

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Факультет заочної форми навчання

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота бакалавра

**Розробка електронного пристрою управління глибоководною
скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач**

Студент гр. ЕІз-71к

С. О. Солоха

Науковий керівник

к.т.н., доцент

М. П. Матвієнко

Конотоп 2021

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присвячена розробці електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач.

Мета роботи – розробка електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач з використанням сучасної елементної бази електроніки для побудови високонадійних пристроїв керування.

При виконанні кваліфікаційної роботи, для управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач розроблений алгоритм, абстрактна та структурна математичні моделі роботи електронного пристрою.

Використовуючи структурну математичну модель роботи пристрою для управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води споживачів у місті Бахмач, на основі таблиць переходів і виходів отримані канонічні рівняння його роботи. Мінімізація і аналіз канонічних рівнянь роботи пристрою показали, що найкращим варіантом їх реалізації є програмуємі логічні матриці типу K556PT1 з застосуванням *RS* – тригерів.

Робота викладена на 29 сторінках, у тому числі включає 8 рисунків, 3 таблиці, список цитованої літератури із 12 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, ГОЛОВНИЙ НАСОС, ГЛИБОКОВОДЬНА СКВАЖИНА, АБСТРАКТНА ТА СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ТАБЛИЦІ ПЕРЕХОДІВ–ВИХОДІВ, ПРОГРАМУЄМА ЛОГІЧНА МАТРИЦЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯМ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ МІСТ	5
1.1. Водопостачання з відкритими джерелами водозабору.....	5
1.2. Водопостачання з закритими джерелами водозабору	6
1.3. Технічні основні вимоги до джерел водопостачання.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, АБСТРАКТНОЇ, СТРУКТУРНОЇ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ УПРАВЛІННЯ ГЛИБОКОВОДНОЮ СКВАЖИНОЮ ПРИ ЗАБОРУ І ПОДАЧІ ВОДИ ДО СПОЖИВАЧІВ У МІСТІ БАХМАЧ	11
2.1. Розробка алгоритму управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач	11
2.2. Розробка абстрактної математичної моделі управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів.....	12
2.3. Розробка структурної математичної моделі управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів.....	14
2.4 Розробка рівнянь роботи електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів.....	17
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ГЛИБОКОВОДНОЮ СКВАЖИНОЮ ПРИ ЗАБОРУ ВОДИ ДО СПОЖИВАЧІВ У МІСТІ БАХМАЧ	20
3.1. Аналіз і вибір елементної бази електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів.....	20
3.2. Принципи побудови вибраної базової ПЛМ.....	20
3.3. Рекомендації по програмуванню ПЛМ серії K556PT1	24
3.4. Розробка схеми управління та програми реалізації канонічних рівнянь роботи електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів.....	25
ВИСНОВКИ	28
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	29

ВСТУП

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

При водопостачанні, як правило, використовують водонапірні і очисні вежі, які служать для очищення та створення запасу води і підтримки необхідного тиску 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.

В деяких системах водопостачання насосні станції першого і другого підйому розміщують 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 відносно невеликій потужності водоносного пласту. Вони представляють собою дренажі різних типів або водозбірні галереї, які вкладають у межі водоносного пласту. Вода, що надійшла з ґрунту в дренажні труби або галереї, подається у водозбірний колодязь, а звідти відкачується насосами.

Із вище сказаного слідує - не залежно від виду забору води, у різних технологіях використовують насоси, причому, їх завжди є два (працюючий і резервний).

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТА КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯМ ДЛЯ НАСЕЛЕННЯ МІСТ

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

1.1. Водопостачання з відкритих джерел водозбору

Водопостачання для міст зніюється з відкритих або закритих джерел водозбору [1, 2]. Одна із структурних схем водопостачання з річки наведена на рис. 1.1.1,

(с) SanitaryWork.ru

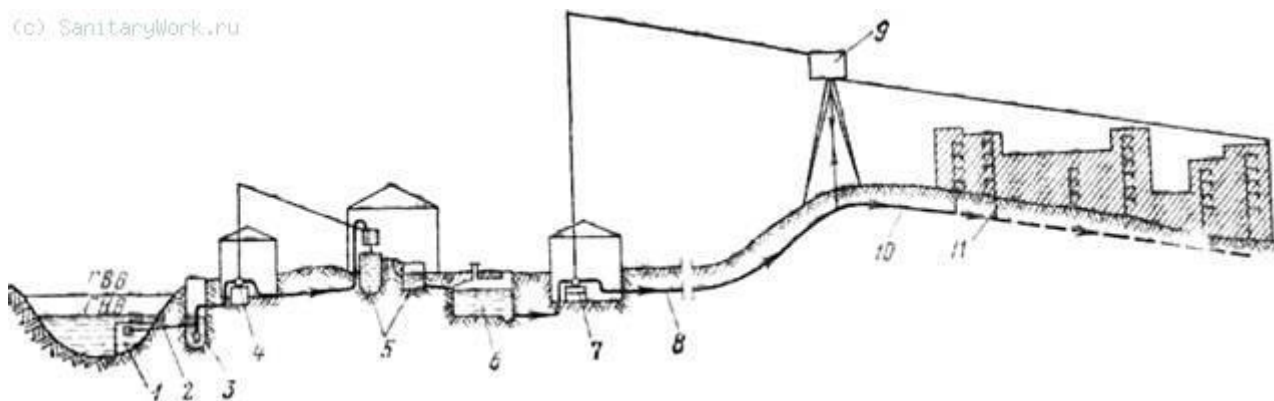


Рис.1.1.1. Схема водопостачання з річки

де 1 - водоприймач, 2 - труби, 3 - колодязь, 4 - насосна станція першого підйому, 5 - очисні 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 з 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 з річки і самопливом по трубах 2 надходить в береговий колодязь 3. З криниці 3 насосною станцією 4 першого підйому вода подається в очисні споруди 5, у яких вона відстоюється, фільтрується і дезинфікується [2].

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

Водонапорну вежу використовують для створення запасу води та підтримки 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 [1, 2].

Якщо біля берега глибина така, що забезпечується забір води, то слід застосовувати берегові водозабори. При заборі малих витрат води застосовують роздільні типи в складі берегового водоприймача, всмоктуючих труб і насосних станцій.

В деяких системах водопостачання насосні станції першого і другого підйому можуть бути розміщені в одному приміщенні. У таких 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 [1].

1.2. Водопостачання із закритих джерел водозбору

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'яризи - примітивно влаштовані водозабірні споруди, які застосовуються для сільськогосподарського водопостачання і зрошування земельних ділянок у напівпустельних районах з невитриманим 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;

6) каптажі джерел.

Водопостачання з артезіанських свердловин

Схема водопостачання з артезіанських свердловин (рис. 1.2.1) [2],

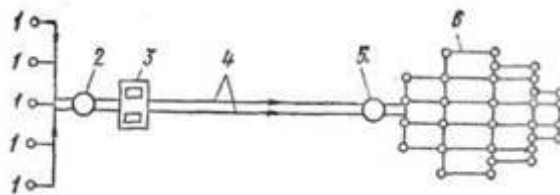


Рис.1.2.1. Структурна схема водопостачання з артезіанських свердловин

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 водозбори, трубчасті колодязі** та ін.

Шахтні колодязі

Шахтні колодязі застосовують в незначних кількостях із безнапірних водоносних шарів з глибини до 20 м [2]. Найчастіше їх використовують у 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 [2]. 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.

Трубчасті колодязі

Трубчасті колодязі роблять шляхом буріння у землі вертикальних свердловини [2]. У більшості порід стінки свердловини доводиться зміцнювати сталевими обсадними трубами, які утворюють трубчастий колодязь. 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 частину - (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.

1.3. Основні технічні вимоги до систем водопостачання

Незважаючи на високий рівень вимог до водопостачення по безперервності подачі води в квартири, рівень автоматизації на цих підприємствах досить низький, а часто і зовсім він відсутній. 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 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 контроль 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, АБСТРАКТНОЇ, СТРУКТУРНОЇ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ТА КАНОНІЧНИХ РІВНЯНЬ УПРАВЛІННЯ ГЛУБОКОВОДНОЮ СКВАЖИНОЮ ПРИ ЗАБОРУ І ПОДАЧІ ВОДИ ДО МІСЦЕВОГО НАСЕЛЕННЯ У МІСТІ БАХМАЧ

2.1. Розробка алгоритму управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення у місті Бахмач

У розділі 1 показано, що не залежно від виду водопотачення у ньому, для постачання води до міст, приймають участь два головних насоси: один насос працює, а другий знаходиться у горячому резерві і навпаки. Тобто, відключення одного насосу приводить до необхідності включення другого і навпаки. Виходячи із сказаного вище, виконуються наступні залежності в роботі електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення у місті Бахмач [1, 2]:

- увімкнення насосів у ручну;
- увімкнення резервного насоса автоматично при аварійній зупинці працюючого;
- недопустимості одночасної роботи двох насосів;
- контроль тиску води у трубопроводах обох насосів;
- контроль температури роботи насосів;
- діагностика відмови роботи насосів;

Користуючись наведеними вище функціями, словесний опис алгоритму електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення у місті Бахмач, можна записати у наступному вигляді:

- 1) у початковому стані обидва головні насоси відключені;
- 2) при необхідності подачі води до місцевого населення диспетчер за допомогою кнопки включає один із насосів;
- 3) диспетчер у будь – який час може зупинити працюючий насос для його профілактики і запустити в роботу інший;

4) при виникненні аварії (перевищення температури) у одному із працюючих насосів глибоководної скважини - він повинен відключитись і автоматично включитись у роботу резервний насос ;

4) при виникненні аварії (перевищення температури) у обмотці одного із працюючих насосів, повинна послідувати команди: одна діагностична, яка буде вказувати диспетчеру про причину аварії, а друга - на включення в роботу резервного насосу, що теж повинно бути відображено у диспетчера;

5) при виникненні аварії (відсутність необхідного тиску) у трубопроводі одного із насосів, повинна послідувати діагностичні команди про висвітлення на диспетчерському пункті - про цю аварію і команда на включення в роботу резервного насосу з її відображенням у диспетчера.

2.2. Розробка абстрактної математичної моделі управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення

Використовуючи алгоритм, дана математична модель, згідно [3, 4, 5] матиме вигляд, наведений на рис. 2.2.1.

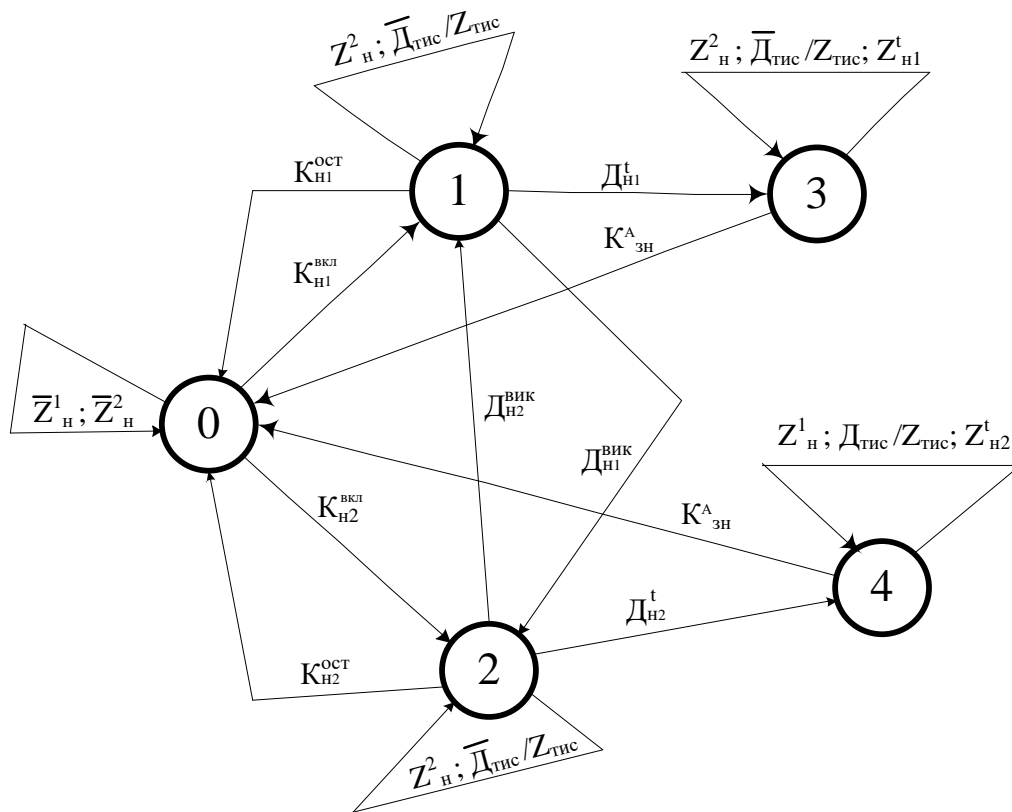


Рис. 2.2.1. Абстрактна математична модель електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення у місті Бахмач

В даній абстрактній математичній моделі прийняті наступні позначення для:

кнопок управління і датчиків

$D_{н1}^t$ – датчик перегріву обмотки двигуна першого насоса;

$D_{н2}^t$ – датчик перегріву обмотки двигуна другого насоса;

$D_{н1}^{внк}$ – датчик виключення двигуна першого насоса;

$D_{н2}^{внк}$ – датчик виключення двигуна другого насоса;

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

$K_{н1}^{вкл}$ – кнопка включення двигуна першого насоса;

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

$K_{н1}^{внк}$ – кнопка виключення двигуна першого насоса;

$K_{н2}^{внк}$ – кнопка виключення двигуна другого насоса;

$K_{зп}^A$ – кнопка зняття аварії;

сигналів управління

Z_n^1 – сигнал на включення двигуна першого насоса;

Z_n^2 – сигнал на включення двигуна другого насоса;

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

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

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

Електронний пристрій управління глибоководною скважиною при заборі і постачанні води по абстрактній математичній моделі (рис.2.2.1) працює так.. У початковому стані «0» двигуни першого і другого насосів не працюють (відключені від джерела живлення). При натисканні диспетчером кнопки $K_{н1}^{вкл}$ включається двигун першого насоса (абстрактна математична модель переходить у стан «1»). який подає воду із глибоководної скважини у водоводну систему. Якщо спрацював датчик виключення двигуна першого насоса $D_{н1}^{внк}$, то абстрактна математична модель переходить у стан «2» і

електронний пристрій автоматично включає двигун другого насоса, який продовжує подавати воду із глибоководної 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 ($Z_{\text{тис}}$). 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 диспетчера видається аварійний сигнал про перегрів обмотки першого двигуна ($Z_{\text{н1}}^t$). 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 диспетчера видається аварійний сигнал про перегрів обмотки другого двигуна ($Z_{\text{н2}}^t$). 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 ($Z_{\text{тис}}$).

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. абстрактну математичну модель – стани «1» і «2»). Для зняття аварійної ситуації необхідно натиснути кнопку $K_{\text{зн}}^{\text{А}}$ і пристрій із стану «3» чи «4» перейде у початковий стан «0», де двигуни першого і другого насоса будуть відключені від джерела живлення.

2.3. Розробка структурної математичної моделі управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення

Для перетворення абстрактної математичної моделі в структурну необхідно у відповідності з [4, 6, 7] закодувати її стани. При кодуванні використаємо двійковий код. Кількість розрядів двійкового нормального коду (елементів пам'яті) можна знайти з 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, який показує на найбільше ціле додатне число.

Використовуючи (2.3.1), отримаємо $n = 3$. Тобто, для реалізації п'яти станів структурної математичної моделі необхідно 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 – 000; 1 – 001; 2 – 011; 3 – 101; 4 – 110. Тоді структурна математична модель матиме вигляд (рис. 2.3.1).

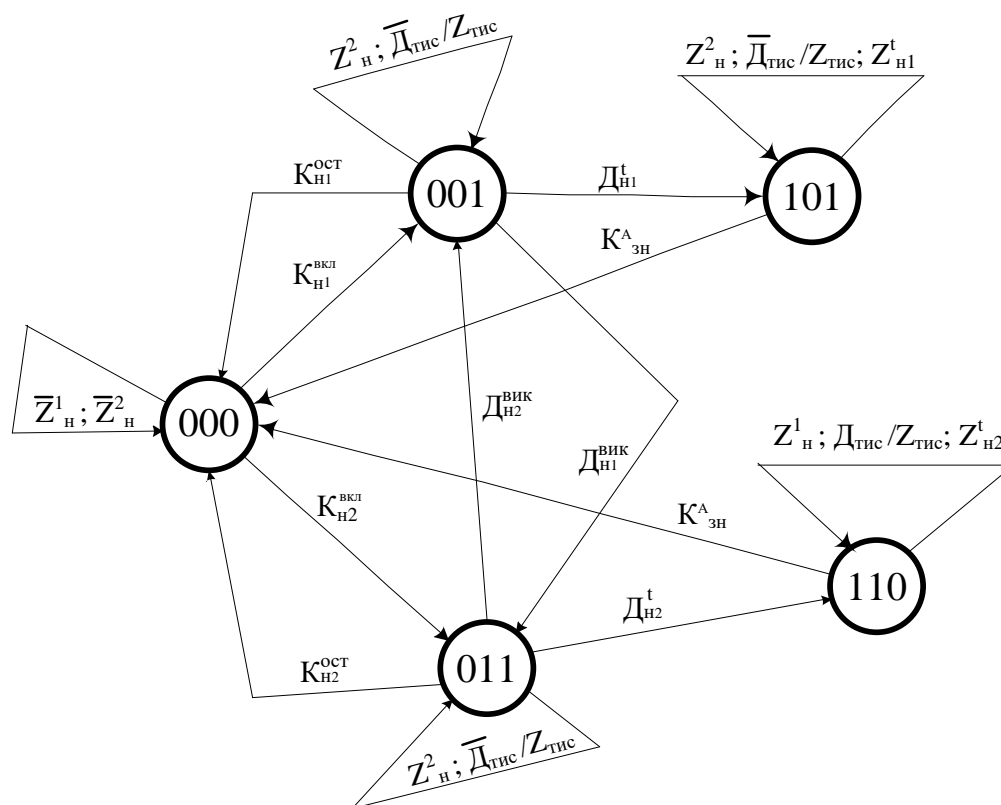


Рис. 2.3.1 Структурна математична модель електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення у місті Бахмач

Електронний пристрій управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення у місті Бахмач згідно структурної математичної моделі (рис.2.3.1) працює так. У стані «000» двигуни першого і

другого насосу не працюють (відключені від джерела живлення). При натисканні кнопки $K_{н1}^{вкл}$ включається двигун першого насосу (структурна математична модель переходить у стан «001»). У якому двигун першого насосу подає із глибоководної скважини воду у водоводну систему міста. Якщо спрацював датчик виключення двигуна першого насоса $D_{н1}^{вик}$ (виникла підвищена температура його обмотки), то математична модель переходить у стан «011» і електронний пристрій автоматично включає двигун другого насоса, який продовжує із глибоководної скважини подавати воду у водоводну систему міста Бахмач, 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 ($Z_{тис}$). 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 диспетчеру надходить аварійний сигнал про перегрів першого двигуна ($Z_{н1}^t$). 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 у диспетчера висвітлиться аварійний сигнал про перегрів обмотки другого двигуна ($Z_{н2}^t$). Якщо при роботі першого чи другого насосу (стан «110» або «101») в трубопроводі тиск став менше заданого значення, то у диспетчера висвітлиться сигнал ($Z_{тис}$) про зниження тиску в системі трубопроводів міста Бахмач.

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

2.4. Розробка рівнянь роботи електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення

Використовуючи структурну математичну модель, згідно [4, 9, 10, 11] будемо 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	-	-
$\bar{D}_{ТІС}$	-	-	-	-	-
$K_{H1}^{ВКЛ}$	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					
D_i	000	001	011	101	110
D_{H1}^t	-	-	-	-	-

D_{H2}^t	-	-	-	-	-
$D_{H1}^{ВИК}$	-	-	-	-	-
$D_{H2}^{ВИК}$	-	-	-	-	-
\bar{D}_{TIC}	-	-	-	Z_{TIC}	Z_{TIC}
$K_{H1}^{ВКЛ}$	-	-	-	-	-
$K_{H2}^{ВКЛ}$	-	-	-	-	-
$K_{H1}^{ВИК}$	-	-	-	-	-
$K_{H2}^{ВИК}$	-	-	-	-	-
K_{3H}^A	-	-	-	-	-

Використовуючи таблицею переходів (табл. 2.4.1), знаходимо функції переходів 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:

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

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 ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ГЛУБОКОВОДНОЮ СКВАЖИНОЮ ПРИ ЗАБОРУ ВОДИ ДО МІСЦЕВОГО НАСЕЛЕННЯ У МІСТІ БАХМАЧ

3.1. Аналіз і вибір елементної бази електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення

Враховуючи те, що рівняння роботи пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення у місті Бахмач представлені у вигляді ДНФ, то для їх реалізації підходять програмуємі логічні матриці (ПЛМ) [4, 12]. Програмуємі логічні матриці знайшли широке застосування у логічних інтегральних схемах (ПЛІС). У їх складі відомі ПЛМ К556РТ1, КР556РТ2, КР556РТ21.

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 [5, 12]. Структурна схема даної ПЛІС приведена на рис. 3.2.1

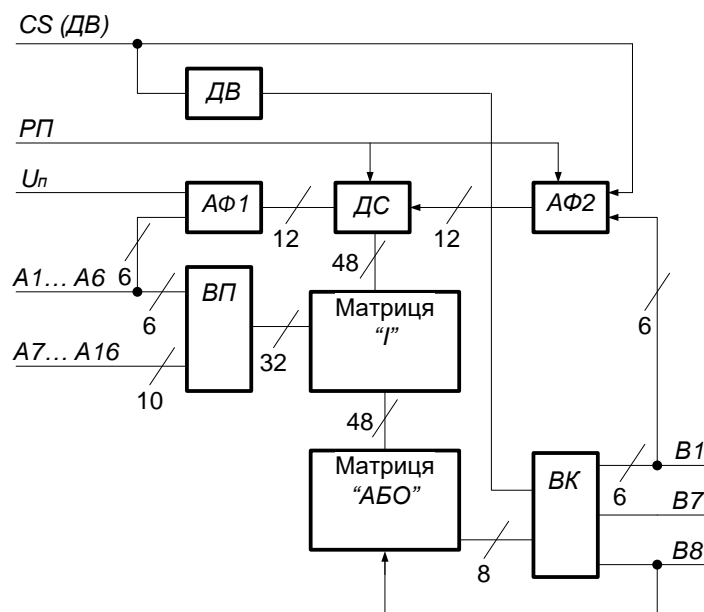


Рис 3.2.1 Структурна схема ПЛМ серії К556РТ1

Дана ПЛІС включає кон'юнктори (матрицю "І"), диз'юнктори (матриця "АБО"), вхідні підсилювачі (ВП), вихідні каскади (ВК), дозвону схему вибірки кристалу (ДВ), дешифратор програмуємий, адресні формірователі програмуємі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі формують прямі і інверсні значення вхідних змінних по всім входам (А1...А16) [12].

Дешифратор програмуємий (ДС) і програмуємі адресні формірователі (АФ1, АФ2) використовують тільки в режимах програмування і контролю ПЛІС.

Для більш повного розуміння принципу побудови ПЛМ розглянемо базову функціональну схему ПЛІС серії К556РТ1, яка включає лише основні вузли схеми матриці "І", "АБО", вхідні і вихідні каскади (рис 3.2.2) [3, 12],

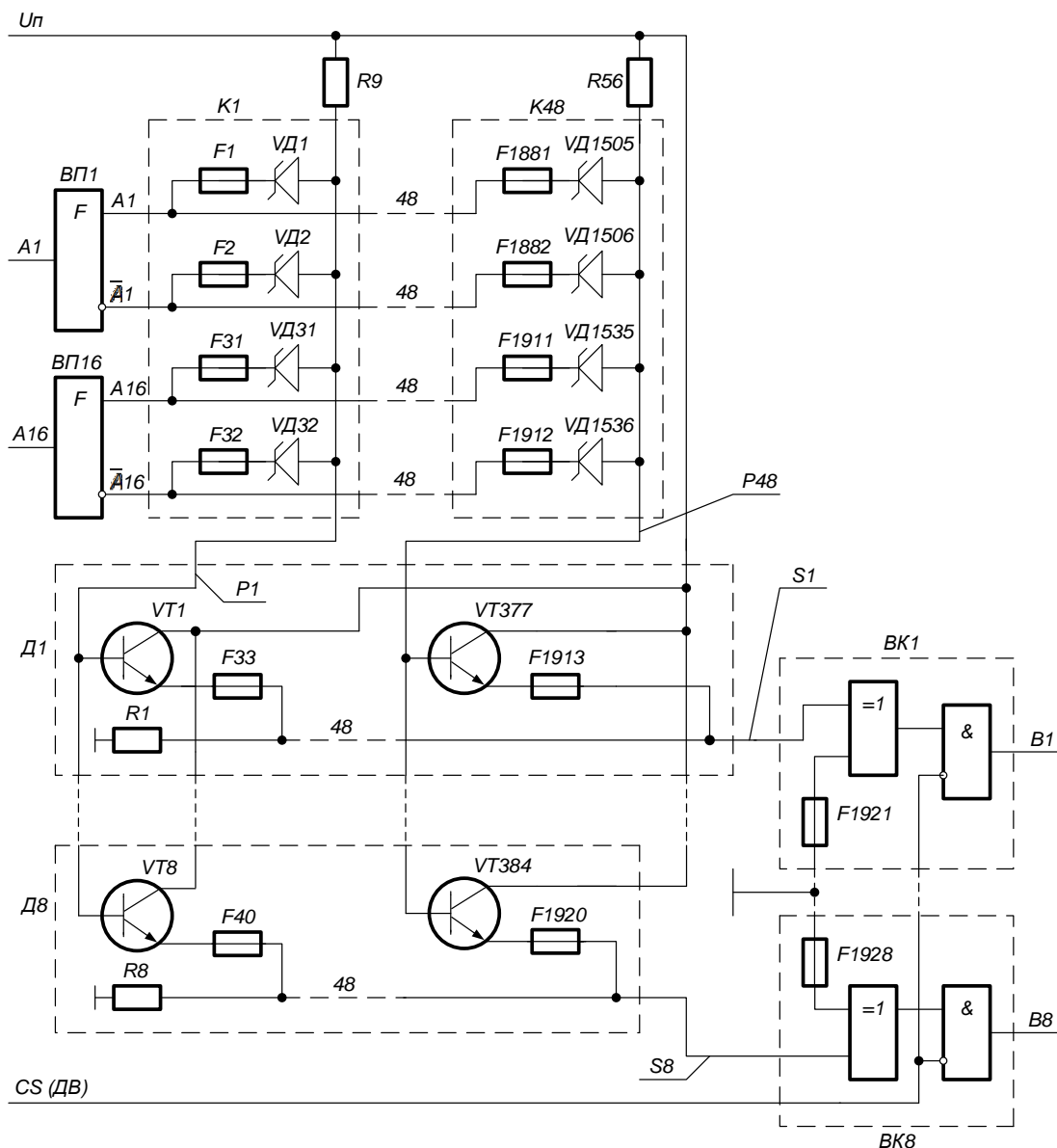


Рис. 3.2.2. Базова функціональна схема ПЛМ серії K556PT1

де ВП1...ВП16 – вхідні підсилювачі;

К1...К48 – 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" [3, 12].

Основними вузлами мікросхеми K556PT1 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 ПЛІС), кожний із яких може бути вибірково з'єднаний з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів [3,12].

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 [3,12].

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 [3,12].

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

ПЛС 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 "Г" 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 [3,12].

Умовне графічне позначення мікросхеми К556РТ1 приведено на рис. 3.2.3,

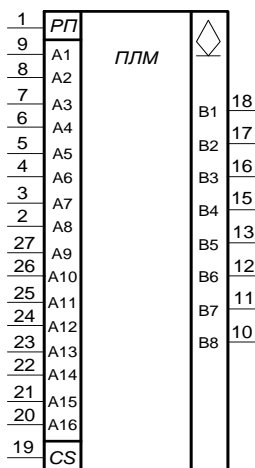


Рис. 3.2.3 Умовне графічне позначення мікросхеми K556PT1

де входи і виходи мікросхеми визначають:

1 – вхід програмування РП;

2...9 – входи підключення вхідних змінних $A_1...A_8$;

10...13 – виходи отриманих функцій $B_8...B_5$;

14 – спільний вихід (вихід подачі "0" B);

15...18 – виходи отриманих функцій $B_4...B_1$;

19 – вхід дозволу роботи (вибору) мікросхеми;

20...27 – входи підключення вхідних змінних $A_{16}...A_9$;

28 – вхід подачі джерела живлення (+5В).

3.3. Рекомендації з програмування ПЛМ серії K556PT1

Програмування і контроль 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) [12].

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 "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 [12].

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.

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

Електронна схема пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення у місті Бахмач, яка виконана із застосуванням ПЛМ, наведена на рис. 3.4.1.

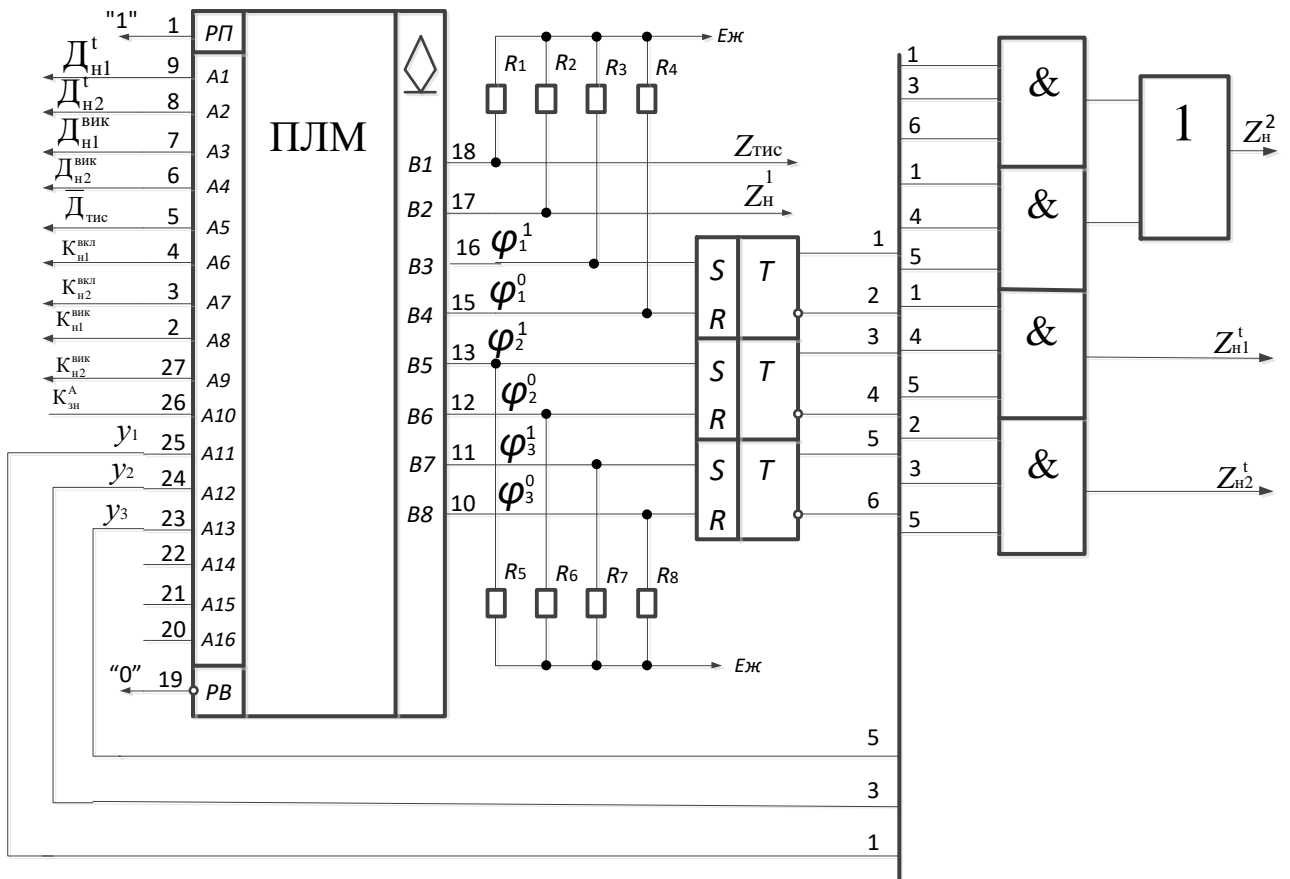


Рис. 3.4.1. Електронна схема пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до місцевого населення міста Бахмач виконана із застосуванням ПЛМ

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронний пристрій управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач з використанням сучасних засобів мікроелектроніки. Такий електронний пристрій розроблено з використанням теорії комп'ютерної логіки, теорії автоматів, теорії алгоритмів і графів.

На підставі розробленого алгоритмічного та математичного забезпечення був спроектований електронний пристрій управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач, 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 рівнянь показав, що їх реалізацію найкраще виконати, використовуючи програмуємі логічні матриці (ПЛМ). У кваліфікаційній роботі показано, що у якості ПЛМ найкраще підходять ПЛМ серії К556РТ1. На основі таких ПЛМ і було розроблено електронний пристрій управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач. Даний пристрій запрограмований на мові програмування використаної ПЛМ.

Застосування даної роботи дозволить у значній мірі підвищити надійність роботи електронного пристрою управління глибоководною скважиною при заборі і подачі води до споживачів у місті Бахмач, зробивши її оптимальною для обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. *Рульнов, А. А.* Автоматизація 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. *Матвієнко М.П.* Комп'ютерна логіка / *Матвієнко М.П.* К: «Ліра-К», 2012 - 286с.
4. *Матвієнко М.П.* Комп'ютерна логіка / *Матвієнко М.П.* К: «Ліра-К», 2017 - 324с.
5. *Матвієнко М.П.* Проектування цифрових пристроїв / *Матвієнко М.П.* К: «Ліра-К», 2018 - 264с.
6. *Алексенко А.Г., Шагурин И.И.* Микросхемотехніка/ *Алексенко А.Г.,* М: Радио и связь, 1990 – 496с.
7. *Бабич М. А., Жуков И. А.* Компьютерная схемотехника/ *Бабич М. А.* – К. МК-Пресс, 2004 – 576с.
8. *Жураковський Ю.П., Полторак В.П.* Теорія інформації та кодування/ *Жураковський Ю.П.* К: «Вища школа», 2001 – 255с.
9. *Баранов С. И.* Синтез микропрограммных автоматов / *Баранов С. И.* – Ленинград; Энергия, 1979 – 232с.
10. *Блейкли Т. Р.* Проектирование цифровых устройств с малыми и большими интегральными схемами/ *Блейкли Т. Р.* – К: Вища школа, 1981 – 336с.
11. *Жабін В.І., Жуков І.А., Клименко І.А., Ткаченко* Прикладна теорія цифрових автоматів/ *Жабін В.І.*-К: Видавництво НАУ, 2007 -364с.
12. *Отраслевой стандарт.* ОСТ 11.340.915-82. Микросхеми інтегральні серії 556(556РТ1, 556РТ2), Р556(Р556РТ1, Р556РТ2). Руководство по применению ОКП. 623 000.-51с.