

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Факультет денної форми навчання

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота

Розробка електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції

Студент гр. ЕІс2-81к

О.О.Струков

Науковий керівник

к.т.н., доцент

М. П. Матвієнко

Конотоп 2022

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції. Об'єктом розробки такого пристрою є водопостачальна свердловина у м. Конотопі.

Мета роботи – розробка електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції у м.Конотопі з використанням сучасної елементної бази електроніки для побудови високонадійних пристроїв керування, контролю та діагностування.

При виконанні кваліфікаційної роботи, для управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції у м.Конотопі розроблений алгоритм, абстрактна та структурна математичні моделі роботи електронного пристрою.

Використовуючи структурну математичну модель роботи пристрою для управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції у м.Конотопі, на основі таблиць виходів та переходів отримані рівняння його роботи. Аналіз і мінімізація канонічних рівнянь роботи пристрою показали, що найкращим варіантом для їх реалізації є програмуємі логічні матриці K556PT1 з застосуванням RS – тригерів.

Робота викладена на 27 сторінках, у тому числі включає 8 рисунків, 3 таблиці, список цитованої літератури із 10 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, ГОЛОВНИЙ НАСОС, ВОДОНАПІРНА СТАНЦІЯ, КОНТРОЛЬ, ДІАГНОСТУВАННЯ, АБСТРАКТНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ТАБЛИЦІ ПЕРЕХОДІВ І ВИХОДІВ, ПРОГРАМУЄМА ЛОГІЧНА МАТРИЦЯ (ПЛМ).

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ГОЛОВНИМ НАСОСОМ ВОДОНАПІРНОЇ СТАНЦІЇ	5
1.1. Водопостачання з закритими джерелами водозабору	5
1.2. Основні технічні вимоги до джерел водопостачання.....	7
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, АБСТРАКТНОЇ, СТРУКТУРНОЇ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ УПРАВЛІННЯ, КОНТРОЛЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ РОБОТИ ГОЛОВНОГО НАСОСУ ВОДОНАПІРНОЇ СТАНЦІЇ	8
2.1. Розробка алгоритму управління, контролю та діагностування за роботою головного насосу водонапірної станції.....	9
2.2. Розробка абстрактної математичної моделі управління, контролю та діагностування за роботою головного насосу водонапірної станції.....	10
2.3. Розробка структурної математичної моделі управління, контролю та діагностування за роботою головного насосу водонапірної станції.....	13
2.4 Розробка канонічних рівнянь роботи електронного пристрою управління ,контроля та діагностування за роботою головного насосу водонапірної станції	15
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ, КОНТРОЛЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ РОБОТИ ГОЛОВНОГО НАСОСУ ВОДОНАПІРНОЇ СТАНЦІЇ	18
3.1. Аналіз і вибір елементної бази електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції	18
3.2. Принципи побудови вибраної базової ПЛМ.....	18
3.3. Рекомендації по програмуванню ПЛМ серії K556PT1	22
3.4. Розробка схеми управління та програми реалізації канонічних рівнянь роботи електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції	23
ВИСНОВКИ	26
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	27

ВСТУП

Завдяки своїм хімічним властивостям вода є основним невідновним ресурсом планети, без якого неможливе існування живих організмів та проведення будь-якої господарської діяльності. У XXI сторіччі водні ресурси більшості країн світу стануть вирішальним фактором їх економічного розвитку та екологічної безпеки. Від кількості та якості води залежить стан здоров'я людей, рівень їх санітарно-епідеміологічного благополуччя, ступінь комфортності і, як наслідок, соціальна їх стабільність. У теперішній час спеціалісти в галузі охорони здоров'я та навколишнього середовища перше місце віддають воді, яка випередила в цьому відношенні атмосферне повітря та харчові продукти.

За характеристиками джерела водопостачання поділяють на підземні і поверхневі. Підземні джерела водопостачання відрізняються більш стабільними характеристиками якості води і відносною захищеністю від забруднення з поверхні. Поверхневі джерела водопостачання характеризуються високою продуктивністю, але потребують постійного нагляду за дотриманням санітарно-технічного стану території поверхневого джерела (озера, річки) і в даній кваліфікаційній роботі не розглядаються.

При водопостачанні, як правило, використовують водонапірні і очисні вежі, які служать для очищення та створення запасу води і підтримки необхідного напору в мережі. У години найменшого споживання води, у нічний час, резервуар заповнюється водою, а у години найбільшого споживання вода, що накопичилася у резервуарі башти, надходить у мережу разом з водою, яка подається насосами.

В окремих системах водопостачання насосні станції першого і другого підйому можуть бути розміщені в одному приміщенні. У цих системах водозабірні самопливні пристрої з колодязями замінені всмоктуючими трубопроводами, а вода насосами станції другого підйому подається безпосередньо в міську мережу. Якщо джерелом водопостачання є артезіанські свердловини, то тоді очисні споруди не використовують. Як слідує із вище сказаного, не залежно від виду забору води, у різних технологіях використовують насоси, причому, їх завжди є два (працюючий і резервний).

РОЗДІЛ 1

КЛАСИФІКАЦІЯ ТА АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ І КОНТРОЛЮ ЗА РОБОТОЮ ГОЛОВНОГО НАСОСУ ВОДОНАПРНОЇ СТАНЦІЇ

За характеристиками джерела водопостачання поділяють на підземні і поверхневі [1, 2]. Підземні джерела водопостачання, як правило, відрізняються більш стабільними характеристиками якості води і відносною захищеністю від забруднення з поверхні. Поверхневі джерела водопостачання характеризуються високою продуктивністю, але потребують постійного нагляду за дотриманням санітарно-технічного стану території поверхневого джерела (озера, річки) і даній кваліфікаційній роботі не розглядаються.

1.1. Системи водопостачання із закритих джерел водозбору

Системи водопостачання із закритих джерел водозбору поділяються на [1, 2]:

- 1) водозабірні свердловини (частіше вживається термін: артезіанська свердловина) для видобутку артезіанської води;
- 2) шахтні колодязі для видобутку здебільшого ґрунтових вод;
- 3) горизонтальні водозабори, які в свою чергу поділяються на:
 - траншейні споруди використовуються для порівняно невеликого водоспоживання при малій глибині залягання підземних вод;
 - галерейні (галереї і штольні), які застосовуються для постійного водопостачання великих водоспоживачів, що споруджуються при значній глибині залягання водоносних горизонтів;
 - к'яриси - примітивно влаштовані водозабірні споруди, які застосовуються для сільськогосподарського водопостачання і зрошування невеликих земельних ділянок у напівпустельних районах з невтриманим заляганням водоносних горизонтів;
- 4) комбіновані водозабори;

5) променеві водозабори застосовуються для більш повного захоплення підземної води - комбінація шахтного колодязя з горизонтальними свердловинами, закладеними в різні боки водоносного пласта;

б) каптажі джерел.

Системи водопостачання з артезіанських свердловин

Схема водопостачання з артезіанських свердловин (рис. 1.2.1),

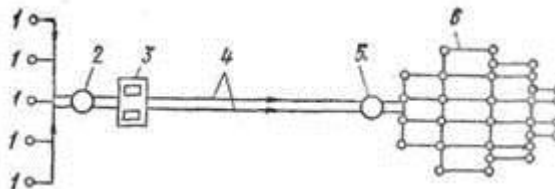


Рис.1.2.1. Схема водопостачання з водозабором з артезіанських свердловин

де 1 - артезіанські свердловини, 2 - резервуар, 3 - насосні станції, 4 - трубопроводи, 5 - водонапірна вежа, 6 - міська мережа водопроводу.

Вода з артезіанських свердловин 1 подається у резервуар 2, звідки насосами станції 3 по трубопроводах 4 надходить у водонапірну вежу 5 і по міській розводячій мережі 6 трубопроводів надходить у будівлі. Для забору підземних вод застосовують і інші типи водозабірних споруд: **шахтні колодязі, горизонтальні водозабори, трубчасті колодязі** та ін.

Шахтні колодязі

Шахтні колодязі застосовують для відбору води в незначних кількостях із безнапірних водоносних шарів з глибини до 20 м. Найчастіше їх використовують у водопостачанні сільських населених пунктів. При влаштуванні декількох колодязів їх з'єднують самоплинними або сифонними трубами. На дні колодязя влаштовується гравійний фільтр. Шахтні колодязі мають вигляд вертикальних і складаються з надземної частини (оголовок) стовбура (шахта), водоприймальної частини, водозабірної частини (зумпф). Їх споруджують з бетону, залізобетону, цегли, буту і дерева для прийому безнапірних вод при відносно невеликій глибині їх залягання.

Горизонтальні водозабори

Горизонтальні водозабори використовують при малій глибині залягання до 5...8 м і відносно невеликій потужності водоносного пласту. Вони представляють собою дренажі різних типів або водозбірні галереї, які вкладають у межах водоносного пласту. Вода, що надійшла з ґрунту в дренажні труби або галереї, подається у водозбірний колодезь, а звідти відкачується насосами.

Трубчасті колодязі

Трубчасті колодязі роблять шляхом буріння у землі вертикальних свердловини. У більшості порід стінки свердловини доводиться зміцнювати сталевими обсадними трубами, які утворюють трубчастий колодезь. У межах водоносного пласта для прийому води з ґрунту колодязь будують з перфорованих труб, які часто мають спеціальні фільтри. Водопостачання значних масштабів йде через кілька трубчастих колодязів, з'єднаних у загальну систему водозабірних споруд.

У свердловині розрізняють водоприймальну частина - (фільтр), стовбур (глуха частина свердловини, по якій піднімається вода) і гирло (початкова частина свердловини, належно обладнана в колодязі або спеціальному павільйоні).

Якщо водоносний пласт складається з стійких скельних або напівскельних порід (вапняки, щільні пісковики, вивержені породи), то фільтр не роблять і вода надходить безпосередньо в свердловину. Якщо водоносні породи залягають на значній глибині, то використовують кілька послідовно з'єднаних обсадних труб, діаметр яких поступово зменшується. У твердих скельних породах закріплювати стінки обсадними трубами необов'язково. Якщо водоносних горизонтів кілька, робочі частини фільтра встановлюють у кожному з них. Фільтри трубчастих колодязів виконують з кольорових металів, пластмас, азбестоцементу і гравію. За конструкцією вони поділяються на дротяні, сітчасті, каркасно-стрижневі, щілинні і гравійні.

1.2. Основні технічні вимоги до систем водопостачання

Незважаючи на високий рівень вимог до водопостачання по безперервності подачі води в квартири, рівень автоматизації на цих підприємствах досить низький, а часто і зовсім вона відсутня. Часто це пояснюється недостатнім фінансуванням. Однак, автоматизація на водоканалах необхідна для більш ефективного управління технологічним процесом видобутку і транспортування води, тому що це дозволяє знизити витрати енергії і більш ефективно розпорядитися наявними ресурсами. Незважаючи на все це, основні технічні вимоги до систем водопостачання повинні бути наступними [1]:

1) повністю автоматизоване управління водозабірних вузлів, включаючи насосну станцію і свердловини, з центрального пульта оператора у реальному масштабі часу;

2) управління двигунами насосів (для основних - частотне регулювання, для пожежних - включення / виключення);

3) моніторинг роботи двигунів насосів за параметрами частоти обертання, струму, споживаної потужності;

4) моніторинг і облік вихідних параметрів насосної станції: кумулятивний і миттєвий витрати і контролю тиску по двом ниткам виходу в міську мережу;

5) індикацію рівня води в накопичувальному резервуарі насосної станції;

6) управління двигунами глибинних насосів на свердловині (дистанційне включення / виключення і контроль їх роботи);

7) моніторинг параметрів свердловин: струми глибинних насосів і їх температура, тиск, миттєві та кумулятивні витрати води зі свердловин, температура повітря у павільйоні та рівень води в свердловині;

8) тривожну сигналізацію випадків несанкціонованого проникнення на територію ВЗУ, в павільйони свердловин, а також зняття люків з резервуара.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, АБСТРОКТНОЇ, СТРУКТУРНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ РОБОТИ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ, КОНТРОЛЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ РОБОТИ ГОЛОВНОГО НАСОСУ ВОДОНАПІРНОЇ СТАНЦІЇ

2.1. Розробка алгоритму управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції

Із розділу 1 слідує, що не залежно від виду водопотачення у ньому, для постачання води, приймають участь два головних насоси. При цьому, один насос працює, а другий знаходиться у гарячому резерві і навпаки. Тобто, відключення одного насосу веде до автоматичного включення другого і навпаки. Виходячи із § 1.2 та із сказаного вище, мають виконуватись наступні технологічні залежності в роботі електронного пристрою роботи головного насоса водонапірної свердловини (м.Конотоп) [1]:

- мати можливість увімкнення насосів у ручну;
- увімкнення насоса автоматично при несанкціонованому зупиненні працюючого;
- блокування одночасної роботи двох насосів;
- контроль працездатності роботи насосів по температурі їх обмоток;
- контроль тиску води у трубопроводах насосів;
- видача діагностичної інформації про причину несправності насоса;

Виходячи із розглянутих вище функцій, словесний опис алгоритму електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водопостачальної свердловини в м.Конотопі можна записати у наступному вигляді:

- 1) у початковому стані обидва головні насоси відключені;
- 2) диспетчер відповідною кнопкою включає один із головних насосів водопостачальної свердловини;
- 3) диспетчер у будь – який час може остановити один із головних насосів водопостачальної свердловини для профілактики і запустити в роботу інший;
- 4) при виникненні аварії (перевищення температури) у одному із працюючих головних насосів водопостачальної свердловини, він повинен відключитись і

автоматично включитись у роботу резервний насос, а на табло з'явиться діагностична інформація про виникнення такої несправності ;

4) при виникненні аварії (перевищення температури) у обмотці одного із працюючих головних насосів, повинна послідувати діагностична інформація на диспетчерський пункт про дану аварію і команда на включення в роботу резервного насосу;

5) при виникненні аварії (відсутність необхідного тиску) у трубопроводі одного із головних насосів, повинна послідувати діагностична команда на диспетчерський пункт про дану аварію і команда на включення в роботу резервного насосу.

2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції

Виходячи із словесного опису алгоритму абстрактна математична модель згідно [3, 4, 5] пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції у м.Конотопі матиме вигляд, наведений на рис. 2.2.1.

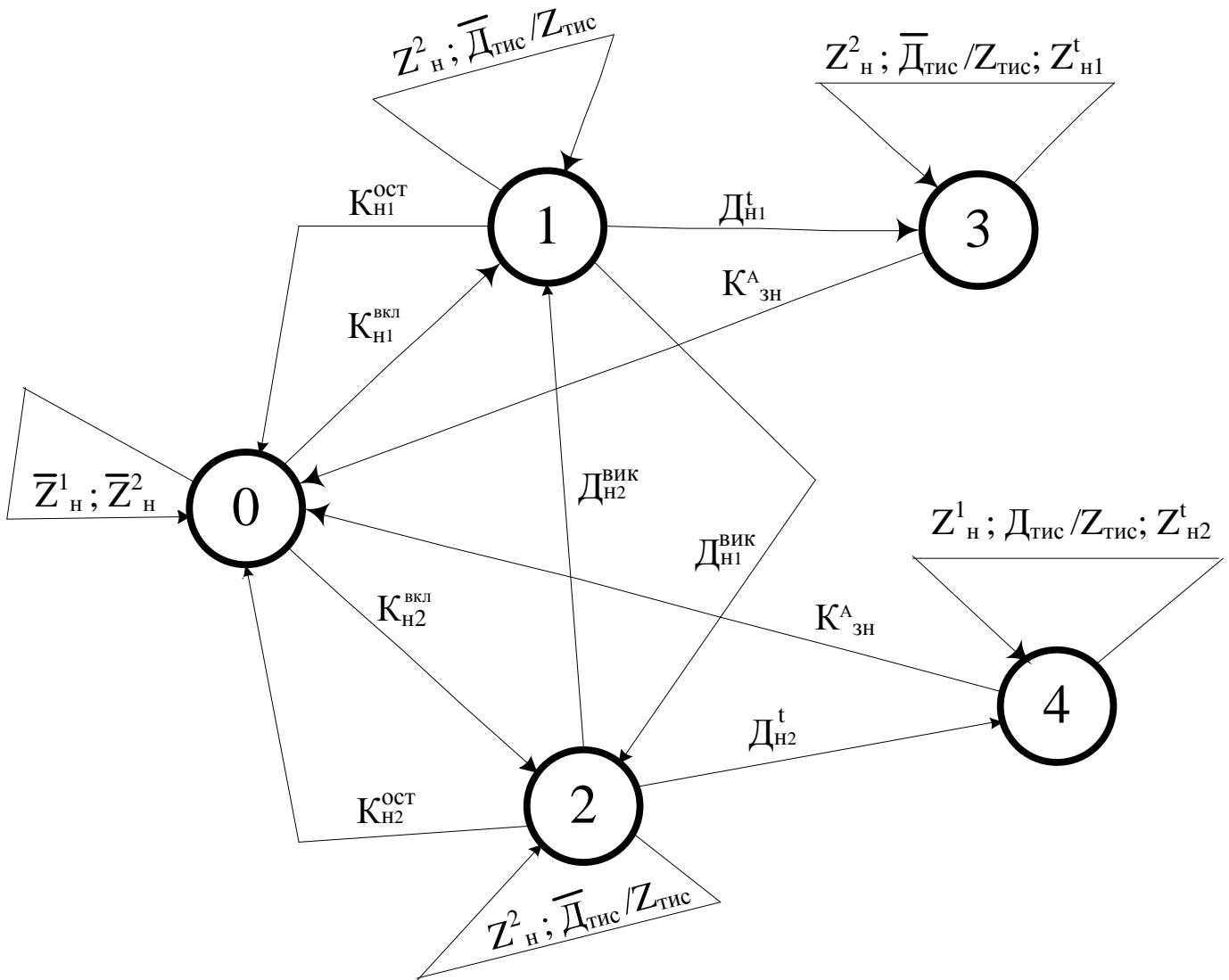


Рис. 2.2.1. Абстрактна математична модель електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції

В абстрактній математичній моделі електронного пристрою автоматичного управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції прийняті наступні позначення для:

Датчиків і кнопок управління

- D_{H1}^t – датчик перегріву обмотки двигуна першого насоса;
- D_{H2}^t – датчик перегріву обмотки двигуна другого насоса;
- D_{H1}^{VIK} – датчик виключення двигуна першого насоса;
- D_{H2}^{VIK} – датчик виключення двигуна другого насоса;

$D_{\text{тис}}$ – датчик тиску води в трубопроводі;

$K_{\text{н1}}^{\text{вел}}$ – кнопка включення двигуна першого насоса;

$K_{\text{н2}}^{\text{вел}}$ – кнопка включення двигуна другого насоса;

$K_{\text{н1}}^{\text{вик}}$ – кнопка виключення двигуна першого насоса;

$K_{\text{н2}}^{\text{вик}}$ – кнопка виключення двигуна другого насоса;

$K_{\text{зн}}^{\text{А}}$ – кнопка зняття аварії;

сигналів керування

$Z_{\text{н}}^1$ – сигнал на включення двигуна першого насоса;

$Z_{\text{н}}^2$ – сигнал на включення двигуна другого насоса;

$Z_{\text{н1}}^{\text{т}}$ – сигнал перегріву двигуна першого насоса;

$Z_{\text{н2}}^{\text{т}}$ – сигнал перегріву двигуна другого насоса;

$Z_{\text{тис}}$ – сигнал зниження тиску в системі водопроводу;

Пристрій керування, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапорної станції по абстрактній математичній моделі (рис.2.2.1) працює наступним чином. У початковому стані «0» двигуни першого і другого насосів відключені від джерела живлення і не працюють. При натисканні диспетчером кнопки $K_{\text{н1}}^{\text{вел}}$ включається двигун першого насоса (абстрактна математична модель переходить у стан «1»), який подає воду із скважини у водонапорну систему. Якщо спрацював датчик виключення двигуна першого насоса $D_{\text{н1}}^{\text{вик}}$, то абстрактна математична модель переходить у стан «2» і електронний пристрій автоматично включає двигун другого насоса, який продовжує подавати воду із водоводної скважини не перериваючи процес заповнення води у трубопроводі. Якщо при роботі першого чи другого насоса (стан «1» або «2») в трубопроводі тиск став менше заданого значення, то до диспетчера з електронного пристрою надходить сигнал про зниження тиску в системі ($Z_{\text{тис}}$). Якщо при роботі першого насоса температура його

обмотки стала вищою допустимої норми, то абстрактна математична модель із стану «1» перейде у стан «3», де автоматично включиться двигун другого насосу і на табло у диспетчерську видається аварійний діагностичний сигнал про перегрів обмотки першого двигуна ($Z_{н1}^t$). Якщо при роботі другого насосу (стан «2») температура його обмотки стала вищою допустимої норми, то абстрактна математична модель із стану «2» перейде у стан «4», де автоматично включиться двигун першого насосу і на табло у диспетчерську видається аварійний діагностичний сигнал про перегрів обмотки другого двигуна ($Z_{н2}^t$). Якщо при роботі першого чи другого насосу (стан «4» або «3») в трубопроводі тиск став менше заданого значення, то до диспетчера з електронного пристрою надходить діагностичний сигнал про зниження тиску в системі ($Z_{тис}$).

При необхідності виключити перший чи другий двигун насоса у процесі їх роботи, необхідно натиснути відповідні кнопки $K_{н1}^{вик}$ або $K_{н2}^{вик}$ (див. абстрактну математичну модель – стани «1» і «2»). Для зняття аварійної ситуації необхідно натиснути кнопку $K_{зн}^A$ і пристрій із стану «3» чи «4» перейде у початковий стан «0», де двигуни першого і другого насоса стануть відключеними від джерела живлення.

2.3. Розробка структурної математичної моделі електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції

Для перетворення абстрактної математичної моделі в структурну необхідно у відповідності з [3, 4, 7] закодувати її стани. Для кодування використаємо двійковий нормальний код. Кількість розрядів двійкового нормального коду (елементів пам'яті) можна знайти з виразу [8, 9]

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

де Q – кількість станів абстрактної математичної моделі; n – кількість елементів

пам'яті розрядів двійкового коду;] [– знак, який показує на найбільше ціле додатне число.

Використовуючи (2.3.1), отримаємо $n = 3$. Тобто, для реалізації п'яти станів абстрактної математичної моделі пристрою необхідно використати три елементи пам'яті, наприклад три “R-S” тригери. Для отримання структурної математичної моделі і канонічних рівнянь роботи пристрою необхідно закодувати стани абстрактної математичної моделі. Кодування має наступний вигляд: $0 \rightarrow 000$; $1 \rightarrow 001$; $2 \rightarrow 011$; $3 \rightarrow 101$; $4 \rightarrow 110$. Тоді структурна математична модель матиме вигляд (рис. 2.3.1).

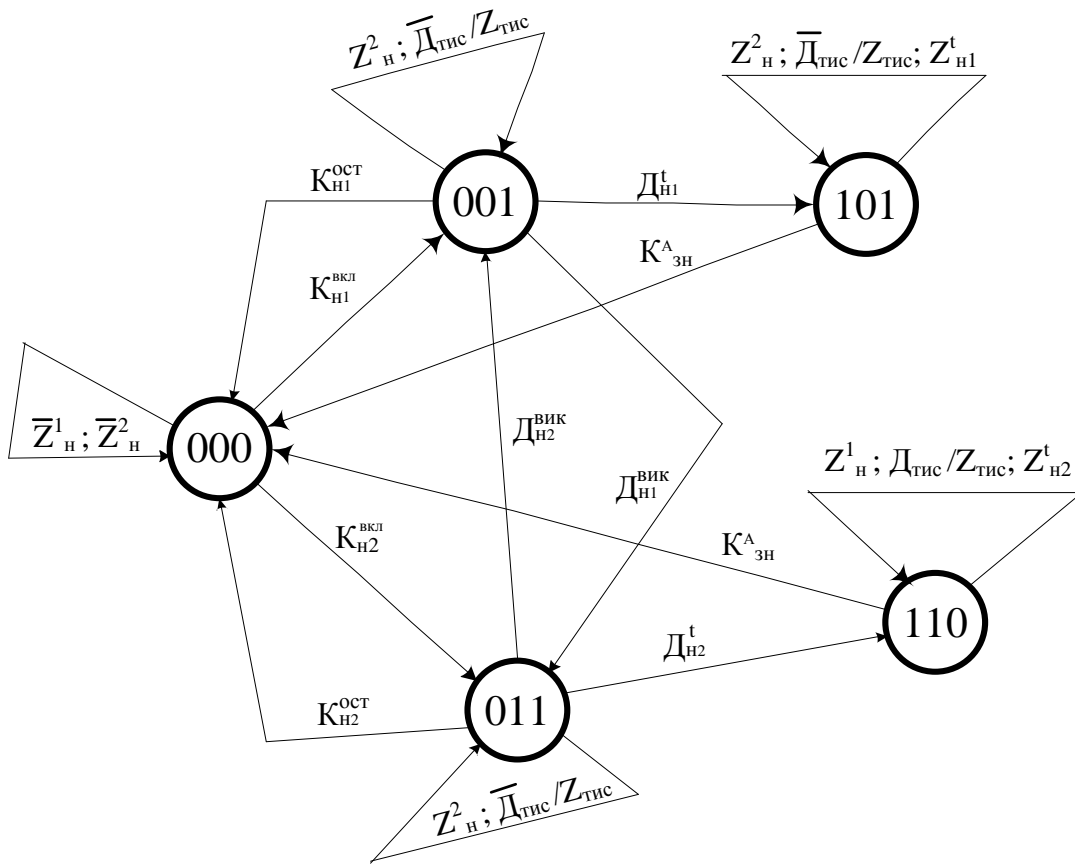


Рис. 2.3.1 Структурна математична модель електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції

Пристрій управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції по структурній математичній моделі (рис.2.3.1) працює наступним чином. У початковому стані «000» двигуни першого і другого насоса відключені від джерела живлення і не працюють. При натисканні диспетчером

кнопки $K_{H1}^{вкл}$ включається двигун першого насоса (структурна математична модель переходить у стан «001»), який подає із скважини воду у водоводну систему. Якщо спрацював датчик виключення двигуна першого насоса $D_{H1}^{вик}$, то структурна математична модель переходить у стан «011» і електронний пристрій автоматично включає двигун другого насоса, який продовжує подавати воду у водоводну систему із скважини, не перериваючи процес заповнення води у трубопроводі. Якщо при роботі першого чи другого насоса (стан «001» або «011») в трубопроводі тиск став менше заданого значення, то до диспетчера з електронного пристрою надходить сигнал про зниження тиску в системі ($Z_{тис}$). Якщо при роботі першого насоса температура його обмотки стала вищою допустимої норми, то структурна математична модель із стану «001» перейде у стан «101», де автоматично включиться двигун другого насоса і на табло у диспетчерську видається аварійний діагностичний сигнал про перегрів першого двигуна (Z_{H1}^t). Якщо при роботі другого насоса (стан «110») температура його обмотки стала вищою допустимої норми, то структурна математична модель із стану «011» перейде у стан «110», де автоматично включиться двигун першого насоса і на табло у диспетчерську видається аварійний діагностичний сигнал про перегрів обмотки другого двигуна (Z_{H2}^t). Якщо при роботі першого чи другого насоса (стан «110» або «101») в трубопроводі тиск став менше заданого значення, то до диспетчера з електронного пристрою надходить діагностичний сигнал про зниження тиску в системі ($Z_{тис}$).

При необхідності виключити перший чи другий двигун насоса у процесі їх роботи, необхідно натиснути відповідні кнопки $K_{H1}^{вик}$ або $K_{H2}^{вик}$ (див. структурну математичну модель – стани «001» і «011»). Для зняття аварійної ситуації необхідно натиснути кнопку $K_{зн}^A$ і пристрій із стану «101» чи «110» перейде у початковий стан «000», де двигуни першого і другого насоса стануть відключеними від джерела живлення.

2.4. Розробка канонічних рівнянь роботи електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції

Використовуючи структурну математичну модель, згідно [8, 9] будуємо таблиці її переходів та виходів, табл.2.4.1, табл.2.4.2 відповідно.

Таблиця 2.4.1

Таблиця переходів структурної математичної моделі

Q_i	000	001	011	101	110
D_i					
D_{H1}^t	-	101	-	-	-
D_{H2}^t	-	-	110	-	-
$D_{H1}^{ВІК}$	-	011	-	-	-
$D_{H2}^{ВІК}$	-	-	001	-	-
$\bar{D}_{ТИС}$	-	-	-	-	-
$K_{H1}^{ВКЛ}$	001	-	-	-	-
$K_{H2}^{ВКЛ}$	011	-	-	-	-
$K_{H1}^{ВІК}$	-	000	-	-	-
$K_{H2}^{ВІК}$	-	-	000	-	-
$K_{ЗН}^A$	-	-	-	000	000

Таблиця 2.4.2

Таблиця виходів структурної математичної моделі

Z_i	\bar{Z}_H^1 ; \bar{Z}_H^2	Z_H^1	Z_H^2	Z_H^2 ; Z_{H1}^t	Z_H^1 ; Z_{H2}^t
Q_i	000	001	011	101	110
D_i					
D_{H1}^t	-	-	-	-	-
D_{H2}^t	-	-	-	-	-
$D_{H1}^{ВІК}$	-	-	-	-	-
$D_{H2}^{ВІК}$	-	-	-	-	-
$\bar{D}_{ТИС}$	-	-	-	$Z_{ТИС}$	$Z_{ТИС}$
$K_{H1}^{ВКЛ}$	-	-	-	-	-
$K_{H2}^{ВКЛ}$	-	-	-	-	-
$K_{H1}^{ВІК}$	-	-	-	-	-

$K_{н2}^{внк}$	-	-	-	-	-
$K_{3н}^A$	-	-	-	-	-

Користуючись таблицею переходів (табл. 2.4.1), знаходимо функції переходів структурної математичної моделі, тобто функції включення і виключення відповідних “RS”-тригерів пристрою. Функції включення

позначимо: $\Phi_1^1, \Phi_2^1, \Phi_3^1$, а функції виключення: $\Phi_1^0, \Phi_2^0, \Phi_3^0$. Функція Y_1 ,

відповідає елементу кода розміщеного справа, а Y_3 – зліва.

У відміченій таблиці переходів розглядають усі переходи кодових станів функції Y_1 з «0» до «1» під дією вхідних змінних. У кон’юнкцію вхідних змінних також записують і змінну другого елемента пам’яті, якщо вона не міняє свій знак при цьому переході. Якщо цей перехід для функції Y_1 відбувається не один раз, а, наприклад, два, то знайдені кон’юнкції змінних об’єднують знаком диз’юнкції.

Рівняння виключення першого елемента пам’яті Y_1 отримують аналогічно описаному з тою лише різницею, що при цьому розглядають лише переходи із стану «1» до стану «0». Рівняння для функцій Y_2, Y_3 отримують аналогічно описаному для функції Y_1 .

Тоді канонічні рівняння роботи структурної математичної моделі матимуть наступний вигляд:

$$\Phi_1^1 = K_{н1}^{вел} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee K_{н2}^{вкл} \cdot \bar{y}_3; \quad \Phi_1^0 = K_{н1}^{внк} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee D_{н2}^t \cdot y_2 \vee K_{н1}^{внк} \cdot \bar{y}_3 \vee K_{3н}^A \cdot \bar{y}_2;$$

$$\Phi_2^1 = K_{н2}^{вкл} \cdot \bar{y}_3; \quad \Phi_2^0 = D_{н1}^{внк} \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee K_{н2}^{внк} \cdot \bar{y}_3 \vee K_{3н}^A \cdot \bar{y}_1;$$

$$\Phi_3^1 = D_{н1}^t \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee D_{н2}^{внк} \cdot y_2; \quad \Phi_3^0 = K_{3н}^A \cdot \bar{y}_2 \vee K_{3н}^A \cdot \bar{y}_1;$$

Користуючись таблицею виходів (табл. 2.4.2), знаходимо функції виходів структурної математичної моделі, тобто функції включення і виключення виконавчих механізмів і сигналізації пристрою:

$$\bar{Z}_н^1 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; \quad \bar{Z}_н^2 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; \quad Z_н^1 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad Z_н^2 = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1;$$

$$Z_{н1}^t = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; \quad Z_{н2}^t = y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad Z_{тис} = \bar{D}_{тис} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{D}_{тис} \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1.$$

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ, КОНТРОЛЯ ТА ДІАГНОСТУВАННЯ РОБОТИ ГОЛОВНОГО НАСОСУ ВОДОНАПІРНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Аналіз і вибір елементної бази для побудови електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної системи

Оскільки канонічні рівняння роботи пристрою автоматичного управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної системи представлені у вигляді ДНФ, то для їх реалізації найбільш підходять програмуємі логічні матриці (ПЛМ) [9, 10]. Вони представляють собою логічну схему для перетворення множини вхідних значень $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_m \}$ у відповідну множину вихідних даних $Y = \{ y_1, y_2, \dots, y_m \}$ у двійковому коді [7, 9, 10]. Програмуємі логічні матриці знайшли широке застосування у логічних інтегральних схемах (ПЛІС). У їх складі уже давно відомі ПЛМ К556РТ1, КР556РТ2, КР556РТ21.

Якщо за кордоном ПЛІС уже зайняли достойне місце в арсеналі розробника, то в країнах співдружності ці технології тільки розпочинають по-справжньому розвиватися. Відставання пояснюється рядом причин. По-перше, дуже звужена номенклатура ПЛІС на нашому ринку елементної бази. По-друге, практична відсутність у наших спеціалістів сучасних систем проектування. По-третє, недостатність інформації у технічній літературі про ПЛІС, їх застосування і методам програмування.

3.2. Принципи побудови вибраної базової ПЛМ

Виготовляємі електронною промисловістю ПЛІС мають у собі базову структуру програмуємої логічної матриці, яка включає матрицю кон'юнкторів (матриця "І") і матрицю диз'юнкторів (матриця "АБО"). Принцип побудови таких ПЛМ розглянемо на ПЛІС серії К556РТ1 [10]. Структурна схема даної ПЛІС приведена на рис. 3.2.1

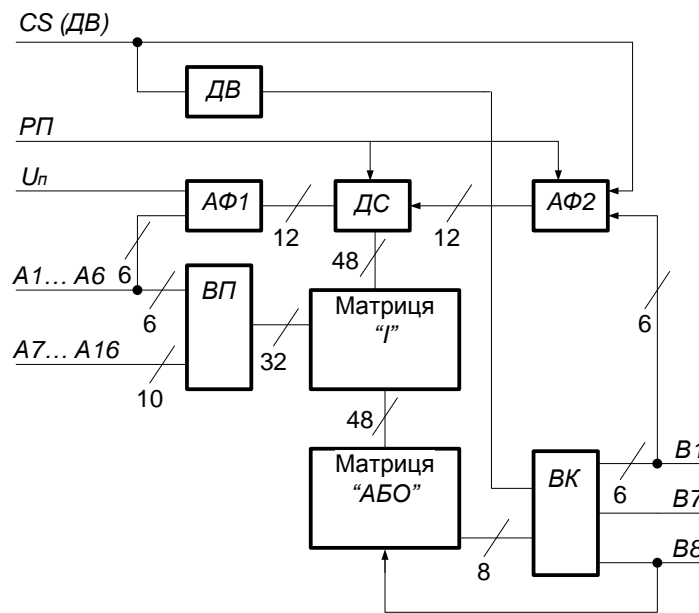


Рис 3.2.1 Структурна схема ПЛМ серії К556РТ1

Дана ПЛІС включає матрицю кон'юнкторів (матрицю "І") матрицю диз'юнкторів (матриця "АБО"), блок вхідних підсилювачів (ВП), блок вихідних каскадів (ВК), схему дозвону виборки кристалу (ДВ), програмуємий дешифратор, програмуємі адресні формірователі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі формують прямі і інверсні значення вхідних змінних по всім шістнадцяти входам (А1...А16).

Програмуємий дешифратор (ДС) і програмуємі адресні формірователі (АФ1, АФ2) використовують тільки в режимах програмування і контролю ПЛІС. Організація цих режимів достатньо складна і в даному підручнику не розглядується.

Для наглядності і більш повного розуміння принципу побудови ПЛМ розглянемо базову функціональну схему ПЛІС серії К556РТ1, яка включає в себе лише основні вузли схеми матриці "І", "АБО", вхідні і вихідні каскади (рис 3.2.2),

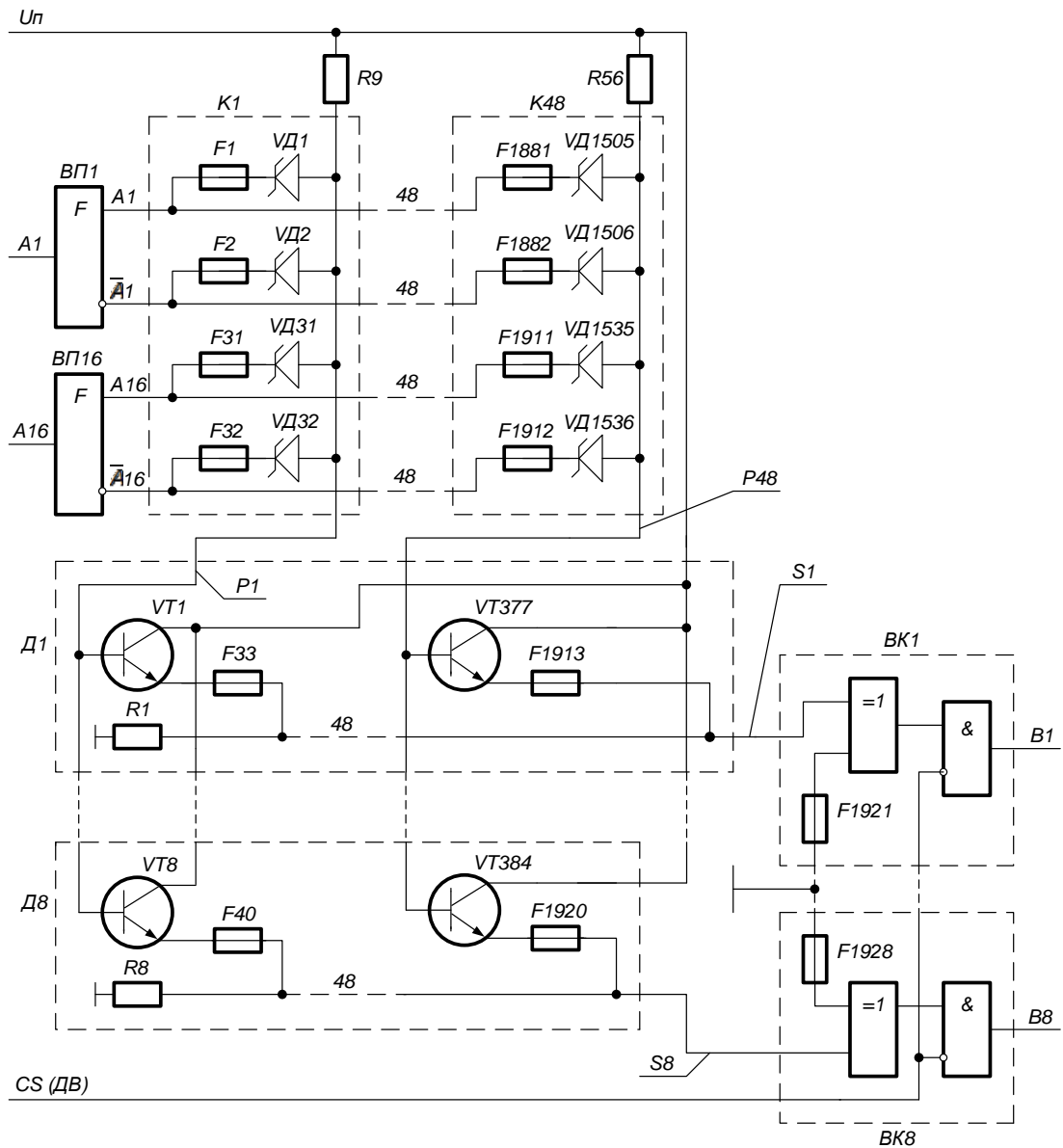


Рис. 3.2.2. Базова функціональна схема ПЛМ серії K556PT1

- де ВП1...ВП16 – входні підсилювачі;
- K1...K48 – кон'юнктори матриці "I";
- Д1... Д8 – диз'юнктори матриці "АБО";
- BK1... BK8 – вихідні каскади;
- P1...P48 – шини кон'юнкцій;
- S1...S8 – шини диз'юнкцій;
- F1...F1928 – плавкі ніхромові перемикачі;
- VD1...VD1536 – діоди Шотткі;
- VT1...VT34 – транзистори;

R1...R6 – резистори.

Вхідні підсилювачі (ВП1...ВП16) формують прямі й інверсні значення вхідних змінних, які поступають в матрицю "Г". Управляють вхідними підсилювачами шістнадцять входів (А1...А16). Вхідні підсилювачі побудовані на основі двох включених буферних логічних схем "І-НІ".

Основними вузлами мікросхеми К556РТ1 є матриці "Г" і "АБО", які реалізують двохрівневі 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. 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 у 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 дві матриці, називають шинами кон'юнкцій і позначають Р1...Р48, а шини, які з'єднують матрицю "АБО" з вихідними каскадами, називають шинами диз'юнкцій і позначають S1...S8.

Програмуємим елементом матриці "Г" є діод Шоттки з плавкою ніхромовою перемичкою, а матриці "АБО" включені по схемі емітерного повторювача, *n-p-n* транзистор з плавкою ніхромовою перемичкою в емітері.

Вихідні каскади ВК1...ВК8 включають логічні схеми "Виключаюче АБО" і підсилювачі зчитування. Наявність на вході каскаду логічної схеми "Виключаюче АБО" дозволяє інвертувати рівень вихідного сигналу в залежності від сигналу на вході, тобто дозволяє програмувати або активний високий, або активний низький рівень вихідного сигналу. Заземлення (підключення до сигналу "0") одного із двох входів логічної схеми "Виключаюче АБО" через плавку перемичку веде до того, що активним рівнем виходу стає вихідна напруга високого рівня, а виплавлення цієї перемички веде до того, що активним рівнем стає вихідна низька напруга.

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

ПЛІС як базова програмуєма логічна матриця, в режимі обробки інформації працює наступним чином . Вхідні змінні А1...А16 через блок вхідних підсилювачів в прямому і інверсному значенні поступають на матрицю "І" де за допомогою діодів Шотки і плавких ніхромових перемичок утворюють потрібні кон'юнкції Р1...Р48, які логічно сумірюються матрицею "АБО " утворюючи проміжні логічні функції S1...S8. Дані функції поступають у вихідні каскади для подальшого їх перетворення і видачі на виходи В1...В8 ПЛМ.

Умовне графічне позначення мікросхеми К556РТ1 приведено на рис. 3.2.3,

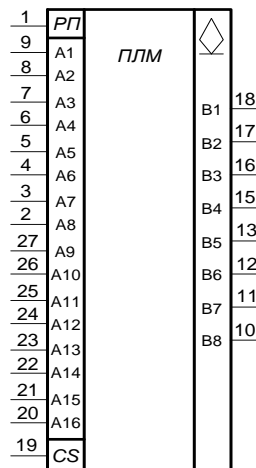


Рис. 3.2.3 Умовне графічне позначення мікросхеми К556РТ1

де входи і виходи мікросхеми визначають:

- 1 – вхід програмування РП;
- 2...9 – входи підключення вхідних змінних А1...А8;
- 10...13 – виходи отриманих функцій В8...В5;
- 14 – спільний вихід (вихід подачі "0" В);
- 15...18 – виходи отриманих функцій В4...В1;
- 19 – вхід дозволу роботи (вибору) мікросхеми;
- 20...27 – входи підключення вхідних змінних А16...А9;
- 28 – вхід подачі джерела живлення (+5В).

3.3. Рекомендації з програмування ПЛМ серії К556РТ1

Програмування і контроль базової логічної матриці розглянемо на ПЛІС серії К556РТ1. Дана ПЛІС виготовляється і поставляється споживачу не запрограмованою, тобто в такому стані, що кожний кон'юнктор отримує як примі так і інверсні значення від кожної вхідної змінної A_i , кожний диз'юнктор має всі сорок вісім кон'юнкції, а для кожного виходу активним рівнем є високий і на всіх виходах присутня напруга низького рівня при напрузі на вході CS (0В).

Кожний програмуємий кон'юнктор P_n формує необхідну кон'юнкцію від вхідних змінних, причому кожна змінна може входити в кон'юнкцію прямим значенням, інверсним значенням або не входити зовсім. Ці стани реалізують за допомогою відповідних плавких переминок в матриці "Г". Якщо кон'юнктор P_n має в собі вхідну змінну A_i , то перемичка, з'єднуюча цей кон'юнктор з шиною вхідної змінної \bar{A}_i , повинна бути розплавлена, і навпаки. Якщо змінна A_i не повинна входити в кон'юнктор P_n , то дві перемички вхідних змінних A_i і \bar{A}_i повинні бути розплавлені.

Якщо число використаних вхідних змінних A_i менше шістнадцяти, то невикористані змінні повинні бути виключені у всіх використаних кон'юнкторах, тобто відповідні їм плавкі перемички в матриці "Г" повинні бути розплавлені в процесі програмування.

Програмування диз'юнкторів виконується тільки для тих випадків, коли кон'юнкція не включається в вхідну функцію. Якщо кількість використаних функцій менше восьми, то всі плавкі перемички в матриці "АБО", з'єднуючі невикористані диз'юнктори і використані або невикористані кон'юнктори переплавляти не потрібно [10].

3.4. Розробка схеми управління та програми реалізації канонічних рівнянь роботи електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції

Виходячи із канонічних рівнянь роботи пристрою, ПЛМ повинна відповідати слідуючим даним. Кількість диз'юнкторів у ній повинно бути не менше 4, вхідних змінних не менше 10, вихідних змінних не менше 13 (6 - для управління RS – тригерами і 7 – для управління виконавчими механізмами і сигналізацією). Таким

властивостям відповідає ПЛМ (мікросхема серії K556PT1), яка має входи для 16 змінних, 8 виходів для реалізації восьми функцій і 48 кон'юнкторів. Згідно отриманих функцій $Z_H^1, Z_H^2, Z_{H1}^t, Z_{H2}^t, Z_{тис}, y_1^1, y_1^0, y_2^1, y_2^0, y_3^1, y_3^0$ присвоюємо номери їх кон'юнкторам: $k_1 = K_{H1}^{вкл} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2$; $k_2 = K_{H2}^{вкл} \cdot \bar{y}_3$; $k_3 = K_{H1}^{вик} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2$;
 $k_4 = D_{H2}^t \cdot y_2$; $k_5 = K_{H2}^{вик} \cdot \bar{y}_3$; $k_6 = K_{3H}^A \cdot \bar{y}_2$; $k_7 = D_{H1}^{вик} \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_8 = K_{3H}^A \cdot \bar{y}_1$;
 $k_9 = D_{H1}^t \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{10} = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$; $k_{11} = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{12} = y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$; $k_{13} = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1$;
 $k_{14} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{15} = \bar{D}_{тис} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{16} = \bar{D}_{тис} \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$. Використовуючи рекомендації, які приведені в [10], програмуємо отримані функції і їх результати заносимо в табл. 3.4.1.

Електронна схема пристрою управління і контролю за роботою головного насоса водопостачальної свердловини (м.Конотоп), яка виконана із застосуванням ПЛМ, наведена на рис. 3.4.1.

Таблиця 3.4.1

Програма роботи ПЛМ

k_i	Кон'юнктори													Рівень активності							
	Вхідні змінні													1	1	1	1	1	1	1	1
	D_{H1}^t	D_{H2}^t	$D_{H1}^{вик}$	$D_{H2}^{вик}$	$\bar{D}_{тис}$	$K_{H1}^{вкл}$	$K_{H2}^{вкл}$	$K_{H1}^{вик}$	$K_{H2}^{вик}$	K_{3H}^A	y_1	y_2	y_3	Вихідні функції							
	Номер програмує мого входу													y_1^1	y_1^0	y_2^1	y_2^0	y_3^1	y_3^0	$Z_{тис}$	Z_H^1
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
k_1					1							0	0	A							
k_2						1							0	A		A					
k_3							1						0	0	A						
k_4	1											1		A			A				
k_5								1					0	A		A					
k_6									1			0		A				A			
k_7			1								1		0			A					
k_8			1			1				1	0				A		A				
k_9	1										1	0					A		A		

k_{10}									1			0			A	A	
k_{11}										0	0	1					A
k_{12}										1	1	0					A
k_{13}															A		
k_{14}																A	
k_{15}				0						1	0	1					A
k_{16}				0						1	1	0					A

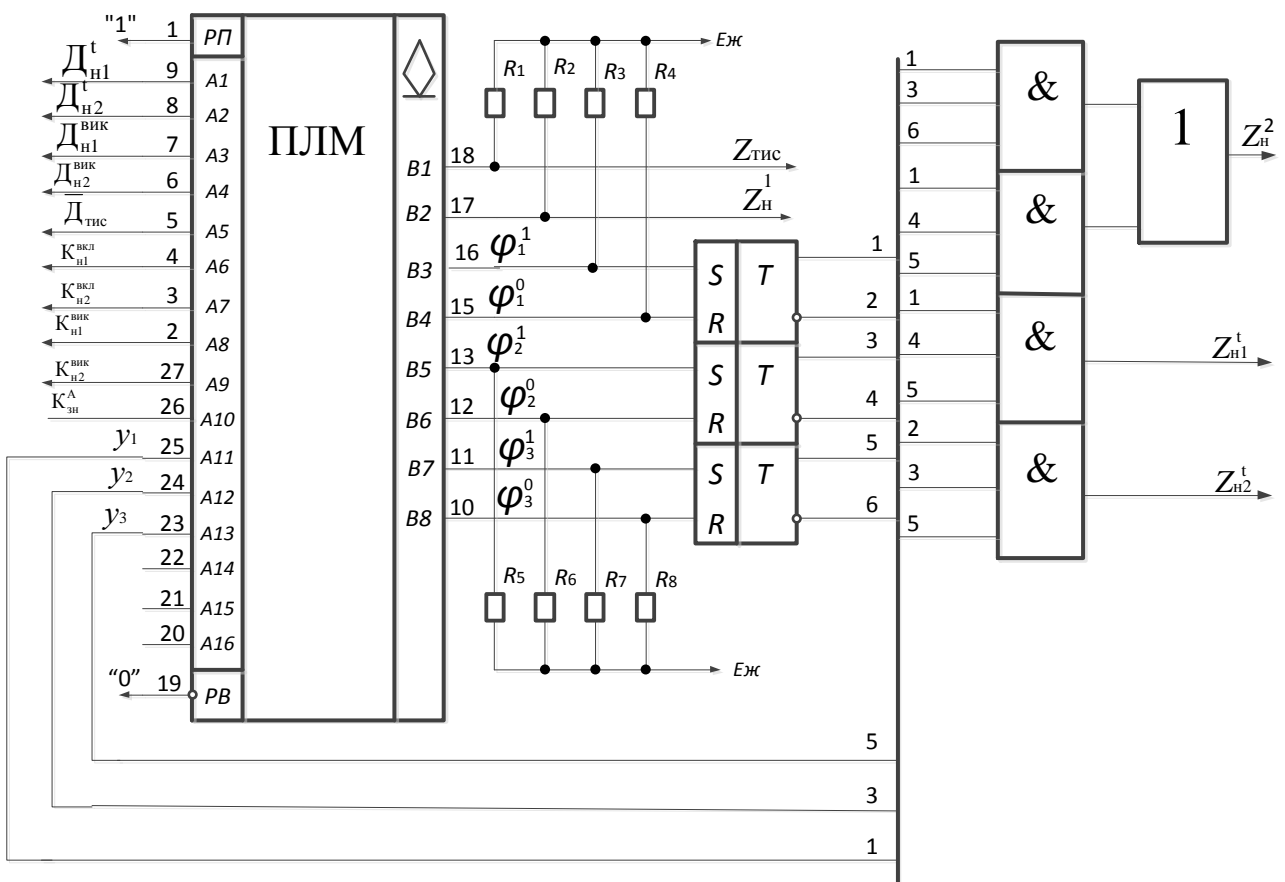


Рис. 3.4.1. Електронна схема пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції у м.Конотопі виконана із застосуванням ПЛІМ

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронний пристрій управління, контролю та діагностування роботи головного насосу водонапірної станції з використанням сучасних засобів мікроелектроніки. Даний електронний пристрій розроблений з використанням теорії автоматів, теорії комп'ютерної логіки та теорії алгоритмів і графів.

На підставі розробленого алгоритмічного та математичного забезпечення був спроектований електронний пристрій управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції, що реалізує вище поставлене завдання. У процесі розробки були використані абстрактна та структурна математична модель, на основі яких, використовуючи теорію автоматів, отримані канонічні рівняння роботи електронного пристрою. Дані рівняння були мінімізовані з застосуванням комп'ютерної логіки.

Аналіз отриманих канонічних рівнянь показав, що їх реалізацію найкраще виконати, використовуючи програмуємі логічні матриці (ПЛМ). У кваліфікаційній роботі показано, що для ПЛМ найкраще підходять ПЛМ серії К556РТ1. На основі цих ПЛМ і було розроблено електронний пристрій управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції. Даний пристрій запрограмований на мові програмування використаної ПЛМ.

Розробка даної кваліфікаційної роботи показало можливість проектування електронних пристроїв управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції з використанням теорії автоматів і комп'ютерної логіки, що в свою чергу дало можливість застосовувати сучасну елементну базу, наприклад, ПЛМ.

Застосування даної роботи дозволить у значній мірі підвищити надійність роботи електронного пристрою управління, контролю та діагностування роботи головного насоса водонапірної станції, зробивши її оптимальною для обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Рульнов, А. А.* Автоматизация систем водопостачання і водовідведення / *А.А. Рульнов, К.Ю. Євстаф'єв.* - М. : ИНФРА-М, 2010 – 256с.
2. *Сомов, М. А.* Водопостачання. Підручник / *М.А. Сомов, Л.А. Квітка.* - М. : ИНФРА-М, 2014 – 342с.
3. *Алексенко А.Г., Шагурин И.И.* Микросхемотехника/ *Алексенко А.Г.,* М: Радио и связь, 1990 – 496с.
4. *Бабич М. А., Жуков И. А.* Компьютерная схемотехника/ *Бабич М. А.* – К. МК-Пресс, 2004 – 576с.
5. *Баранов С. И.* Синтез микропрограммных автоматов / *Баранов С. И.* – Ленинград; Энергия, 1979 – 232с.
6. *Блейкли Т. Р.* Проектирование цифровых устройств с малыми и большими интегральными схемами/ *Блейкли Т. Р.* – К: Вища школа, 1981 – 336с.
7. *Жабін В.І., Жуков І.А., Клименко І.А., Ткаченко* Прикладна теорія цифрових автоматів/ *Жабін В.І.*-К: Видавництво НАУ ,2007 -364с.
8. *Жураковський Ю.П., Полторак В.П.* Теорія інформації та кодування/ *Жураковський Ю.П.* К: «Вища школа» , 2001 – 255с.
9. *Матвієнко М.П.* Комп'ютерна логіка / *Матвієнко М.П.* К: «Ліра-К», 2012 - 286с.
10. *Отраслевой стандарт.* ОСТ 11.340.915-82. Микросхеми інтегральні серії 556(556РТ1, 556РТ2), Р556(Р556РТ1, Р556РТ2). Руководство по применению ОКП. 623 000.-51с.