

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 ПРІЗВИЩЕ)

_____ 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 пристрою керування водопостачальним насосом у місті Конотопі

Здобувача групи ЕІз-91к Мудієнко Артур Іванович

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

Артур Мудієнко

(підпис)

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

Микола Матвієнко

(підпис)

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 водопостачальними насосами;
- розроблений алгоритм роботи вибраного водопостачального насосу;
- розроблена абстрактна і структурна математичні моделі роботи електронної схеми управління водопостачальним насосом;
- на основі структурної схеми отримані канонічні рівняння роботи схеми управління водопостачальним насосом;
- вибрана сучасна елементна база для реалізації канонічних рівнянь схеми управління водопостачальним насосом;
- побудована схема управління на програмованих логічних елементах (ПЛМ);
- розроблена програма роботи схеми управління водопостачальним насосом.

Мета роботи полягає у розробці сучасної електронної схеми керування водопостачальним насосом у місті Конотопі .

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

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

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

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

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АБСТРАКТНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ВОДОПОСТАЧАЛЬНА СВЕРДЛОВИНА, ЛОГІЧНІ РІВНЯННЯ, НАСОС, ПРОГРАМУЄМА ЛОГІЧНА МАТРИЦЯ (ПЛМ), СХЕМА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ, СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, ТАБЛИЦІ ПЕРЕХОДІВ І ВИХОДІВ,

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАЛЬНИМ НАСОСОМ У МІСТІ КОНОТОПІ	4
1.1. Водопостачання з відкритим водозабором.....	5
1.2. Водопостачання з закритим водозабором.....	6
1.3. Технічні вимоги до водопостачання.....	8
РОЗДІЛ 2. ЗНАХОДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ, МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАЛЬНИМ НАСОСОМ У МІСТІ КОНОТОПІ	10
2.1. Знаходження алгоритму роботи водопостачального насосу у місті Конотопі....	10
2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронної схеми керування водопостачальним насосом у місті Конотопі.....	11
2.3. Розробка структурної математичної моделі електронної схеми керування водопостачальним насосом у місті Конотопі	13
2.4 Знаходження логічних рівнянь роботи схеми електронного пристрою керування водопостачальним насосом у місті Конотопі	16

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАЛЬНИМ НАСОСОМ У МІСТІ КОНОТОПІ	19
3.1. Вибір елементної бази для побудови електронного пристрою керування водопостачальним насосом у місті Конотопі	19
3.2. Принципи побудови вибраної базової ПЛМ.....	19
3.3. Рекомендації по програмуванню мікросхеми K556PT1.....	24
3.4. Розробка електронної схеми керування водопостачальним насосом у місті Конотопі	24
ВИСНОВКИ.....	28
СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	29

ВСТУП

За характеристиками джерел водопостачання їх поділяють на підземні та поверхневі. Підземні джерела 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 .

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

В деяких 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.

Горизонтальні водозабори використовують при малій глибині залягання до 5...8 м і невеликій потужності водоносного пласту. Вони представляють 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.

Не залежно від виду забору води, у різних технологіях використовують насоси, причому, їх завжди є два (працюючий і резервний).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАЛЬНИМ НАСОСОМ У МІСТІ КОНОТОШІ

За характеристиками джерел водопостачання їх поділяють на підземні і поверхневі. Підземні джерела водопостачання, як правило, відрізняються більш стабільними характеристиками якості води і відносною захищеністю від забруднення. Поверхневі джерела водопостачання характеризуються високою продуктивністю, але потребують постійного нагляду за дотриманням санітарно-технічного стану території поверхневого джерела.

1.1. Водопостачання з відкритим водозабором

Одна із схем водопостачання відкритого водозабору, безпосередньо від річки, наведена на рис. 1.1.1, [9, 10].

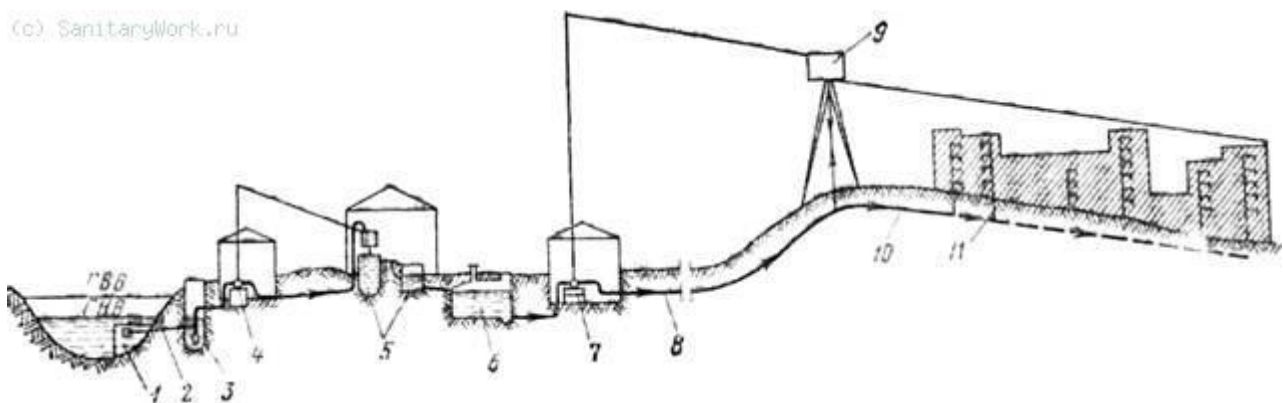


Рис.1.1.1. Схема водопостачання від річки

де 1 - водоприймач, 2 - труби, 3 - колодезь, 4 - насосна станція першого підйому, 5 - очистні споруди, 6 - резервуар чистої води, 7 - насосна станція другого підйому,

8 - водоводи, 9 - водонапірна вежа, 10 - міська мережа водопроводу, 11 - внутрішня водопровідна мережа будинку.

Водозабір від річки здійснюють за течією річки вище населених пунктів і промислових підприємств, розташованих на берегах, де річка не забруднена стічними водами. Вода через водоприймач 1 забирається від річки і самопливом по трубах 2 надходить до берегового колодязю 3. З криниці 3 насосною станцією 4 першого підйому вода подається в очисні споруди 5, у яких вона відстоюється, фільтрується і дезинфікується.

З очисних споруд вода надходить у запасні регулюючі резервуари 6 чистої води. З резервуарів вода насосною станцією 7 другого підйому по водоводах 8 подається до резервуару водонапірної башти 9, розташованої вище найвищої будівлі району, і далі до міської мережі 10. З міської мережі вода, через розподільну мережу, надходить у внутрішні водопровідні мережі 11 будівель.

Водонапірна вежа служить для створення запасу води та підтримки необхідного напору в мережі. У години найменшого споживання води (нічний час) резервуар заповнюється водою. У години найбільшого споживання вода, що накопичилася у резервуарі башти, надходить у мережу разом з водою, яка подається насосами.

Якщо безпосередньо біля берега глибина така, що забезпечується забір води, то слід застосовувати берегові водозабори суміщеного типу.

В окремих системах водопостачання насосні станції першого і другого підйому можуть бути розміщені в одному приміщенні.

1.2. Водопостачання з закритим водозабором

Водопостачання при закритих джерелах водозбору поділяються на [9, 10]:

- 1) водозабірні свердловини для видобутку артезіанської води (частіше вживається термін: артезіанська свердловина);
- 2) колодязі шахтні для видобутку ґрунтових вод;
- 3) водозабори горизонтальні, які в свою чергу поділяються на:

- траншейні споруди, які використовуються при малій глибині залягання підземних вод;
- галерейні, які використовуються для водопостачання великих водоспоживачів, що споруджуються при значній глибині залягання водоносних горизонтів;
- примітивно влаштовані водозабірні споруди, які застосовуються для сільськогосподарського водопостачання і зрошування невеликих земельних ділянок у напівпустельних районах з невтриманим заляганням водоносних горизонтів;
- 4) водозабори комбіновані;
- 5) водозабори променеві - застосовуються для більш повного захоплення підземної води - комбінація шахтного колодязя з горизонтальними свердловинами;

Водопостачання з артезіанських свердловин

Одна із схем водопостачання з артезіанських свердловин наведена на рис. 1.2.1,

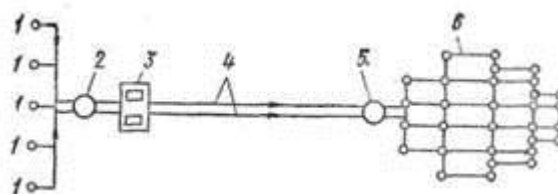


Рис.1.2.1. Схема водопостачання з водозабором з артезіанських свердловин

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

З артезіанських свердловин 1 вода надходить у резервуар 2, звідки насосами станції 3 по трубопроводах 4 подають її у водонапірну вежу 5 і по міській розводячій мережі 6 трубопроводів - до будівлі. Для забору підземних вод застосовують ще інші типи споруд: **колодязі шахтні, водозбори горизонтальні, колодязі трубчасті.**

Колодязі шахтні

Колодязі шахтні застосовують для надходження води в незначних кількостях із водоносних шарів з глибини до 20 м. Найчастіше їх використовують при водопостачанні в сільських населених пунктах. При використанні декількох

колодязів їх з'єднують сифонними трубами. На дні колодязя використовують гравійний фільтр. Колодязі шахтні мають вигляд вертикальних і складаються з надземної частини (оголовок), стовбура (шахта), водоприймальної частини, водозабірної частини (зумпф).

Водозабори горизонтальні

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 колодязь, а звідти відкачується насосами.

Колодязі трубчасті

Колодязі трубчасті виконують шляхом буріння у землі вертикальних свердловин. У більшості їх виконання їх стінки доводиться зміцнювати сталевими трубами, які утворюють трубчастий колодязь. У межах водоносного пласта для прийому води з ґрунту колодязь будують з перфорованих труб, що часто мають спеціальні фільтри. Водопостачання значних масштабів йде через кілька трубчастих колодязів, з'єднаних у загальну систему водозабірних споруд.

У свердловині розрізняють водоприймальну частину - (фільтр), стовбур (глуха частина свердловини, по якій піднімається вода) і гирло (початкова частина свердловини).

Якщо водоносний пласт складається з стійких скельних або напівскельних порід, 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. Фільтри трубчастих колодязів виконують з кольорових металів, пластмас, азбестоцементу і гравію.

1.3. Технічні вимоги до водопостачання

Незважаючи на високий рівень вимог до водопостачання по безперервності подачі води в квартири, рівень автоматизації на цих підприємствах досить низький. 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. Незважаючи на все це, основні технічні вимоги до систем водопостачання повинні бути наступними [9]:

- 1) повністю автоматизоване управління вузлів, включаючи насосну станцію і свердловини, з центрального пульта оператора;
- 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 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 та 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

ЗНАХОДЖЕННЯ АЛГОРИТМУ, МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА ЛОГІЧНИХ РІВНЯНЬ КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАЛЬНИМ НАСОСОМ У МІСТІ КОНОТОПІ

2.1. Знаходження алгоритму роботи водопостачанного насосу у місті Конотопі

Із розділу 1 слідує, що не залежно від виду водопотачення, для постачання води, приймають участь два насоси. При цьому, один насос працює, а другий знаходиться у горячому резерві і навпаки. Виходячи із § 1.3 та із сказаного вище, виконуються наступні технологічні залежності при експлуатації головного насосу водопостачальної свердловини в м.Конотоп [9]:

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

Виходячи із розглянутих вище функцій, словесний опис алгоритму електронного пристрою управління і контролю за роботою працюючого насоса водопостачальної свердловини в м.Конотопі можна сформулювати у наступному вигляді:

- 1) у початковому стані обидва насоси відключені;
- 2) диспетчер відповідною кнопкою включає один із насосів свердловини;
- 3) диспетчер у будь – який час може остановити один із головних насосів х свердловини для профілактики і запустити в роботу інший;
- 4) при виникненні аварії (перевищення температури) у одному із працюючого насоса свердловини, він повинен відключитись і автоматично включитись у роботу резервний насос ;
- 4) при перевищенні температури обмотки працюючого насосу, повинна слідувати команда на диспетчерський пункт про дану аварію і команда на включення в роботу резервного насосу;
- 5) при відсутності необхідного тиску у трубопроводі працюючого насосу, повинна послідувати команда про таку аварію з включенням в роботу резервного насосу.

2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронної схеми керування водопостачальним насосом у місті Конотопі

Користуючись словесним описом алгоритму абстрактна математична модель, згідно [3, 4, 9] пристрою управління і контролем за його роботою у м.Конотопі матиме вигляд, наведений на рис. 2.2.1.

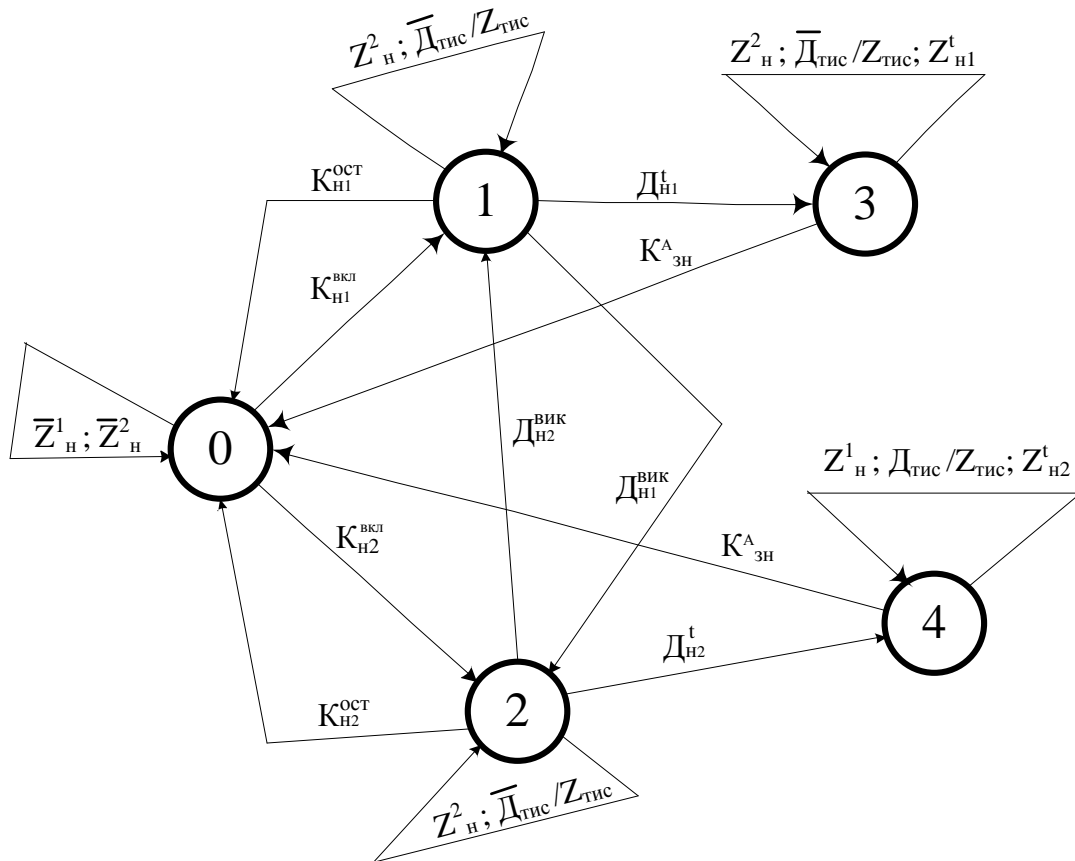


Рис. 2.2.1. Абстрактна математична модель електронної схеми пристрою управління і контролю за роботою насосу

В абстрактній математичній моделі електронної схеми пристрою управління і контролю за роботою насосу водопостачальних свердловин прийняти наступні позначення для:

датчиків і кнопок управління

$D_{Н1}^t$ – датчик перегріву обмотки двигуна першого насосу;

$D_{Н2}^t$ – датчик перегріву обмотки двигуна другого насосу;

$D_{н1}^{вик}$ – датчик виключення двигуна першого насосу;

$D_{н2}^{вик}$ – датчик виключення двигуна другого насосу;

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

$K_{н1}^{вел}$ – кнопка включення двигуна першого насосу;

$K_{н2}^{вкл}$ – кнопка включення двигуна другого насосу;

$K_{н1}^{вик}$ – кнопка виключення двигуна першого насосу;

$K_{н2}^{вик}$ – кнопка виключення двигуна другого насосу;

$K_{зн}^A$ – кнопка зняття аварії;

сигналів управління

Z_n^1 – сигнал на включення двигуна першого насосу;

Z_n^2 – сигнал на включення двигуна другого насосу;

$Z_{н1}^t$ – сигнал перегріву двигуна першого насосу;

$Z_{н2}^t$ – сигнал перегріву двигуна другого насосу;

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

Пристрій управління і контролю за роботою насосу водопстачальної свердловини по абстрактній математичній моделі (рис.2.2.1) працює так. У початковому стані «0» двигуни першого і другого насосів відключені від джерела живлення. При натисканні диспетчером кнопки $K_{н1}^{вкл}$ включається двигун першого насосу (абстрактна математична модель переходить у стан «1»), який подає воду із скважини. Якщо спрацював датчик виключення двигуна першого насосу $D_{н1}^{вик}$, то абстрактна математична модель переходить у стан «2» і електронний пристрій автоматично включає двигун другого насосу, який продовжує подавати воду із водоводної скважини не перериваючи процес заповнення води у трубопроводі. Якщо при роботі першого чи другого насосу (стан «1» або «2») в трубопроводі тиск став менше заданого значення, то до диспетчера з електронного пристрою надходить сигнал про зниження тиску в системі ($Z_{тис}$). Якщо при роботі першого насосу 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 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 модель із стану «2» перейде у стан «4», де автоматично включиться двигун першого насосу і на табло у диспетчерську видається аварійний 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 сигнал про зниження тиску в системі ($Z_{тис}$).

При необхідності виключити перший чи другий двигун насоса у процесі їх роботи, необхідно натиснути відповідні кнопки $K_{н1}^{внк}$ або $K_{н2}^{внк}$ (див. абстрактну 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 насосу стануть відключеними від джерела живлення.

2.3. Розробка структурної математичної моделі електронної схеми керування водопостачальним насосом у місті Конотопі

Для перетворення абстрактної математичної моделі в структурну необхідно у відповідності з [1, 2, 5] закодувати її стани, для чого необхідно використати двійковий нормальний код. Кількість розрядів такого коду знайдемо із виразу [8]

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

де Q – кількість станів абстрактної математичної моделі; n – кількість елементів пам'яті розрядів двійкового коду; $\lceil \rceil$ – знак, що показує на найбільше ціле додатне число.

Із (2.3.1), отримаємо $n = 3$. Тобто, для реалізації п'яти станів абстрактної математичної моделі необхідно використати три елементи пам'яті, наприклад три

“R-S” тригери. Для отримання структурної математичної моделі і логічних рівнянь необхідно закодувати стани абстрактної математичної моделі. Кодування матиме наступний вигляд: 0 – 000; 1 – 001; 2 – 011; 3 – 101; 4 – 110. Тоді структурна математична модель матиме вигляд, наведений на рис. 2.3.1.

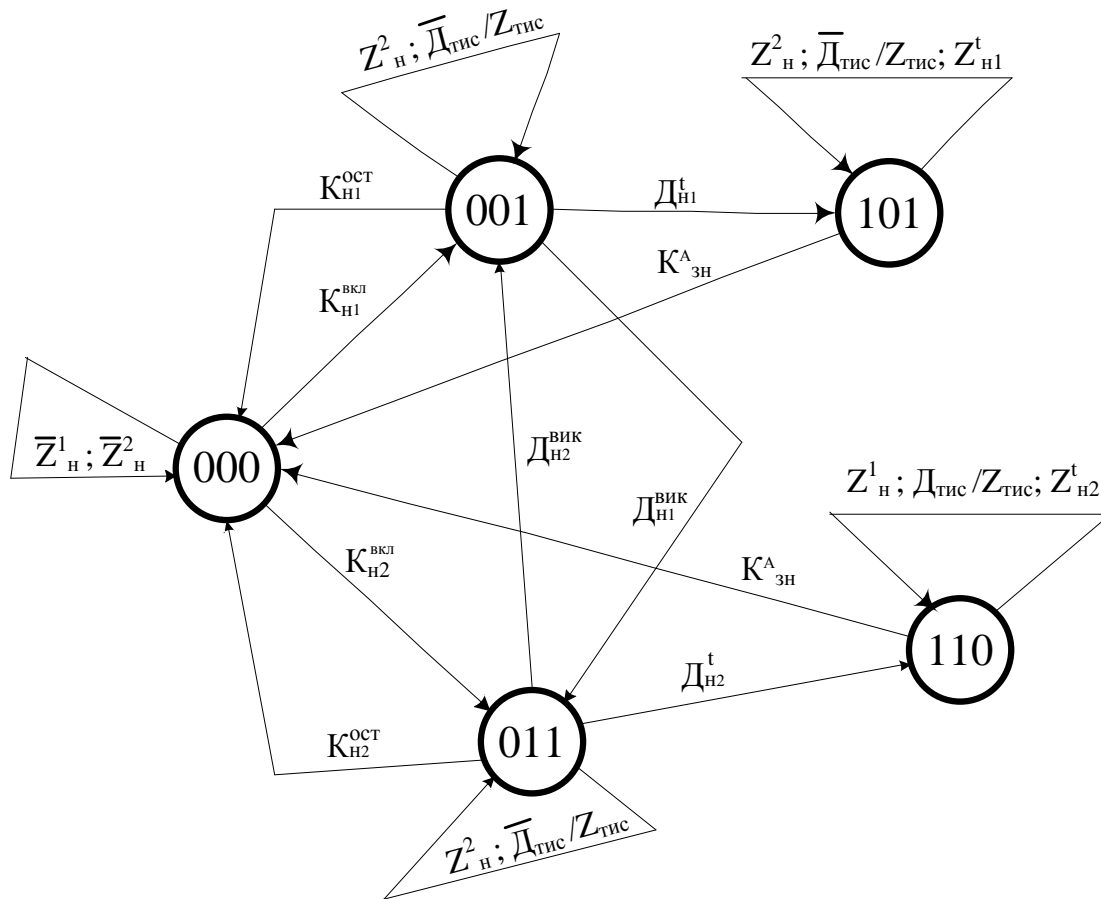


Рис. 2.3.1 Структурна математична модель електронної схеми пристрою роботи насоса водопостачальної свердловин

Схема електронного пристрою управління насосом водопстачальної свердловини, виходячи із структурної математичній моделі (рис.2.3.1) працює так. У стані «000» двигуни першого і другого насоса відключені від джерела живлення. При натисканні диспетчером кнопки $K_{H1}^{вкл}$ включається двигун першого насоса і структурна математична модель переходить у стан «001». який подає із скважини воду у 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 систему із скважини, не перериваючи процес заповнення води у трубопроводі. Якщо при роботі першого чи другого насосу (стан «001» або «011») в трубопроводі тиск став менше заданого значення, то до диспетчера з електронного пристрою надходить сигнал про зниження тиску в системі ($Z_{\text{тис}}$). Якщо при роботі першого насосу температура його обмотки стала вищою допустимої норми, то структурна математична модель із стану «001» перейде у стан «101», де автоматично включиться двигун другого насосу і на табло у диспетчерську видається аварійний сигнал про перегрів обмотки першого двигуна ($Z_{\text{н1}}^t$). Якщо при роботі другого насосу (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 насосу і на табло видається аварійний сигнал про перегрів обмотки другого двигуна ($Z_{\text{н2}}^t$). Якщо при роботі першого чи другого насосу (стан «110» або «101») в трубопроводі тиск став менше заданого значення, то до диспетчера з схеми електронного пристрою надходить сигнал про зниження тиску в системі ($Z_{\text{тис}}$).

При необхідності виключити перший чи другий двигун насоса у процесі їх роботи, необхідно натиснути відповідні кнопки $K_{\text{н1}}^{\text{вик}}$ або $K_{\text{н2}}^{\text{вик}}$ (див. структурну математичну модель – стани «001» і «011»). Для зняття аварійної ситуації необхідно натиснути кнопку $K_{\text{зн}}^A$ і пристрій із стану «101» чи «110» перейде у початковий стан «000», де двигуни першого і другого насосу стануть відключеними від джерела живлення.

2.4. Знаходження логічних рівнянь роботи схеми електронного пристрою керування водопостачальним насосом у місті Конотопі

Згідно структури математичної моделі [6, 9], будемо таблиці її переходів та виходів, табл.2.4.1, табл.2.4.2 відповідно.

Таблиця 2.4.1

Таблиця переходів математичної моделі

Q_t	000	001	011	101	110
-------	-----	-----	-----	-----	-----

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

Таблиця 2.4.2

Таблиця виходів 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
\bar{Q}_i	000	001	011	101	110
D_i					
D_{H1}^t	-	-	-	-	-
D_{H2}^t	-	-	-	-	-
$D_{H1}^{ВИК}$	-	-	-	-	-
$D_{H2}^{ВИК}$	-	-	-	-	-
$\bar{D}_{ТИС}$	-	-	-	$Z_{ТИС}$	$Z_{ТИС}$
$K_{H1}^{ВКЛ}$	-	-	-	-	-
$K_{H2}^{ВКЛ}$	-	-	-	-	-
$K_{H1}^{ВИК}$	-	-	-	-	-
$K_{H2}^{ВИК}$	-	-	-	-	-
$K_{ЗН}^A$	-	-	-	-	-

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

позначино: $\Phi_1^1, \Phi_2^1, \Phi_3^1$, 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:

$$\begin{aligned} \Phi_1^1 &= K_{н1}^{вел} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee K_{н2}^{вкл} \cdot \bar{y}_3; & \Phi_1^0 &= K_{н1}^{вик} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee D_{н2}^t \cdot y_2 \vee K_{н1}^{вик} \cdot \bar{y}_3 \vee K_{зн}^A \cdot \bar{y}_2; \\ \Phi_2^1 &= K_{н2}^{вкл} \cdot \bar{y}_3; & \Phi_2^0 &= D_{н1}^{вик} \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee K_{н2}^{вик} \cdot \bar{y}_3 \vee K_{зн}^A \cdot \bar{y}_1; \\ \Phi_3^1 &= D_{н1}^t \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee D_{н2}^{вик} \cdot y_2; & \Phi_3^0 &= K_{зн}^A \cdot \bar{y}_2 \vee K_{зн}^A \cdot \bar{y}_1; \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \bar{Z}_н^1 &= \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; & \bar{Z}_н^2 &= \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; & Z_н^1 &= \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; & Z_н^2 &= \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; \\ Z_{н1}^t &= y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; & Z_{н2}^t &= y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; & Z_{тис} &= \bar{D}_{тис} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{D}_{тис} \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1. \end{aligned}$$

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ВОДОПОСТАЧАЛЬНИМ НАСОСОМ У МІСТІ КОНОТОПІ

3.1. Вибір елементної бази для побудови електронного пристрою керування водопостачальним насосом у місті Конотопі

Так як канонічні рівняння роботи схеми електронного пристрою керування роботою насосу водопостачальної свердловини задані у вигляді диз'юнктивно – нормальної форми, то для їх реалізації найбільш підходять програмуємі логічні матриці (ПЛМ) [1, 4, 7]. Програмуємі логічні матриці знайшли широке застосування у логічних інтегральних схемах (ПЛІС). До їх складу входить (ПЛМ), мікросхема К556РТ1.

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" [8]. Принцип побудови таких ПЛМ розглянемо на ПЛІС серії К556РТ1 [8]. Структурна схема даної ПЛІС приведена на рис. 3.2.1

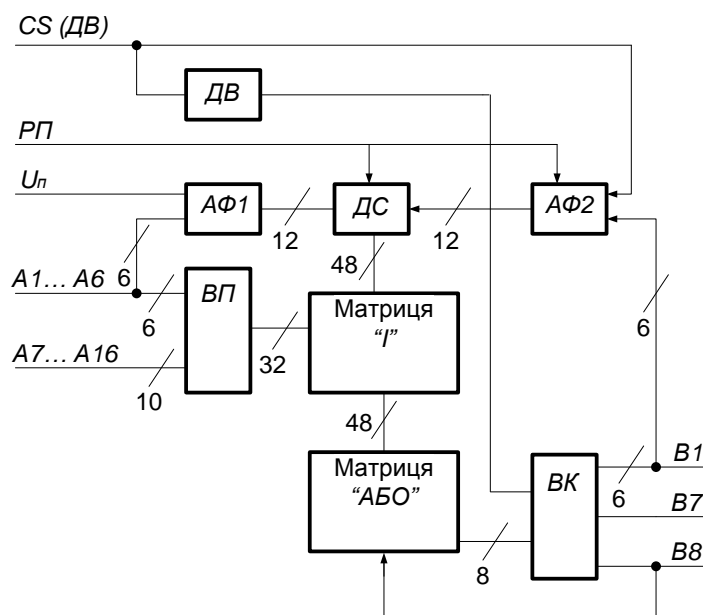


Рис 3.2.1 Структурна схема ПЛМ серії К556РТ1

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), програмуємі 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 ПЛІМ 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),

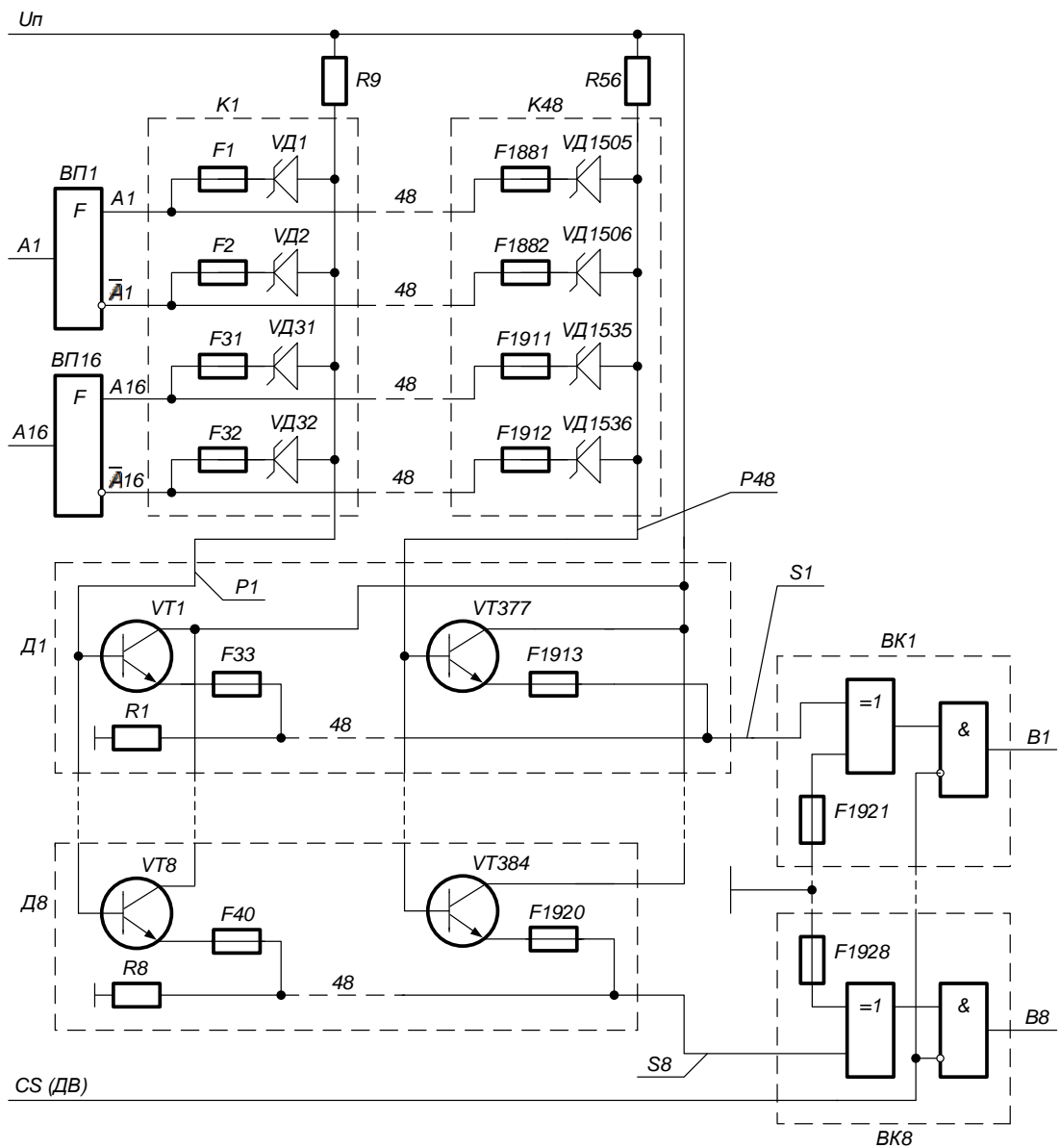


Рис. 3.2.2. Базова функціональна схема ПЛІМ серії К556РТ1

де ВП1...ВП16 – вхідні підсилювачі;

K1...K48 – кон'юнктори матриці "Г";
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 Шоттки;
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" [8].

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...S [8].

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 [8].

Умовне графічне позначення мікросхеми К556РТ1 приведено на рис. 3.2.3,

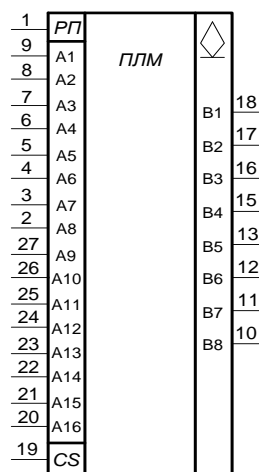


Рис. 3.2.3 Умовне графічне позначення мікросхеми К556РТ1

де входи і виходи мікросхеми визначають:

1 – вхід програмування РП;

- 2...9 – входи підключення вхідних змінних $A_1 \dots A_8$;
- 10...13 – виходи отриманих 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 дозволу роботи (вибору) мікросхеми;
- 20...27 – входи підключення вхідних змінних $A_{16} \dots A_9$;
- 28 – вхід подачі джерела живлення (+5В).

3.3. Рекомендації по програмуванню мікросхеми K556PT1

Програмування базової логічної матриці розглянемо на ПЛІС серії K556PT1. 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 перемичок в матриці "I". 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 "I" 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 [8].

3.4. Розробка електронної схеми керування водопостачальним насосом у місті Конотопі

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 $Z_n^1, Z_n^2, Z_{n1}^t, Z_{n2}^t, Z_{\text{тис}}, y_1^1, y_1^0, y_2^1, y_2^0, y_3^1, y_3^0$ присвоюємо номери їх кон'юнкторам: $k_1 = K_{n1}^{\text{вкл}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2$; $k_2 = K_{n2}^{\text{вкл}} \cdot \bar{y}_3$; $k_3 = K_{n1}^{\text{вик}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2$; $k_4 = D_{n2}^t \cdot y_2$; $k_5 = K_{n2}^{\text{вик}} \cdot \bar{y}_3$; $k_6 = K_{\text{зн}}^A \cdot \bar{y}_2$; $k_7 = D_{n1}^{\text{вик}} \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_8 = K_{\text{зн}}^A \cdot \bar{y}_1$; $k_9 = D_{n1}^t \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{10} = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$; $k_{11} = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{12} = y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$; $k_{13} = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1$; $k_{14} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{15} = \bar{D}_{\text{тис}} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{16} = \bar{D}_{\text{тис}} \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$. Використовуючи рекомендації, які приведені в [8], 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^1	Кон'юнктори													Рівень активності							
	Вхідні змінні													1	1	1	1	1	1	1	1
	D_{n1}^t	D_{n2}^t	$D_{n1}^{внк}$	$D_{n2}^{внк}$	$\bar{D}_{тис}$	$K_{n1}^{вкл}$	$K_{n2}^{вкл}$	$K_{n1}^{внк}$	$K_{n2}^{внк}$	$K_{3н}^A$	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	$Z_{тис}$	$Z_{н}$
	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		

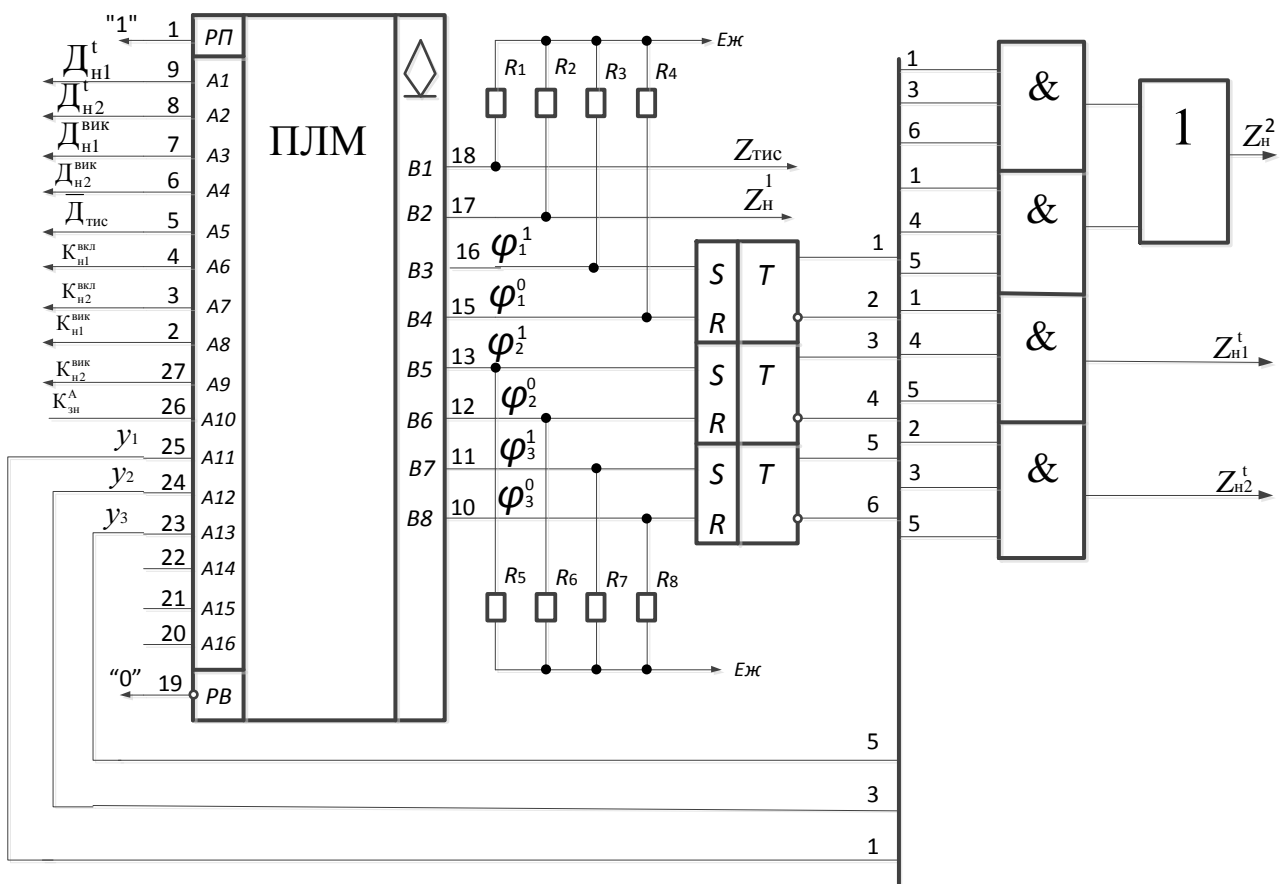


Рис. 3.4.1. Електронна схема пристрою управління насосом водопостачальної свердловини в м.Конотопі

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронну схему пристрій керування насосом водопостачальної свердловини 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 була спроектована схема електронного пристрою керування роботою насоса водопостачальної свердловини в місті Конотопі, 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 логічних рівнянь показав, що їх реалізацію найкраще виконати, використовуючи програмуємі логічні матриці (ПЛМ). У кваліфікаційній роботі показано, що для ПЛМ найкраще підходять мікрисхеми серії K556PT1. На основі цих мікросхем і була розроблена електронна схема пристрій керування за роботою насоса водопостачальної свердловини. Даний електронний пристрій був запрограмований на мові програмування використаної ПЛМ.

Розробка даної кваліфікаційної роботи показав можливість проектування електронних пристроїв управління насосом водопостачальної свердловин з використанням теорії автоматів і комп'ютерної логіки, що в свою чергу дало можливість застосовувати сучасну елементну базу, наприклад, ПЛМ.

Застосування даного проекту дозволить у значній мірі підвищити надійність роботи електронного пристрою керування роботою насоса водопостачальної свердловини, зробивши її оптимальною для обслуговування.

СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. *Алексенко А.Г., Шагурин И.И.* Микросхемотехника/ *Алексенко А.Г.*, М: Радио и связь, 1990 – 496с.
2. *Бабич М. А., Жуков И. А.* Компьютерная схемотехника/ *Бабич М. А.* – К. МК-Пресс, 2004 – 576с.
3. *Баранов С. И.* Синтез микропрограммных автоматов / *Баранов С. И.* – Ленинград; Энергия, 1979 – 232с.
4. *Блейкли Т. Р.* Проектирование цифровых устройств с малыми и большими интегральными схемами/ *Блейкли Т. Р.* – К: Вища школа, 1981 – 336с.
5. *Жабін В.І., Жуков І.А., Клименко І.А., Ткаченко* Прикладна теорія цифрових автоматів/ *Жабін В.І.*-К: Видавництво НАУ ,2007 -364с.

6. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодування/ Жураковський Ю.П. К: «Вища школа», 2001 – 255с.
7. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка / Матвієнко М.П. К: «Ліра-К», 2012 - 286с.
8. Отраслевой стандарт. ОСТ 11.340.915-82. Микросхеми интеральные серии 556(556РТ1, 556РТ2), Р556(Р556РТ1, Р556РТ2). Руководство по применению ОКП. 623 000.-51с.
9. Рутьнов, А. А. Автоматизація систем водопостачання і водовідведення / А.А. Рутьнов, К.Ю. Євстаф'єв. - М.: ИНФРА-М, 2010 – 256с.
10. Сомов, М. А. Водопостачання. Підручник / М.А. Сомов, Л.А. Квітка. - М.: ИНФРА-М, 2014 – 342с.