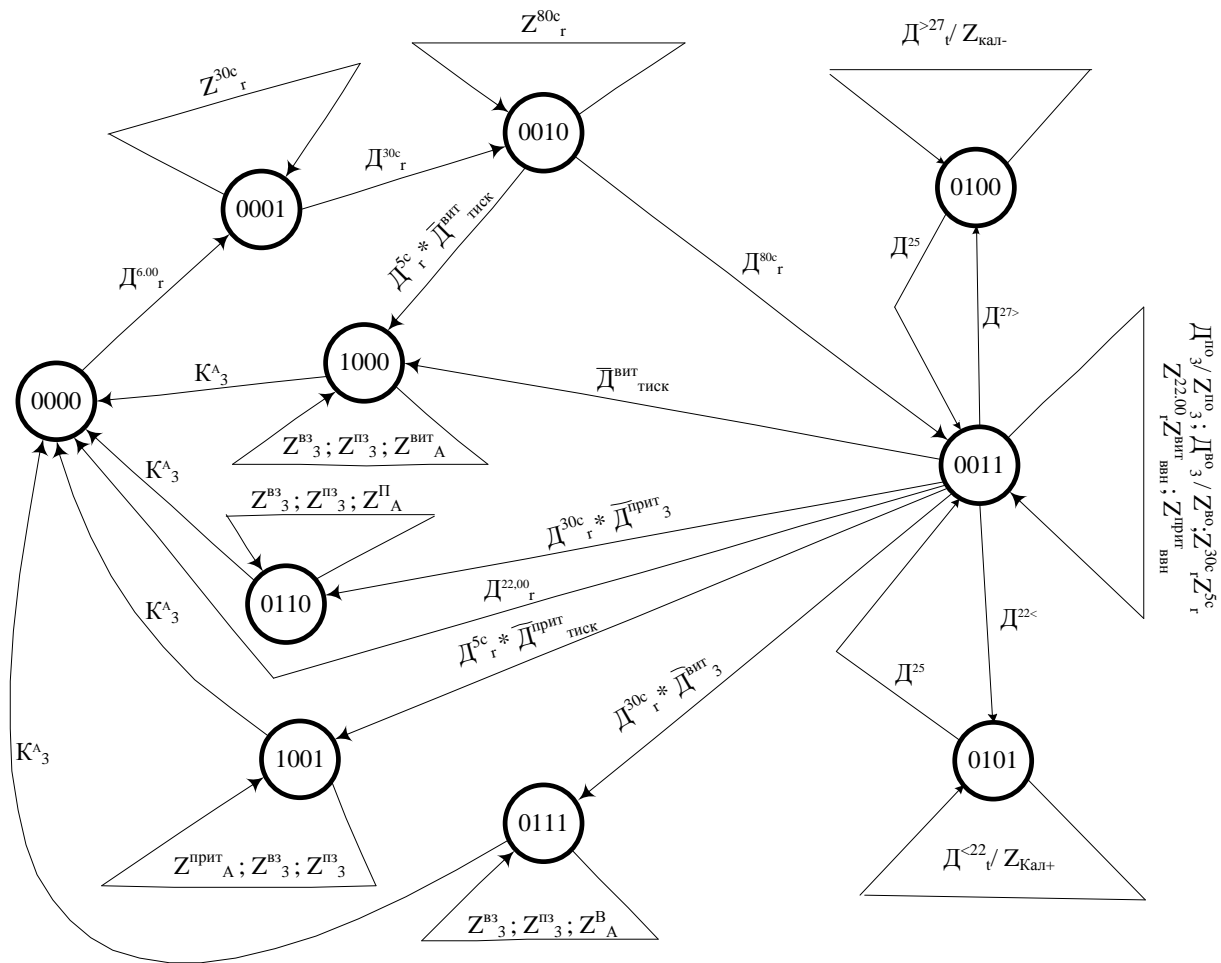


Рис. 2.3.1

## 2.4. Розробка логічних рівнянь роботи електронної схеми керування провітрюванням промислового приміщення

Згідно [4,8,9], по структурній моделі, будуюмо таблиці її переходів та виходів, табл.2.4.1, табл.2.4.2.

Таблиця 2.4.1

Таблиця переходів структурної математичної моделі

$Q_i \backslash D_i$	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001
$D_{\tau}^{6,00}$	0001	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$D_{\tau}^{30c}$	-	0010	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{80c}$	-	-	0011	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{5c} * \overline{D}_{\text{тиск}}^{\text{ВИТ}}$	-	-	0110	-	-	-	-	-	-	-
$\overline{D}_{\text{тиск}}^{\text{ВИТ}}$	-	-	-	1000	-	-	-	-	-	-
$D^{27>}$	-	-	-	0100	-	-	-	-	-	-
$D^{22<}$	-	-	-	0101	-	-	-	-	-	-
$D^{25}$	-	-	-	-	0011	0011	-	-	-	-
$D_{\tau}^{30c} * \overline{D}_3^{\text{ПРИТ}}$	-	-	-	0110	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{5c} * \overline{D}_{\text{тиск}}^{\text{ПРИТ}}$	-	-	-	1001	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{60c} * \overline{D}_3^{\text{ВИТ}}$	-	-	-	0111	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{22.00}$	-	-	-	0000	-	-	-	-	-	-
$K_3^A$	-	-	-	-	0000	0000	0000	0000	0000	0000
$K_{\text{СТОП}}$	-	-	-	0000	-	-	-	-	-	-

Користуючись таблицею переходів, табл. 2.4.1, знаходимо функції переходів структурного автомата. Функцію увімкнення позначимо:  $Y_1^1, Y_2^1, Y_3^1, Y_4^1$  а функцію вимкнення :  $Y_1^0, Y_2^0, Y_3^0, Y_4^0$ . Звідси канонічні рівняння роботи структурної математичної моделі матимуть вигляд:

$$y_1^1 = D_{\tau}^{6.00} \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_3 \vee D_{\tau}^{80c} \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_3 \cdot y_2 \vee D^{25} \cdot \overline{y}_4;$$

$$y_1^0 = D_{\tau}^{30c} \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_3 \cdot \overline{y}_2 \vee \overline{D}_{\text{тиск}}^{\text{ВИТ}} \cdot \overline{y}_3 \vee D^{27>} \cdot \overline{y}_4 \vee D_{\tau}^{30c} \cdot \overline{D}_3^{\text{ПРИТ}} \cdot \overline{y}_4 \cdot y_2 \vee \vee K_{\text{СТОП}} \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_3 \vee K_3^A \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_2 \vee K_3^A \cdot \overline{y}_4 \vee K_3^A \cdot \overline{y}_3 \cdot \overline{y}_2;$$

$$y_2^1 = D_{\tau}^{30c} \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_3 \vee D^{25} \cdot \overline{y}_4 \vee D^{25} \cdot \overline{y}_4 \cdot y_1;$$

$$y_2^0 = \overline{D}_{\text{тиск}}^{\text{ВИТ}} \cdot \overline{y}_3 \vee D^{27>} \cdot \overline{y}_4 \vee D^{22<} \cdot \overline{y}_4 \cdot y_1 \vee D_{\tau}^{5c} \cdot \overline{D}_{\text{тиск}}^{\text{ПРИТ}} \cdot \overline{y}_3 \cdot y_1 \vee D_{\tau}^{22.00} \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_3 \vee K_{\text{СТОП}} \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_3 \vee K_3^A \cdot \overline{y}_4 \cdot \overline{y}_1 \vee K_3^A \cdot \overline{y}_4;$$

$$y_3^1 = D_{\tau}^{5c} \cdot \overline{D}_{\text{тиск}}^{\text{ВИТ}} \cdot \overline{y}_4 \cdot y_2 \cdot \overline{y}_1 \vee D^{27>} \cdot \overline{y}_4 \vee D^{22<} \cdot \overline{y}_4 \cdot y_1 \vee D_{\tau}^{30c} \cdot \overline{D}_3^{\text{ПРИТ}} \cdot \overline{y}_4 \cdot y_2 \vee \vee D_{\tau}^{60c} \cdot \overline{D}_3^{\text{ВИТ}} \cdot \overline{y}_4 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$y_3^0 = D^{25} \cdot \bar{y}_4 \vee D_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee D^{25} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_1 \vee K_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_2 \vee K_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_1 \vee K_3^A \cdot \bar{y}_4$$

$$y_4^1 = \bar{D}_{\text{тиск}}^{\text{вит}} \cdot \bar{y}_3 \vee D_{\tau}^{5c} \cdot \bar{D}_{\text{тиск}}^{\text{прит}} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1;$$

$$y_4^0 = K_3^A \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee K_3^A \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 = K_3^A \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2.$$

Вихідні сигнали схеми електронного пристрою керування наведені в таблиці 2.4.2.

Таблиця 2.4.2

Таблиця виходів структурної математичної моделі

$Z_i$	-	$Z_{\tau}^{30c}$	$Z_{\tau}^{80c}$	$Z_{\tau}^{30c}$ $Z_{\tau}^{5c}$ $Z_{\tau}^{22.00}$ $Z_{\text{вен}}^{\text{вит}}$ $Z_{\text{вен}}^{\text{прит}}$	$Z_{\text{кал}}$	$Z_{\text{кал}}^+$	$Z_3^{\text{B3}}$ $Z_3^{\text{ПЗ}}$ $Z_A^{\text{П}}$	$Z_A^{\text{B}}$ $Z_3^{\text{B3}}$ $Z_3^{\text{ПЗ}}$	$Z_A^{\text{B}}$ $Z_3^{\text{B3}}$ $Z_3^{\text{ПЗ}}$	$Z_3^{\text{B3}}$ $Z_3^{\text{ПЗ}}$ $Z_A^{\text{П}}$
$Q_i$	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001
$D_i$										
$D_{\tau}^{6,00}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{30c}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{80c}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{5c} * \bar{D}_{\text{тиск}}^{\text{вит}}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{D}_{\text{тиск}}^{\text{вит}}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D^{27>}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D^{22<}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D^{25}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{30c} * \bar{D}_{\text{тиск}}^{\text{прит}}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{5c} * \bar{D}_{\text{тиск}}^{\text{прит}}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{60c} * \bar{D}_3^{\text{вит}}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_{\tau}^{22.00}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$K_3^A$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

$K_{\text{СТОП}}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$D_3^{\text{ПО}}$	-	-	-	$Z_3^{\text{ПО}}$	-	-	-	-	-	-
$D_3^{\text{ВО}}$	-	-	-	$Z_3^{\text{ВО}}$	-	-	-	-	-	-

Використовуючи таблицю виходів, табл.2.4.2, знаходимо значення вихідних керуючих сигналів схеми електронного пристрою, які матимуть наступний вигляд:

$$Z_{\tau}^{30c} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; \quad Z_{\tau}^{80c} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad Z_{\tau}^{5c} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$Z_{\tau}^{22.00} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; \quad Z_{\text{вен}}^{\text{вит}} = Z_{\text{вен}}^{\text{прит}} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$Z_3^{\text{ВЗ}} = Z_3^{\text{ПЗ}} = Z_A^{\text{П}} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1;$$

$$Z_3^{\text{ВЗ}} = Z_3^{\text{ПЗ}} = Z_A^{\text{В}} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_3^{\text{ПО}} = D_3^{\text{ПО}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; \quad Z_3^{\text{ВО}} = D_3^{\text{ВО}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$Z_{\text{кал}+} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; \quad Z_{\text{кал}-} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1.$$

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ПРОВІТРЮВАННЯМ ПРОМИСЛОВОГО ПРИМІЩЕННЯ

#### 3.1. Аналіз та вибір елементної бази для побудови схеми електронного пристрою керування провітрюванням промислового приміщення

Так, як логічні рівняння схеми електронного пристрою керування провітрюванням промислового пристрою представлені у вигляді диз'юнктивно – нормальній формі, то їх реалізацію виконують за допомогою програмуємих логічних матриць (ПЛМ). Із всіх ПЛМ найбільше підходять мікросхеми К556 РТ1

#### 3.2. Принципи побудови вибраної ПЛМ

Виготовляємі електронною промисловість ПЛІС мають базову структуру програмуємої логічної матриці, яка включає матрицю кон'юнкторів (матриця "І") і матрицю диз'юнкторів (матриця "АБО"). Принцип побудови таких ПЛМ розглянемо на мікросхемі серії К556РТ1 [11], структурна схема якої наведена, рис. 3.2.1.

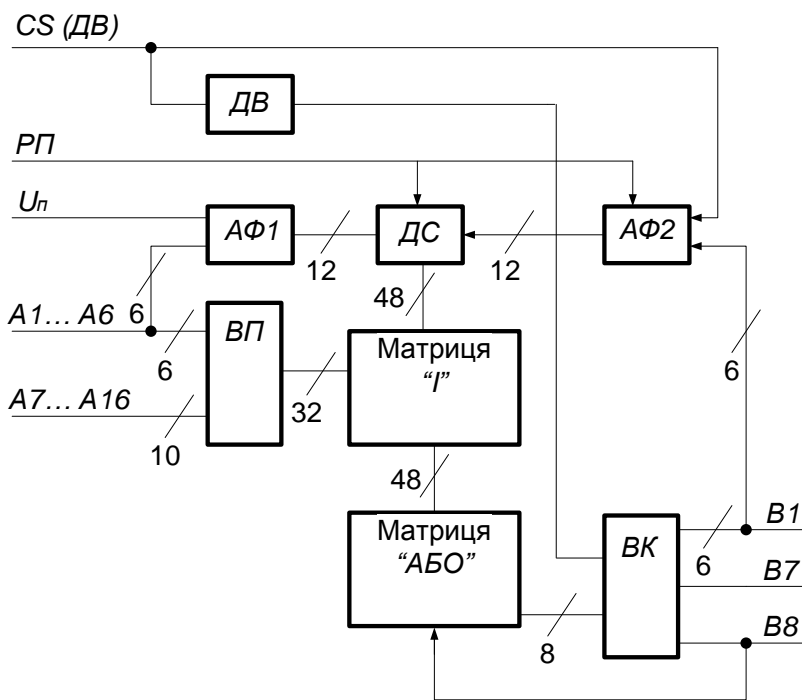


Рис. 3.2.1

Дана мікросхема включає: кон'юнктори (матриця "І"); диз'юнктори (матриця "АБО"); вхідні підсилювачі (ВП); вихідні каскади (ВК); схему дозвону виборки (ДВ); програмуємий дешифратор; адресні формірователі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі формують прямі і інверсні значення вхідних змінних за усіма шістнадцятьма входам (А1...А16).

Програмуємий дешифратор (ДС) і адресні формірователі (АФ1, АФ2) використовують в режимах програмування і контролю ПЛІС. Організація цих режимів достатньо складна.

Для повного розуміння побудови ПЛМ на рис 3.2.2 приведена базова серія мікросхеми К556РТ1, яка включає основні вузли схеми матриці "І", "АБО", вхідні і вихідні каскади [11].

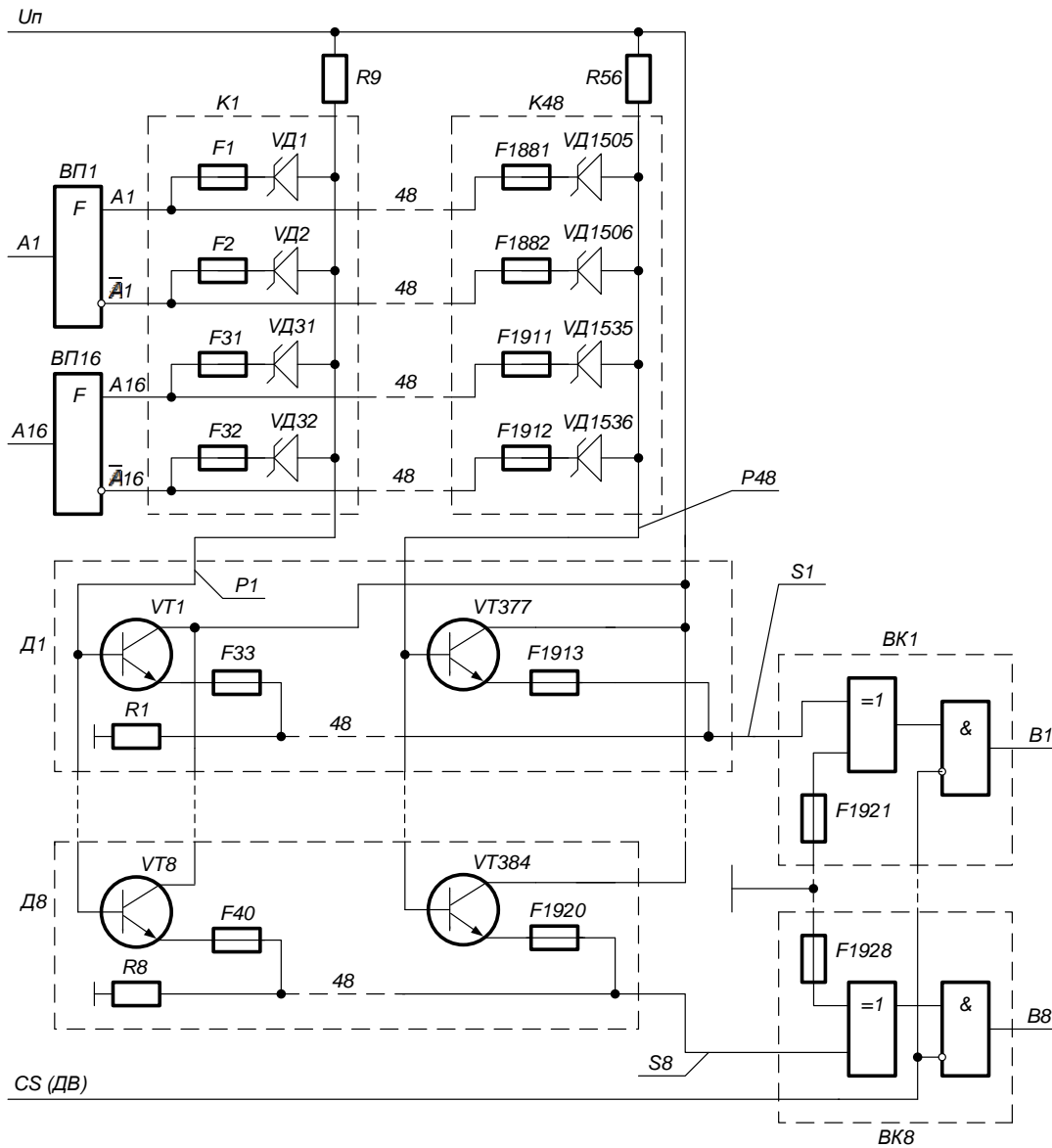


Рис 3.2.2

- де ВП1...ВП16 – входні підсилювачі;  
 К1...К48 – кон'юнктори матриці "І";  
 Д1... Д8 – диз'юнктори матриці "АБО";  
 ВК1... ВК8 – вихідні каскади;  
 Р1...Р48 – шини кон'юнкцій;  
 S1...S8 – шини диз'юнкцій;  
 F1...F1928 – плавкі ніхромові перемикачі;  
 VD1...VD1536 – діоди Шотки;  
 VT1...VT34 – транзистори;  
 R1...R6 – резистори.

Вхідні підсилювачі (ВП1...ВП16) формують прямі і інверсні значення вхідних змінних, які поступають в матрицю "Г". Для управління вхідними підсилювачами є шістнадцять входів (А1...А16). Вхідні підсилювачі побудовані на основі двох включених послідовно буферних логічних схем "І-НІ" [11].

Основними вузлами К556РТ1 є матриці "Г" і "АБО", які реалізують двоохрівневі логічні функції. Перший рівень ПЛМ складається із 48 кон'юнкторів (матриця "Г"), які з'єднані за допомогою плавких ніхромових перемичок з будь-яким із шістнадцяти спільних входів через буферні схеми [11]. В матриці "Г", реалізують кон'юнкції вхідних змінних, причому кожна вхідна змінна може входити в кон'юнкцію або прямим або інверсним значенням, або не входити зовсім. Вхідні сигнали, які появляються на вхідних шинах матриці "Г", вводяться в матрицю "АБО", яка утворює другий логічний рівень і реалізує диз'юнкції заданих кон'юнкцій. Матриця "АБО" утворює вісім диз'юнкторів (по одному "АБО" на виході ПЛС), кожний із яких може бути вибірково з'єднаний з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів.

Шини які з'єднують ці матриці, називають шинами кон'юнкцій, позначають (Р1...Р48), шини, які з'єднують матрицю "АБО" з вихідними каскадами, називають шинами диз'юнкцій, позначають ( S1...S8) [11].

Програмуємим елементом матриці "Г" є діоди Шоткі з плавкою ніхромовою перемичкою, а матриці "АБО" включені за схемою емітерного повторювача. Вихідні каскади ВК1...ВК8 включають логічні схеми "Виключаюче АБО" та підсилювачі зчитування. Наявність на вході каскаду логічної схеми "Виключаюче АБО" дає можливість змінювати рівень вихідного сигналу у залежності від сигналу на вході. Заземлення (підключення до сигналу "0"В) одного із двох входів логічної схеми "Виключаюче АБО" через перемичку дає можливість змінювати активний рівень виходу, а виплавлення перемички веде до того, що активним рівнем є напруга низького рівня [11].

Підсилювачі зчитування побудовані на логічних схемах, що керують сигналами, які поступають від матриці "АБО" і від схеми дозволу вибірки.



ПЛІС у режимі обробки інформації працює наступним чином . Вхідні змінні  $A_1 \dots A_{16}$  через блок вхідних підсилювачів у прямому або інверсному значенні поступають на матрицю "I" де вони за допомогою діодів Шотки і плавких ніхромових перемичок утворюють потрібні кон'юнкції ( $P_1 \dots P_{48}$ ), які логічно сумірюються матрицею "АБО", утворюючи проміжні логічні функції ( $S_1 \dots S_8$ ), які надходять у вихідні каскади. Умовне графічне позначення ПЛМ (K556PT1) наведено на рис. 3.2.3[11],

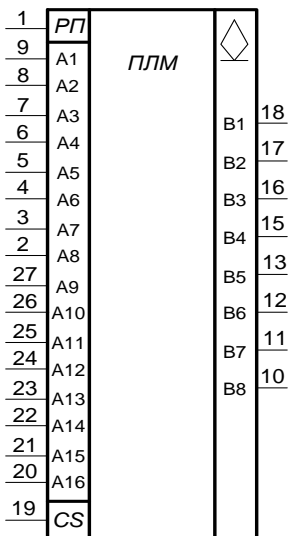


Рис. 3.2.3

де входи і виходи мікросхеми позначають:

- 1 – вхід програмування РП;
- 2...9 – входи підключення змінних ( $A_1 \dots A_8$ );
- 10...13 – виходи функцій ( $B_8 \dots B_5$ );
- 14 – спільний вихід (вихід подачі "0"  $B$ );
- 15...18 – виходи отриманих функцій  $B_4 \dots B_1$ ;
- 19 – вхід (вибору) мікросхеми;
- 20...27 – входи з'єднання вхідних змінних  $A_{16} \dots A_9$ ;
- 28 – вхід джерела живлення (+5В) ПЛМ.

### 3.3. Рекомендації по програмуванню мікросхеми K556PT1

Дана мікросхема поставляється споживачу не запрограмованою. Це означає, що кожний кон'юнктор отримує прями й інверсні значення від кожної змінної  $A_i$ ,

кожний диз'юнктор має усі сорок вісім кон'юнкції, а для кожного виходу активним рівнем є високий, а на всіх виходах є напруга низького рівня (при напрузі на вході CS (0B)).

Кожний програмуємий кон'юнктор  $P_n$  формує необхідну кон'юнкцію вхідних змінних. Кожна змінна входить у кон'юнкцію прямим значенням, інверсним значенням або не входить зовсім. Ці стани реалізують за допомогою плавких перемичок матриці "Г". Якщо кон'юнктор  $P_n$  має вхідну змінну  $A_i$ , то перемичка, з'єднує цей кон'юнктор з шиною вхідної змінної  $\bar{A}_i$  - розплавляється і навпаки. Якщо змінна  $A_i$  не входить у кон'юнктор  $P_n$ , то дві перемички вхідних змінних  $A_i$  і  $\bar{A}_i$  - розплавляються.

При числі використаних змінних  $A_i$  менше шістнадцяти, невикористані змінні повинні бути виключені у всіх використаних кон'юнкторах (відповідні плавкі перемички в матриці "Г" розплавляються у процесі програмування).

Програмування диз'юнкторів виконується для тих випадків, якщо кон'юнкція не включається у вхідну функцію. При використанні функцій менше восьми, усі перемички в матриці "АБО", що з'єднують невикористані диз'юнктори та використані і невикористані кон'юнктори переплавляти не потрібно [11].

### 3.4. Розробка схеми електронного пристрою та програми реалізації його логічних рівнянь

При використанні логічних рівняння роботи електронного пристрою, ПЛМ повинна відповідати наступним даним. Кількість диз'юнкторів у ній повинно бути не менше 2, вхідних змінних не більше 16, вихідних змінних 21 (8 - для управління RS - тригерами і 12- для управління виконавчими механізмами і сигналізацією).

Найближчою до таких даних є мікросхема ПЛМ [10, 11], (серії K556PT1), яка має входи для 16 змінних, 8 виходів для восьми функцій і 48 кон'юнкторів. Згідно

отриманих функцій:  $Z_3^{ПО}; Z_3^{BO}; Z_{\tau}^{60c}; Z_{\tau}^{30c}; Z_{вен}^{прит}; Z_3^{B3}; Z_3^{ПЗ}; Z_A^{\Pi}; Z_A^B; Z_A^{прит}; Z_{\tau}^{5c}; Z_{вен}^{вит};$

$Z_{\tau}^{6.00}; Z_{\tau}^{22.00}; Z_{кал+}; Z_{кал-}; Z_{\tau}^{30c}; Z_{вен}^{прит}; Z_3^{B3}; Z_3^{ПЗ}; Z_A^{\Pi}; Z_A^B; Z_A^{прит}; Z_{\tau}^{5c}; Z_{вен}^{вит}; Z_{\tau}^{6.00}; Z_{\tau}^{22.00};$

$Z_{кал+}; Z_{кал-};$

$$\Phi_1^1; \Phi_1^0; \Phi_2^1; \Phi_2^0; \Phi_3^1; \Phi_3^0; \Phi_4^1; \Phi_4^0 \text{ присвоюємо номери їх кон'юнкторам: } k_1^1 = D_\tau^{6.00} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3; k_2^1 = D_\tau^{80c} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2; k_3^1 = D_\tau^{25} \cdot \bar{y}_4; k_4^1 = D_\tau^{30c} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2; k_5^1 = \bar{D}_{\text{тиск}}^{\text{ВИТ}} \cdot \bar{y}_3; k_6^1 = D_\tau^{27>} \cdot \bar{y}_4; k_7^1 = D_\tau^{30c} \cdot \bar{D}_3^{\text{ПРИТ}} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_2; k_8^1 = K_{\text{стоп}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3; k_9^1 = K_3^A \cdot \bar{y}_4; k_{10}^1 = K_{\text{ст о}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2; k_{11}^1 = D_\tau^{30c} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3; k_{12}^1 = D_\tau^{25} \cdot \bar{y}_4; k_{13}^1 = D_\tau^{25} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_1; k_{14}^1 = \bar{D}_{\text{тиск}}^{\text{ВИТ}} \cdot \bar{y}_3; k_{15}^1 = D_\tau^{27>} \cdot \bar{y}_4; k_{16}^1 = D_\tau^{22<} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_1; k_{17}^1 = D_\tau^{5c} \cdot \bar{D}_3^{\text{ПРИТ}} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1;$$

$$k_{18}^1 = D_\tau^{22.00} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3; k_{19}^1 = K_{\text{стоп}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3; k_{20}^1 = K_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_1; k_{21}^1 = K_3^A \cdot \bar{y}_4; k_{22}^1 = D_\tau^{5c} \cdot \bar{D}_3^{\text{ВИТ}} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_2 \cdot y_1; k_{23}^1 = D_\tau^{27>} \cdot \bar{y}_4; k_{24}^1 = D_\tau^{22<} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_1; k_{25}^1 = D_\tau^{30c} \cdot \bar{D}_3^{\text{ПРИТ}} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_2; k_{26}^1 = D_\tau^{60c} \cdot \bar{D}_3^{\text{ВИТ}} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_2 \cdot y_1; k_{27}^1 = D_\tau^{25} \cdot \bar{y}_4; k_{28}^1 = D_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_{29}^1 = D_\tau^{25} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_1; k_{30}^1 = K_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_2; k_{31}^1 = K_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_1; - \text{ для ПЛМ1 і } k_1^2 = D_3^{\text{ПО}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$k_2^2 = D_3^{\text{BO}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_3^2 = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_4^2 = y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_5^2 = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_6^2 = y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_7^2 = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_8^2 = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; - \text{ для ПЛМ2.}$$

$$\bar{y}_4 \cdot y_2 \cdot y_1; k_{27}^1 = D_\tau^{25} \cdot \bar{y}_4; k_{28}^1 = D_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_{29}^1 = D_\tau^{25} \cdot \bar{y}_4 \cdot y_1; k_{30}^1 = K_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_2; k_{31}^1 = K_3^A \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_1; - \text{ для ПЛМ1 і } k_1^2 = D_3^{\text{ПО}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$\bar{y}_4 \cdot \bar{y}_1; - \text{ для ПЛМ1 і } k_1^2 = D_3^{\text{ПО}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$k_2^2 = D_3^{\text{BO}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_3^2 = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_4^2 = y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_5^2 = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_6^2 = y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_7^2 = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_8^2 = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; - \text{ для ПЛМ2.}$$

$$k_2^2 = D_3^{\text{BO}} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_3^2 = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_4^2 = y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_5^2 = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_6^2 = y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_7^2 = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_8^2 = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; - \text{ для ПЛМ2.}$$

.Використовуючи [11], програмуємо отримані функції і їх результати заносимо в табл. 3.4.1 і табл. 3.4.2 відповідно.

Таблиця 3.4.1

$k_i^1$	Кон'юнктори																Вихідні змінні							
	Номер програмуемого входу (вхідні змінні)																$y_1^1$	$y_1^0$	$y_2^1$	$y_2^0$	$y_3^1$	$y_3^0$	$y_4^1$	$y_4^0$
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
$k_1^1$	1						0			1			0	0	0		A							
$k_2^1$			1				0						0	0	1		A							
$k_3^1$										1			1	0			A							
$k_4^1$		1								1			0	0				A						
$k_5^1$				1	0								0					A					A	

$k_6^1$					1	0					0	0			$A$				$A$	$A$		
$k_7^1$					1							0	0			$A$						
$k_8^1$		1			0			1			0	0	0			$A$						$A$
$k_9^1$				0			1	1			0					$A$				$A$		
$k_{10}^1$								1			0	0		0		$A$				$A$		
$k_{11}^1$		1				0					0			0			$A$			$A$		
$k_{12}^1$			1			0					0			0			$A$			$A$		
$k_{13}^1$								1			0			0			$A$			$A$		
$k_{14}^1$					0						0	1						$A$			$A$	
$k_{15}^1$					0							1	1					$A$			$A$	
$k_{16}^1$								1			0	1	0					$A$				$A$
$k_{17}^1$			1					1			0		0					$A$				$A$
$k_{18}^1$			1				0			1	0	0			$A$				$A$			
$k_{19}^1$						1	0			0	1	0								$A$		
$k_{20}^1$						1				1			1							$A$		$A$
$k_{21}^1$				0			0			0		0	0							$A$		$A$
$k_{22}^1$				0			0			1		0	1							$A$		$A$
$k_{23}^1$		1								0	1									$A$		$A$
$k_{24}^1$		1	0				1			1	0	0	1							$A$		
$k_{25}^1$			0			0				0	1	1									$A$	
$k_{26}^1$	0					0				1		0	1								$A$	
$k_{27}^1$	0						1			0	1		0								$A$	
$k_{28}^1$					1		1			1		0	1								$A$	
$k_{29}^1$	0			0	1							0	0								$A$	$A$
$k_{30}^1$	0			0			0	1		1			1								$A$	$A$

$k_i^2$	Кон'юнктори						Рівень активності							
	Вхідні змінні						1	1	1	1	1	1	1	1
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$D_3^{ПО}$	$D_3^{ВО}$	Вихідні функції							
	Номер програмуемого входу						$Z_3^{ПО}$	$Z_3^{ВО}$	$Z_1$	$Z_2$	$Z_3$	$Z_4$	$Z_5$	$Z_6$
	$A_1$	$A_2$	$A_3$	$A_4$	$A_5$	$A_6$	$B_1$	$B_2$	$B_1$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$
$k_1^2$	0	1	0	0	1		$A$							
$k_2^2$	0	0	0	0		1		$A$						
$k_3^2$	1	0	0	1					$A$					
$k_4^2$	0	1	1	0						$A$				
$k_5^2$	1	0	0	0							$A$			
$k_6^2$	0	1	1	0								$A$		
$k_7^2$	1	0	0	1									$A$	
$k_8^2$	0	1	1	0										$A$

У табл. 3.4.1 наведені наступні позначення:  $k_i^1$  – кон'юнктори – реалізації відповідних функцій роботи  $RS$ -тригерів електронного пристрою;  $A_i$  – позначення відповідних вхідних датчиків ( $A_1 \rightarrow D_{\tau}^{6.00}$ ,  $A_2 \rightarrow D_{\tau}^{60c}$ ,  $A_3 \rightarrow D_{\tau}^{80c}$ ,  $A_4 \rightarrow D_{\tau}^{5c}$ ,  $A_5 \rightarrow D_{\text{тиск}}^{\text{ВИТ}}$ ,  $A_6 \rightarrow D_3^{\text{ПРИТ}}$ ,  $A_7 \rightarrow D_3^{\text{ВИТ}}$ ,  $A_8 \rightarrow D_{\tau}^{22.00}$ ,  $A_9 \rightarrow K_3^A$ ,  $A_{10} \rightarrow K_{\text{СТОП}}$ ,  $A_{11} \rightarrow D_3^{ПО}$ ,  $A_{12} \rightarrow D_3^{ВО}$ ,  $A_{13} \rightarrow y_1$ ,  $A_{14} \rightarrow y_2$ ,  $A_{15} \rightarrow y_3$ ,  $A_{16} \rightarrow y_4$ );  $y_i$  – сигнали на виходах відповідних  $RS$  – тригерів ( $y_1, y_2, y_3, y_4$ );  $Z_1$  – сигнал, який відображає  $Z_3^{ПО}$ ,  $Z_3^{ВО}$ ,  $Z_{\tau}^{60c}$  сигнали, а  $Z_2$  – сигнал, який відображає  $Z_3^{ПО}$ ,  $Z_3^{ВО}$ ,  $Z_{\tau}^{60c}$ ,  $Z_{\text{вен}}^{\text{ВИТ}}$  сигнали.

У табл. 3.4.2 наведені наступні позначення:  $k_i^2$  – кон'юнктори – реалізації відповідних вихідних функцій роботи електронного пристрою;  $A_i$  – позначення відповідних вхідних датчиків ( $D_3^{ПО}$ ,  $D_3^{ВО}$ ,  $D_{\text{кал-}}$ ,  $D_{\text{кал+}}$ );  $y_i$  – сигнали на виходах

відповідних  $RS$  – тригерів ( $y_1, y_2, y_3, y_4$ );  $Z_3$  – сигнал, який відображає сигнали  $Z_\tau^{60c}$ ,  $Z_{вен}^{внт}$ ,  $Z_{вен}^{прнт}$ ,  $Z_4$  – сигнал, який відображає сигнали  $Z_3^{B3}$ ,  $Z_3^{П3}$ ,  $Z_A^\Pi$ ,  $Z_5$  – сигнал, який відображає сигнали  $Z_3^{B3}$ ,  $Z_3^{П3}$ ,  $Z_A^\Pi$ ,  $Z_A^B$ , а  $Z_6$  – сигнал, який відображає сигнали  $Z_3^{B3}$ ,  $Z_3^{П3}$ ,  $Z_A^\Pi$ ,  $Z_A^{внт}$ .

Електрична схема пристрою керування провітрюванням промислового приміщення, який реалізований на програмуємих логічних матрицях, наведений на рис. 3.4.1.

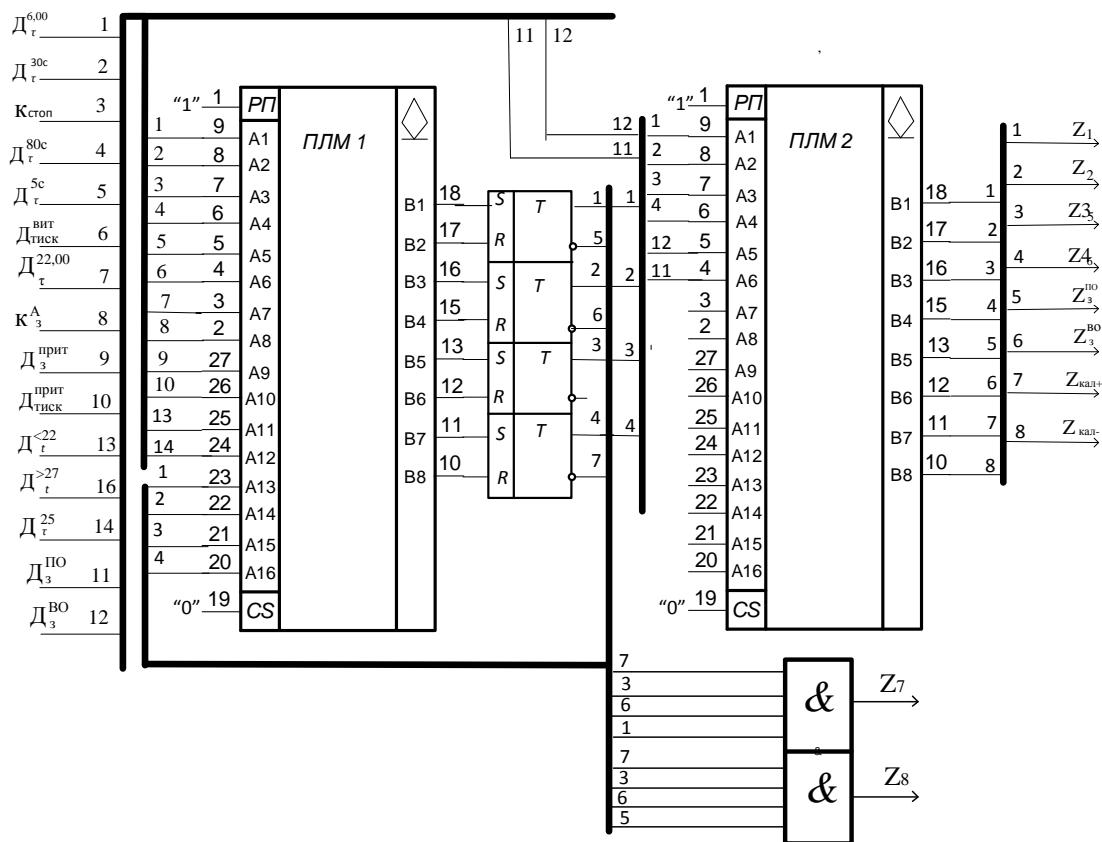


Рис. 3.4.1

На рис. 3.4.1 наведені наступні позначення:  $Z_7$  – сигнал, який відображає сигнали  $Z_A^\Pi$ ,  $Z_3^{B3}$ ,  $Z_3^{П3}$ ;  $Z_8$  – сигнал, який відображає сигнали  $Z_{вен}^{внт}$ ,  $Z_{вен}^{прнт}$ ,  $Z_\tau^{30c}$ .

На невикористаних входах мікросхеми перемички перепалюються.

## **ВИСНОВКИ**

У кваліфікаційній роботі при розробці електронного пристрою керування провітрюванням у промисловому приміщенні, використані математичні моделі, математична логіка із застосуванням сучасних технічних средств – програмуємих логічних матриць. У процесі виконання кваліфікаційної роботи був проведений аналіз пристроїв керування провітрюванням в промислових приміщеннях, вибрана оптимальна схема електронного пристрою, використовуючи структурну математичну модель, виходячи із розробленого алгоритму її роботи.

На підставі запропонованого алгоритму, розроблені математичні моделі, які покладені в основу розробки електронної схеми пристрою програмного керування, що реалізує поставлене завдання. У процесі розробки були використані абстрактна та структурна математичні моделі. Із структурної математичної моделі, використовуючи таблиці переходів – виходів були отримані логічні рівняння роботи, які, шляхом їх мінімізації, були покладені в основу роботи вибраної програмуємої логічної матриці для керування провітрюванням промислових приміщень.

Застосування запропонованих у кваліфікаційній роботі принципів побудови електронних пристроїв автоматичного керування провітрюванням промислових приміщень дає можливість значно підвищити надійність їх роботи.

## **СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

1. Артур Гилл. Введение в теорию конечных автоматов, М.: Издательство «Энергия», 1966 - 324с.
2. Баранов С.И. Синтез микропрограммных автоматов, М.: Издательство «Энергия», 1999 – 331с.
3. Белова Е. М. Системы кондиционирования воздуха с чиллерами и фэнкойлами, М.: Евроклимат, 2003 — 400 с.

4. Глушков В.М. Синтез цифровых автоматов, М.: Издательство «Физматгиз», 1962 - 457с.
5. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодування. Київ, «Вища школа», 2001 – 255с.
6. Карпис Е. Е. Энергосбережение в системах кондиционирования воздуха, М.: Стройиздат, 1996 — 268 с.
7. Креслин А. Я. Автоматическое регулирование систем кондиционирования воздуха, М.: Стройиздат, 1992 — 97 с.
8. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2012 - 364с.
9. Матвієнко М.П. Комп'ютерна схемотехніка, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2013 - 192с.
10. Матвієнко М.П. Проектування цифрових пристроїв, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018 - 364с.
11. Отраслевой стандарт. ОСТ 11.340.915-82. Микросхеми інтегральні серії 556(556РТ1, 556РТ2), Р556(Р556РТ1, Р556РТ2). Руководство по применению ОКП. 623 000.-51с.