МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Факультет денної форми навчання

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Кваліфікаційна робота

Розробка електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт

Студент гр. ЕП-61к М. І. Тимченко

Науковий керівник
к.т.н., доцент М. П. Матвієнко

Конотоп 2020

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присв’ячена розробці електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт.

Об’єктом розробки такого пристрою є погрузочні пункти редьсової дороги для автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт.

Метою роботи є розробка електронного пристрою автоматичного зазвантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт.

При виконанні кваліфікаційної роботи по розробці електронного пристрою автоматичного зазвантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт розроблений алгоритм, абстрактна та структурна математичні моделі роботи такого пристрою. Задані математичні моделі, які представлені графічно у вигляді автоматів Мура.

Використовуючи структурну математичну модель роботи пристрою для автоматичного зазвантаження вугілля у залізничні вагонетки на основі таблиць переходів та виходів отримані канонічні рівняння його роботи. Мінімізація і аналіз цих кононічних рівнянь показали, що найкращим варіантом їх реалізації є програмуємі логічні матриці (ПЛМ) із застосуванням *RS* - тригерів.

Робота викладена на 32 сторінках, у тому числі включає 7 рисунків, 3 таблиці, список цитованої літератури із 15 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, АВТОМАТИЧНЕ ЗАВАНТАЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ, ЗАЛІЗНИЧНІ ВАГОНЕТКИ, НАВКОЛОСТВОЛЬНЕ ПОДВІР’Я ШАХТИ, ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПУНКТ, АБСТРАКТНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ТАБЛИЦЯ ПЕРЕХОДІВ ТА ВИХОДІВ, ПЛМ, ПРОГРАМУВАННЯ ПЛМ.

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....4

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ У ЗАЛІЗНИЧНІ ВАГОНЕТКИ ШАХТ ……..5

1.1. Види, призначення та функції пунктів автоматичного завантаженя вугілля у залізничні вагонетки шахт ……5
1.2. Головні операції, склад і принцип дії типової схеми автоматизованого завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт ……..6

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО ЗАЗВАНТАЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ У ЗАЛІЗНИЧНІ ВАГОНЕТКИ ШАХТ ……9

2.1. Розробка етапів проектування електронного пристрою та алгоритму його роботи при автоматичному завантаженні вугілля у залізничні вагонетки шахт ……...9
2.2. Розробка структурної математичної моделі та канонічних рівнянь роботи електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт ……13

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ У ЗАЛІЗНИЧНІ ВАГОНЕТКИ ШАХТ …… 20

3.1 Вибір елементної бази електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт ……20
3.2. Розробка схеми електронного пристрою автоматичного зазвантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт ……...27

ВИСНОВКИ.....30

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....31

Вступ

Рейковий транспорт на шахті є найбільш розповсюдженим, незважаючи на властиві для нього недоліки - переривність, значна різноманітність і територіальна розповсюдженість технологічних операцій і механізмів.

Головною задачею автоматизації завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт є: скорочення часу на маневрування потягів та ручних операцій, підвищення якості завантаження залізничних вагонеток шахт, зменшення кількості обслуговуючого персонала, підвищення продуктивності рухомого складу, забезпечення безаварійності та безпеки руху.

Продуктивність будь-якої шахти, де для транспортування вугілля застосовують рейковий транспорт, у значній мірі залежить від технічного оснащення своєї головної магістралі при автоматичному завантаженні шахтних вагонеток у процесі їх руху [11], яка у значній мірі залежить від збільшення напрацювання пристроїв її керування на відмову, а це може бути досягнуто шляхом виконання їх на засобах мікроелектроніки, з використанням програмуємих логічних матриць.

Збільшення видобутку вугілля є основним завданням топливно-енергетичного комплексу, що веде до енергонезалежності країни. Рейковий електровозний транспорт є з'єднуючим ланцюгом між процесом добування вугілля, його завантаженням, транспортуванням і розвантаженням у ствола шахти для подальшого транспортування через піднімальні установки на поверхність шахти.

Ритмічність доставки вугілля на поверхність шахти в значній мірі залежить від автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт. Підвищення ритму роботи можна досягти за рахунок використання сучасних електронних пристроїв керування автоматичним завантаженням вугілля у залізничні вагонетки шахт.

РОЗДІЛ 1

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ У ЗАЛІЗНИЧНІ ВАГОНЕТКИ ШАХТ

1.1. Види, призначення та функції пунктів автоматичного завантаженя вугілля у залізничні вагонетки шахт

Завантажувальні пункти прзначені для перезавантаження вугілля із ємностей або безпосередньо із конвеєра у залізничні вагонетки шахт для подальшого транспортування до поверхності. Завантажувальні пункти поділяють на переносні, напівстаціонарні і стаціонарні [1, 2].

Переносні завантажувальні пункти застосовують на відкаточних штреках, у містах стиковки із лавою і виконують по однорельсовій тупиковій схемі з відтстаючою разминовкою або двохшляховою човниковою схемою з симетричною розминовкою.

Напівстационарні завантажувальні пункти, найбільш розповсюджені в шахтах. Їх будують на термін від кількох місяців до двух років і виконують у більшості випадків за човниковою технологічною схемою.

Стаціонарні завантажувальні пункти будують на головних відкаточних виработках по двошляховій човниковій технологічній схемі з завантаженням вагонеток із накопичуючого бункера на термін експлуатації більше двох років.

Головними функціями автоматизиованих навантажувальних пунктів є: навантажування вагонеток із конвеєра або накопичуючого бункера, переміщення потяга у процесі завантаження вагонетки і при зміні вагонеток, перекривання міжвагонеточного простору при заміні вагонеток, пилоподавлення, ущілнення вугілля у вагонетці, контроль ступені завантаження вагонетки і точності її розміщення [1, 3]. При цьому повинно забезпечуватися автоматичне виконання заданної послідовності технолоічних операцій, необхідних захистів та блокувань.

Для автоматичного завантаження вугілля у вагонетки необхідно забезпечити:

1) рівномірне розприділення вугілля у вагонетці для максимального використання її об'ема;

2) припинення або змінення напряму руху вугілля без просипання його із зміною вагонеток під завантаженням;

3) контролювання заповнення вагонетки вугіллям і її положения відносно завантажувального люка.

Від чіткої работи стаціонарного завантажувального пункта залежить работа всіх ланцюгів шахтного транспорта, а в деяких випадках пропускна властивість завантажувального пункта лімітує і добування вугілля.

1.2. Головні операції, склад і принцип дії типової схеми автоматизованого завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахтн

Головними операціями при автоматичному завантаженні вугілля у залізничні вагонетки шахт є [2, 3, 4, 5]:

1) подача порожних вагонеток до міста завантаження, пересування їх під час завантаження без заштибовки вугіллям між вагонеточного простору;

2) завантаження вагонеток.

Для подачи та пересування вагонеток використовуються різні типи товкачів. Для завантаження вагонеток вугіллям розроблені різні типи проміжних бункерів малої ємкості, але такої, щоб вона була розрахована на прийом вугілля із забоїв при більш або менш довгих переривах у завантаженні, що дозволить забезпечити непреривну работу конвеєрної лінії і є дуже важливою умовою для работи очистних забоїв, які обслуговує ця лінія.

Автоматизовані комплекси завантажувальних (АКЗ) пунктів слугують для завантаження ешалонів шахтних вагонеток [1, 5, 6]. У комплекс АКЗ входить маслостанція, гідравлічний товкач 3, перекриватель 5 міжвагонеточного простору з гідравлічним приводом 1, датчики контролю заповнення вагонетки ДП3 і датчики положення вагонетки ДП1, ДП2 з рабочим органом 2 під завантажувальним

пристроєм. Типова технологічна схема автоматизованого завантажувального пункта шахти наведена на рис. 1.2.1. Вона працює наступним

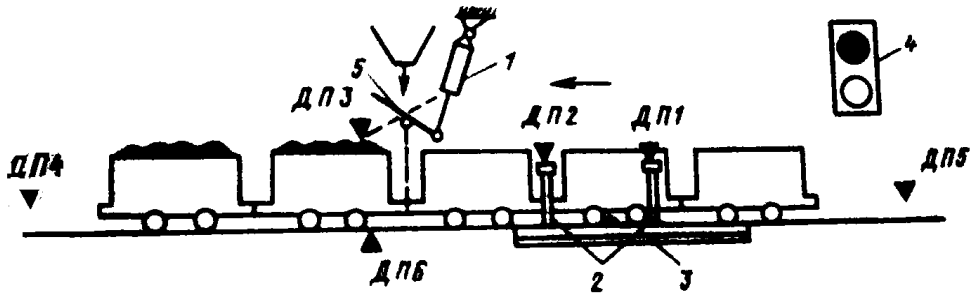

Рис. 1.2.1. Типова технологічна схема автоматизованого завантажувального пункта шахти

чином. У процесі завантаження вагонетки датчик заповнення ДП3 контролює рівень завантаження вагонетки. При підійманні конуса вугілля створки датчика піднімаються вверх і діють через трьох ходовий кран на подачу рідини в гідроциліндр товкача для проштовхування вагонетки. Насипаний конус вугілля виходить із зони дії датчика, створки його опускаються, трьох ходовий кран перекривається і зупиняється товкач на час насипання наступного конуса вугілля і т.д.

Після заповнення останнього конуса вугілля у вагонетці спрацьовує робочий орган 2 датчиков положення вагонетки і вмикається гідропривод 1 на поворот завантажувального лотка для направлення потока вугілля у порожню вагонетку. Одночасно товкач пересуває ешалон вагонеток вперід для зайняття новою порожньою вагонеткою початкового положення для завантаження. Сигнал про початкове положення видає робочий орган 2 гідродатчиків ДП1, ДП2, товкач зупиняється, завантажувальний лоток перевертається у попереднє рабоче положення, розпочинається завантаження першого конуса вугілля і цикл завантаження вагонетки повторюється.

Гідравлічний товкач 3 складається із рами, двох повзунів з кулаками, двох гідроциліндрів, крана керування гідророзпподіляча. Під час работи розпочинається змінна робота гідроприводів. При висуванні штока гідроциліндра вагонетка

захватується кулаком товкача і просувається. Якщо шток досягає свого крайнього положення, шток другого циліндра втягується в середину до кінця і своїм виступаючим упором поверне пробку крана керування. При цьому відбувається перемикання потока рідини із одного циліндра в інший, у результаті чрго змінюється напрям руху кулаків.

В електричну схему комплекса входять контактні датчики положення вагонетки. Датчик ДП1 контролює надходження першої пустої вагонетки у зоні товкача і включає червоний вогонь світлофора 4, який забороняє машиністу подальшу подачу ешалона з вагонетками. Датчики ДП2 і ДП1 при відсутності вагонеток у їх зоні видають сигнал на заборону работи завантажувального пункта і включають зелений вогонь світлофора. Датчик ДП3 контролює пересипку вагонетки. Датчик ДП4 видає сигнал на заборону работи завантажувального пункта, щоб попередити вихід першої завантаженої вагонетки ешалона за межі розмикання. Датчик ДП5 видає заборону на работу при заході електровоза в зону розмикання завантажувального пункта. Сигнал від датчика ДП6 використовується для підрахунку вагонеток при завантаженні.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ У ЗАЛІЗНИЧНІ ВАГОНЕТКИ ШАХТ

2.1. Розробка етапів проектування електронного пристрою та алгоритму його роботи при автоматичному завантаженні вугілля у залізничні вагонетки шахт

Кроки проектування електронного пристрою. Для ефективного і надійного проектування електронного пристрою для завантаження вугілля у вагонетки шахт необхідно робити це покроково (науково – обгрунтовано), показуючи, у якій послідовності і що слід виконувати на кожному кроці [7, 8]. Це спрощує весь етап проектування у цілому й посилює його ефективність, спрощуючи апаратурну та програмну частини електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у вагонетки шахт, що веде до підвищення його надійності. Виходячи із цього, кроки проектування електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у вагонетки з використанням теорії автоматів матитуть такий зміст.

Перший крок. На цьому кроці проектування, на підставі словесного або іншого способу задання алгоритму роботи електронного пристрою для автоматичного завантаження шахтних вагонеток, будують його абстрактну математичну модель, яку задають у вигляді графа автомата Мура, Мілі. Для цього дугам математичної моделі присвоюють значення вхідних змінних, а станам – вихідних змінних.

Другий крок. На другому кроці проектування, використовуючи отриману на першому кроці абстрактну математичну модель роботи електронного пристрою для автоматичного завантаження шахтних вагонеток у вигляді автомата Мура, визначають кількість елементів пам’яті, яку необхідно застосувати в моделі, щоб відтворити її стани шляхом кодування і перетворюють абстрактну математичну модель у структурну, кодуючи її

стани відповідним чином.

Третій крок. На цьому кроці будують таблицю переходів та виходів електронного пристрою для автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт.

Четвертий крок. На четвертому кроці проектування з таблиці переходів та виходів знаходять канонічні рівняння роботи електронного пристрою для автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт. У подальшому необхідно виконати мінімізацію отриманих канонічних рівнянь, застосовуючи відповідні методи (Карно, Вейча тощо).

П’ятий крок. На цьому кроці вибирають елементну базу (логічні елементи, мультиплексори, програмовані логічні пристрої тощо) і будують електронний пристрій для автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт.

На основі описаних технічних вимог і першого кроку проектування електронного пристрою для автоматичної завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт, алгоритм його роботи у вигляді математичної моделі графа автомата Мура [9, 10, 11], заданого абстрактно, матиме наступний зміст, див. рис. 2. 1. 1.

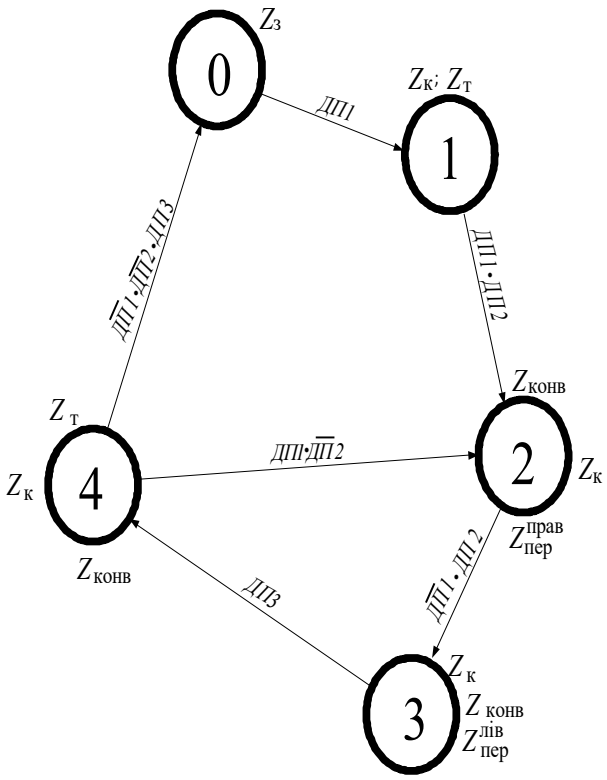

Рис. 2.1.1. Абстрактна математична модель алгоритму завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт, задана у вигляді графа автомата Мура

На рис. 2.1.1 прийняти наступні позначення:

$Z_к$— сигнал червоного світлофора;

$Z_з$— сигнал зеленого світлофора;

$Z_т$— сигнал на включення товкача;

$Z_{конв}$— сигнал на включення конвеєра ;

$Z^{прав}_{пер}$— сигнал на включення перевертача праворуч;

$Z^{лів}_{пер}$— сигнал на включення перевертача ліворуч;

ДП1— сигнал від датчика контролю входження першої вагонетки в зону завантаження;

ДП2— сигнал від датчика, який контролює входження вагонетки в зону завантаження;

ДП3— сигнал від датчика, який контролює пересипку вагонетки.

Датчики *ДП4, ДП5* та *ДП5*— не використовуються пдля автоматизації і тому в розробці схеми електронного пристрою не враховані.

Алгоритм роботи математичної моделі відбувається наступним чином. У початковому стані «0» усі приводи відключені, а на світлофорі при в'їзду до пункта завантаження шахтних вагонеток вугіллям , горить зелене світло свілофора , яке підтвержує, що завантажувальний пункт готовий приймати вагонетки для завантаження. При подачі вагонеток до заватажувального пункта і наїзді на датчик *ДП1,* сигнал від нього видається в електронний пристрій, що приводить до включення червоного світла світлофора замість зеленого. У цей час машиніст зупиняє подачу вагонеток і згідно моделі, пристрій переходить у стан «1». У цьому стані включається товкач і наїзді вагонетки на датчики *ДП1* і *ДП2* електронний пристрій переходить в стан «2». У стані «2» розпочинає працювати конвеєр, а перевертач, який направляє вугілля у вагонетку, повертається у праве положення. При завантаження вугіллям першого конуса вагонетки, спрацьовує датчик ДП3, у якого створки піднімаються вверх і діють через трьох ходовий кран на подачу рідини в гідроциліндр товкача для проштовхування вагонетки. Насипаний конус вугілля виходить із зони дії датчика, створки його опускаються, трьох ходовий кран перекривається і зупиняється товкач на час насипання наступного конуса вугілля і т.д. При виходу вагонетки із поля дії датчика ДП1, математична модель електронного пристрою переходить до стану «3», у якому перевертач, що направляє вугілля у вагонетку, повертається у ліве положення. У цьому стані продовжує працювати конвеєр і горіти червоне світло світлофора. Але при спрацюванні датчика ДП3 математична модель електронного пристрою переходить у стан «4», де продовжує горіти червоне світло світлофора і працювати конвеєр, а також включається товкач, який проштовхує вагонетку для її подальшого завантаження. При виході вагонетки із поля дії датчика ДП2 і наїзді на датчик ДП1, модель електронного пристрою переходить у стан «2» і так далі, прощо було описано вище. При завантаження останньої вагонетки потягу і виходу її із поля дії датчиків ДП1 і ДП2 і спрацюванні датчика ДП3, модель

Електронного пристрою переходить у початковий стан, де відключається конвеєр і загорається зелене світло світло світлофора, яке засвідчує, що під завантаження можна подавати другий потяг.

2.2. Розробка структурної математичної моделі та канонічних рівнянь роботи електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт

Використовуючи другий крок проектування, підраховуємо кількість станів абстрактної математичної моделі електронного пристрою автоматичного завантаженя вугілля у залізничні вагонетки шахт.

Для перетворення абстрактної математичної моделі у структурну необхідно у відповідності з [10, 11, 12] закодувати їх стани. Для кодування використаємо двійковий нормальний код. Кількість розрядів двійкового нормального коду (елементів пам'яті) можна знайти з виразу [10, 12]

$$n =]log_2 Q[, \qquad (2.2.1)$$

де Q – кількість станів абстрактної математичної моделі; n – загальна кількість елементів пам'яті розрядів двійкового коду;] [– знак, який показує на найбільше ціле додатнє число.

Використовуючи (2.2.1), отримаємо $n = 3$. Це говорить за те, що для реалізації шести станів абстрактної математичної моделі електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт необхідно використати три елементи пам'яті. Для простоти електронного пристрою, підвищення його надійності і спрощення у ремонті використаємо *RS*-тригери.

Для отримання структурної математичної моделі електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт кодування матиме наступний вигляд: $0 \rightarrow 000$; $1 \rightarrow 001$; $2 \rightarrow 101$; $3 \rightarrow 110$; $4 \rightarrow 100$.

Виходячи із заданого кодування, структурна математична молель електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт, матиме вид наведений на рис. 2.2.1.

Використовуючи третій крок проектування електронних пристроїв структурну математичну модель, будуємо таблицю переходів електронного пристрою автоматичного завантаження вугіллям у залізничні вагонетки шахт ,вигляд якої наведений на рис. 2.2.2. Таблиця виходів електронного пристрою автоматичного завантаженн вугіллям у залізничні вагонетки шахт, згідно третього кроку проектування, матиме вигляд, наведений на рис. 2.2.3.

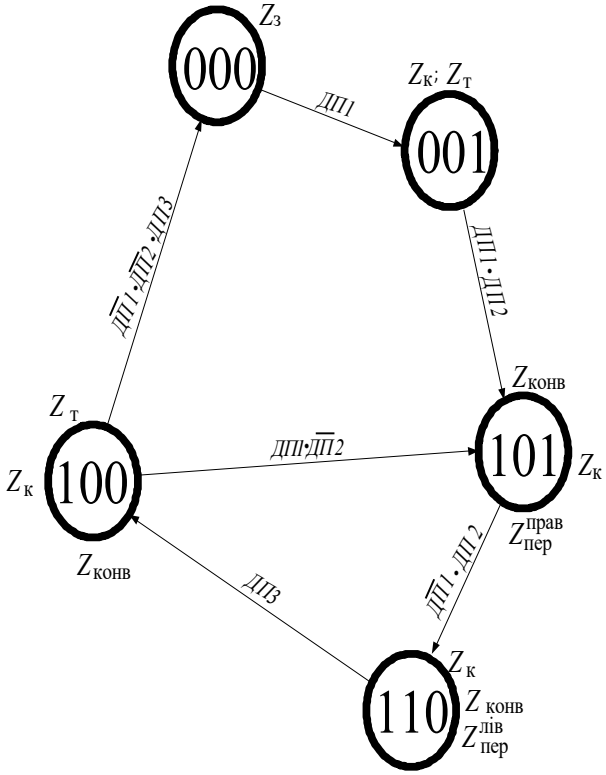

Рис. 2.2.1. Структурна математична модель алгоритму завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт, задана у вигляді графа автомата Мура

Переходи структурної математичної моделі алгоритму завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт наведені в табл. 2.2.1, а виходи – в табл. 2.2.2.

Таблиця переходів структурної математичної моделі

Таблиця 2.2.1

Q_i / $Д_i$	000	001	101	110	100
ДП1	001				
ДП1· ДП2		101			
$\overline{ДП1}$ *· ДП2*			110		
ДП3				100	
ДП1· $\overline{ДП2}$					101
$\overline{ДП1}$ *·* $\overline{ДП2}$ *·ДП3*					000

Таблиця виходів структурної математичної моделі

Таблиця 2.2.2

$Д_i$ Zi	$Z_з$	$Z_к$ $Z_т$	$Z_к$; $Z_{конв}$ $Z_{пер}^{прав}$;	$Z_к$ $Z_{конв}$ $Z_{пер}^{лів}$	$Z_к$ $Z_{конв}$ $Z_т$
Q_i / $Д_i$	000	001	101	110	100
ДП1					
ДП1· ДП2					
$\overline{ДП1}$ *· ДП2*					

ДП3					
ДП1$\cdot\overline{\text{ДП2}}$					
$\overline{\text{ДП1}}\cdot\overline{\text{ДП2}}$ *·ДП3*					

Із табл. 2.2.1. згідо кроку чотирі, знаходимо рівняння керування трьома *RS* – триггерами електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт, які матимуть наступний вид:

$$\varphi_1^1 = \text{ДП1}\cdot\bar{y}_3\cdot\bar{y}_2 \vee \text{ДП1}\cdot\overline{\text{ДП2}}\cdot\bar{y}_2;$$

$$\varphi_1^0 = \overline{\text{ДП1}}\cdot\text{ДП2}\cdot y_3;$$

$$\varphi_2^1 = \overline{\text{ДП1}}\cdot\text{ДП2}\cdot y_3;$$

$$\varphi_2^0 = \text{ДП3}\cdot y_3\cdot\bar{y}_1;$$

$$\varphi_3^1 = \text{ДП1}\cdot\text{ДП2}\cdot\bar{y}_2\cdot y_1;$$

$$\varphi_3^0 = \overline{\text{ДП1}}\cdot\overline{\text{ДП2}}\cdot\text{ДП3}\cdot\bar{y}_2\cdot\bar{y}_1,$$

де $\varphi_1^1, \varphi_2^1, \varphi_3^1$ і $\varphi_1^0, \varphi_2^0, \varphi_3^0$ – функції включення і виключення відповідно першого, другого і третього елементів пам'яті електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізнияні вагонетки шахт (структурного автомата); y_1, y_2, y_3 і $\bar{y}_1$, $\bar{y}_2$, $\bar{y}_3$ – сигнали на виходах першого, другого і третього *RS* – тригерів структурного автомата, які відповідають логічним сигналам «1» і «0» відповідно. Функція φ_1 відповідає елементу кода розміщеного справа, а φ_3 – зліва. Рівняння включення першого елемента пам'яті φ_1^1 отримують слідуючим чином. У таблиці переходів розглядують усі переходи кодових станів цієї функції 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 φ_1^1 відбувається не один раз, а, наприклад, два, то знайдені кон'юнкції змінних об'єднують знаком диз'юнкції.

Рівняння виключення першого елемента пам'яті φ_1^0 отримують аналогічно описаному з тою лише різницею, що при цьому розглядують лише переходи із стану «1» до стану «0». Рівняння для функції φ_2 отримують аналогічно описаному для функції φ_1.

Використовуючи четвертий крок проектування для побудови електронних пристроїв автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт та таблицю виходів, знайдемо вихідні керуючі сигнали електронного пристрою, які матимуть наступний вигляд:

$$Z_з = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_к = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 = \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_т = \cdot\bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_{конв} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 = y_3 \cdot \bar{y}_2 \vee y_3 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_{пер}^{прав} = \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1;$$

$$Z_{пер}^{лів} = y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1.$$

Наведені вище рівняння отримали так. Якщо у таблиці виходів на вході діють якісь вхідні змінні, то їх значення записується до значення вихідного сигналу з урахуванням значення стану де це відбувається. Якщо дій змінних немає, то до вихідної змінної записується тільки значення стану електронного пристрою.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ АВТОМАТИЧНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ ВУГІЛЛЯ У ЗАЛІЗНИЧНІ ВАГОНЕТКИ ШАХТ

3.1. Вибір елементної бази електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт

Проектування електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт включє як стандартні частини (пам'ять, логічні схеми та ін.), так і нестандартні, специфічні для даного проектування частини. Це насамперед схеми керування модулями електронного пристрою та схеми забезпечення їхньої взаємодії. Реалізація нестандартних частин історично була пов'язана із застосуванням мікросхем малого й середнього рівнів інтеграції, оскільки виготовлення на замовлення спеціалізованих ВІС пов'язано зі значними витратами засобів і часу. Використання схем малого й середнього рівнів інтеграції викликає різке зростанням кількості корпусів ІС, ускладненює монтаж, знижує надійність.

Такі недоліки приводять до розроблення мікросхем з програмованими структурами. Одні з таких мікросхем виготовляються як закінчені стандартні вироби і потім програмуються користувачами згідно з вимогами конкретних проектів. Споживач у цьому випадку позбавляється необхідності замовляти для себе дорогі спеціалізовані мікросхеми. Інші різновиди виготовляються як напівфабрикати й далі спеціалізуються за допомогою зменшеної кількості технологічних операцій. У цьому випадку споживач істотно зменшує витрати на створення необхідного електронного пристрою.

Першими представниками мікросхем з програмованою структурою стали: програмовані логічні матриці ПЛМ (*PLA*, *Programmable Logic Array*); програмована матрична логіка ПМЛ (*PAL*, *Programmable Array Logic*);

вентильні матриці ВМ (*GA*, *Gate Array*), частіше їх називають у вітчизняній літературі базовими матричними кристалами (БМК).

Мікросхеми *PLA* (ПЛМ) і *PAL* (ПМЛ) об'єднуються терміном *SPLD*, *Simple Programmable Logic Devices* (прості програмовані логічні пристрої).

Поява ПЛМ, ПМЛ і БМК ознаменувала початок найважливішого напряму в розвитку цифрової компонентної бази при проектуванні електронних пристроїв, у рамках якого економічно можливо застосовувати мікросхеми високого рівня інтеграції і в проектах з незначним тиражем випуску. Розробка ВІС/НВІС з програмованою та репрограмованою структурою виявилася надзвичайно перспективною і привела до нових ефективних засобів створення спеціалізованих ІС: *CPLD* (*Complex Programmable Logic Devices*), *FPGA* (*Field Programmable Gate Arrays*), *SGA* (*Structured Gate Arrays*), *SOPC* (*System On Programmable Chip*) та ін.

Доцільність застосування для проектування того чи іншого типу спеціалізованих програмованих ІС залежить від конкретних умов і великою мірою від обсягу випуску проектованих електронних пристроїв.

Усі спеціалізовані програмовані ІС поділяються на програмовані користувачем логічні ІС (ПЛІС) і програмовані виробником ІС. В обох випадках йдеться про програмування структури, тобто зміну схеми згідно з вимогами проекту. Програмування користувачем або виробником істотно змінює характер проектування електронних пристроїв [8, 10, 13]..

Серед програмованих користувачем мікросхем слід виділити:

1) **прості програмовані логічні пристрої**, зарубіжне позначення - *SPLD* (*Simple Programmable Logic Devices*), які є першим поколінням мікросхем з програмованою структурою, до числа яких належать мікросхеми ПЛМ і ПМЛ;

2) **складні програмовані логічні пристрої**, зарубіжне позначення - *CPLD* (*Complex Programmable Logic Devices*);

3) **програмовані користувачем вентильні матриці**, зарубіжне позначення - *FPGA* (*Field Programmable Gate Arrays*), які вирізняються максимальною складністю та максимальними функціональними можливостями.

До мікросхем, програмованими виробником (точніше - за його участю), належать напівзамовні й замовні ІС. До напівзамовних ІС входять: 1) **базові матричні кристали** (БМК), з яких слід виділити **стандартні** БМК; зарубіжне позначення - *GA* (*Standard Gate Arrays*);

2) **структуровані** БМК, зарубіжне позначення - *Structured GA*, що з'явилися останнім часом.

Повністю замовні мікросхеми виділяються найкращими технічними характеристиками, але й найдорожчим проектуванням. Вони поділяються на: 1) схеми, що розробляються методом стандартних комірок, зарубіжне позначення - *SCL* (*Standard Cell Logic*), тобто з широким використанням готових бібліотечних фрагментів схем;

2) повністю замовні, зарубіжне позначення - *FCL* (*Fully Custom Logic*), що проектуються індивідуально аж до транзисторного рівня.

Важливим видом ВІС/НВІС стали й ***системи на кристалі***. До систем на кристалі належать схеми, що об'єднують у собі всі основні функціональні елементи кінцевого продукту (процесор, пам'ять, апаратні швидкодіючі блоки різного функціонального призначення, інтерфейсні схеми і т. д.). Розроблення систем на кристалі потребує нових підходів до завдань їх проектування. Що стосується засобів реалізації систем на кристалі, то вони можуть бути різними. ***Жорсткі*** **системи**, зарубіжне позначення - *SOC* (*Systems On Chip*), можуть бути реалізовані на повністю замовних або напівзамовних схемах, **програмовані системи**, зарубіжне позначення - *SOPC* (*Systems On Programmable Chip*), у яких за основу, як правило, використовують програмовані користувачем вентильні матриці; зарубіжне позначення - *FPGA*.

Левовою часткою інженерних розробок електронних пристроїв в умовах сучасної України, мабуть, якраз і буде використання схем з програмованою структурою для створення необхідних електронних пристроїв. При цьому програмовані ІС можуть використовуватися як у вигляді автономних електронних пристроїв, так і в складі мікропроцесорних систем.

ПЛІС завдяки структурній збитковості та переналагоджуваності як в організації їх блоків, так і зв'язків між ними раціонально застосовувати для відпрацювання прототипів майбутнього електронного пристрою або навіть ранніх кроків його проектування.

Як слідує із розділу 2, § 2.3, канонічні рівняння роботи електронного пристрою автоматичного завантаження вугіллям у залізничні вагонетки шахт у

вигляді досконалої нормальної форми, то, як слідує із вище сказаного, для їх реалізації підходять програмуємі логічні матриці (ПЛМ) [7, 9, 14]. Вони представляють собою логічну схему перетворення множини вхідних змінних $X = \{ x_1, x_2, \ldots, x_m \}$ у відповідну множину вихідних змінних $Y = \{ y_1, y_2, \ldots, y_m \}$ виражених у двійковому коді [7,10].

Біполярні ПЛМ з'явилися у 70-х роках XX ст. Основою програмованих матриць є схеми «*І*» і «*АБО*», вхідні підсилювачі (ВП) і вихідні каскади (ВК). ВП перетворюють вхідні сигнали на парафазні і видають сигнали необхідної потужності для живлення елементів «*І*». ВК забезпечують навантаження виходів, дозволяють або забороняють вихід ПЛМ на вихідніі шини, використовуючи сигнал *CS* (дозвіл вибірки мікросхеми).

ВІС, які виготовляє електронна промисловість світу, мають базову структуру ПЛМ, що має матриці кон'юнкторів «*І*» і матриці диз'юнкторів «*АБО*». Структуру ПЛМ, мікросхема К556РТ1, наведено на рис. 3.1.1.

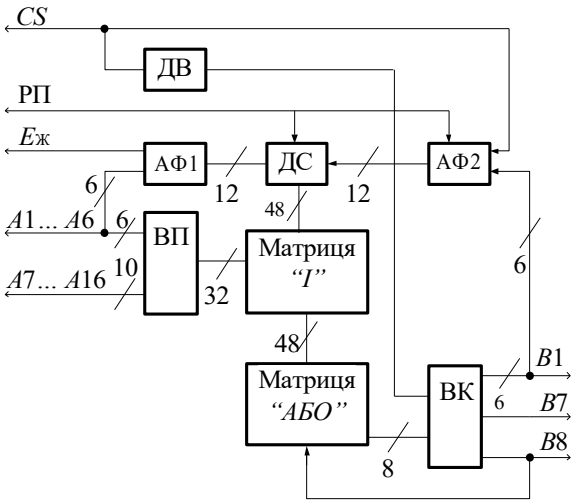

Рис. 3.1.1. Структура ПЛМ, мікросхема К556РТ1

Вона має матрицю кон'юнкторів «*І*» і диз'юнкторів «*АБО*», блок ВП, блок ВК, схему вибірки мікросхеми (ДВ), програмований дешифратор, адресні формувачі (АФ1, АФ2). Підсилювачі вхду видають парафазні вхідні змінні за шістнадцятьма входам (*А*1, …, *А*16).

Дешифратор (ДС) і програмовані формувачі (АФ1, АФ2) використовують для режимів при програмуванні і контролю.

Для розуміння принципу побудови і роботи ПЛМ використаємо функціональну схему мікросхеми К556РТ1 (рис. 3.1.2), де ВП1, …, ВП16 –вхідні підсилювачі; К1, …, К48 – матричні кон'юнктори «*І*»; Д1, …, Д8 – матричні дизю'нктори «*АБО*»; ВК1, …, ВК8 – каскади виходу *Р*1, …, *Р*48 – шини кон'юнкцій; *S*1, …, *S*8 – шини диз'юнкцій; *F*1, …, *F*1928 – перемикачі плавкі; *VD*1, …, *VD*1536 – діоди Шотткі; *VT*1, …, *VT*34 – транзистори; *R*1, …, *R*6 – резистори.

Підсилювачі (ВП1, …, ВП16) формують парафазні значення змінних, які поступають у матрицю «*І*». Для управління підсилювачами є входи (*А*1, …, *А*16). Підсилювачі побудовані на послідовному включені буферних схем «*І-НІ*».

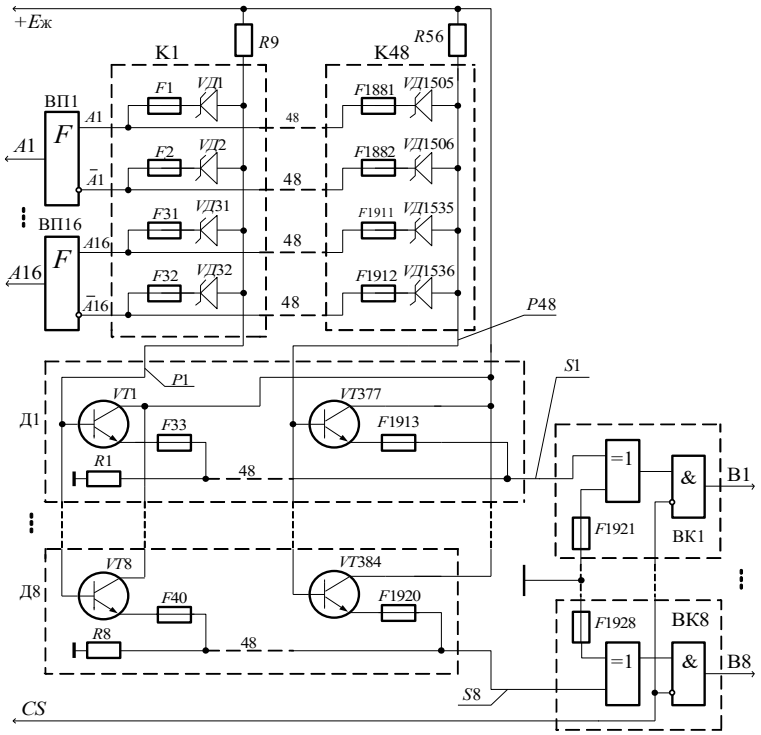

Рис. 3.1.2. Базова функціональна схема мікросхеми серії К556РТ1

Основними схемами мікросхеми К556РТ1 є матриці «*І*» та «*АБО*», що реалізують логічні функції. Перший рівень мікросхеми складається із 48 кон'юнкторів (матриця «*І*»), які з'єднані плавкими ніхромовими перемичками з будь-яким із шістнадцяти спільних входів за допомогою буферних схем. Матриця «*І*» реалізує кон'юнкції вхідних змінних, причому кожна змінна входить в кон'юнкцію прямо або інверсно, або не входити зовсім. Вхідні сигнали, що з'являються на шинах матриці «*І*», уводяться у схему «*АБО*», що утворює другий рівень і реалізує диз'юнкції заданих

кон'юнкцій. Схема «*АБО*» створює вісім диз'юнкторів, кожний із яких вибірково може з'єднуватися з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів.

Шини, що з'єднують дані матриці, називають шинами кон'юнкцій (*Р*1, …, *Р*48), а шини, що з'єднують матрицю «*АБО*» з вихідними каскадами, називають шинами диз'юнкцій (*S*1, …, *S*8).

Програмованим елементом схем «*І*» є діод Шотткі з плавкою перемичкою, а матриці «*АБО*», включені по схемі емітерного повторювача, є *n-p-n* транзистором з плавкою перемичкою в емітері.

Каскади ВК1, …, ВК8 включають схеми «*Виключаюче АБО*» і підсилювачі зчитування. Наявність на вході схеми «*Виключаюче АБО*» дає змогу інвертувати рівень сигналу залежно від сигналу на вході. Заземлення (підключення до сигналу «0») одного з двох входів схеми «*Виключаюче АБО*» через перемичку веде до того, що активним рівнем виходу стає вихідна напруга високого рівня, а виплавлення цієї перемички приводить до вихідної напруги низького рівня.

ВІС, як базова програмована матриця, при обробленні інформації працює так. Змінні *А*1, …, *А*16 через блок вхідних підсилювачів у прямому чи інверсному значенні поступають на схему «*І*», де за допомогою діодів Шотткі й перемичок утворюють необхідні кон'юнкції *Р*1, …, *Р*48, які логічно сумуються схемою «*АБО*», утворюючи функції *S*1, …, *S*8, що надходять у вихідні каскади для подальшого перетворення й видачі на виходи В1, …, В8.

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), програмуючий дешифратор, програмуючі адресні формірователі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі формують прямі і інверсні значення вхідних змінних по всім шістнадцяти входам (А1…А16).

Програмуючий дешифратор (ДС) і адресні формірователі (АФ1, АФ2) використовують у режимах програмування і контролю.

Основними вузлами мікросхеми К556РТ1 є схеми «*І*» і «*АБО*», що реалізують двохрівневі логічні функції. Перший рівень ПЛМ складається із 48 кон'юнкторів (схема«*І*»), які з'єднані за допомогою плавких перемичок з будь-яким із

шістнадцяти спільних входів через буферні схеми. У схемі «*І*» , отримують кон'юнкції вхідних змінних, причому кожна вхідна змінна входить в кон'юнкцію або прямим або інверсним значенням, або не входити зовсім. Вхідні сигнали, що появляютьсяэ на вхідних шинах схеми «*І*», вводяться у схему «*АБО*», яка утворює другий логічний рівень і реалізує диз'юнкції заданих кон'юнкцій. Схема «*АБО*» утворює вісім диз'юнкторів, кожний із яких вибірково з'єднанується з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів.

Програмуючим елементом схеми «*І*» є діод Шотткі з плавкою перемичкою, а схеми «*АБО*» включені за схемою емітерного повторювача, *n-p-n* транзистор з плавкою перемичкою в емітері.

Вихідні каскади ВК1…ВК8 включають і схеми «*Виключаюче АБО*» і підсилювачі зчитування. Наявність на вході каскаду схеми «*Виключаюче АБО*» інвертує 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.

Графічне позначення мікросхеми ПЛМ К556РТ1 зображено на рис. 3.1.3,

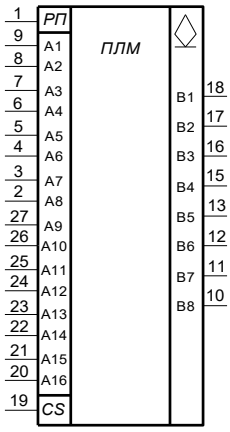

Рис. 3.1.3. Графічне зображення мікросхеми ПЛМ К556РТ1

На рис. 3.1.3. входи для підключеня вхідних змінних та керування і програмування розміщені ліворуч, а результати виконання функцій – праворуч.

3.2. Розробка схеми електронного пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт

Використовуючи знайдені канонічні рівняння роботи, ПЛМ повинна відповідати таким параметрам. Кількість диз'юнкторів у ній повинно бути не менше 3, вхідних змінних не більше 16, вихідних 12 (6 - для керування *RS* – тригерами і 6 – для керування виконавчими механізмами. Найближчою до таких параметрів є мікросхема К556РТ1 [9, 15] , яка має входи для 16 змінних, 8 виходів для реалізації функцій і 48 кон'юнкторів. Для визначених у § 2. 3 функцій:

φ_1^1, , φ_2^1, , φ_3^1, φ_3^0, , , $Z_т^1$, $Z_т^2$, $Z_{ст}^{від}$, $Z_{зап}^{бун}$, $Z_п^п$, $Z_п^o$ присвоюємо номера їх кон'юнкторам: $k_1 = ДП1 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2$; $k_2 = ДП1 \cdot \overline{ДП2} \cdot y_3$; $k_3 = \overline{ДП1} \cdot ДП2 \cdot y_3$;; $k_4 = ДП3 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_1$;;

$k_5 = ДП1 \cdot ДП2 \cdot \cdot \bar{y}_3 \cdot y_1$; $k_6 = \overline{ДП1} \cdot \overline{ДП2} \cdot ДП3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$; $k_7 = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$; $k_8 = \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_9 = y_3 \cdot \bar{y}_1$;

$k_{10} = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{11} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$; $k_{12} = y_3 \cdot \bar{y}_2$; $k_{13} = y_3 \cdot \bar{y}_1$; $k_{14} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{15} = y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$;

Використовуючи [10, 15], програмуємо отримані функції і їх результати заносимо у табл. 3.2.1.

Введемо наступні позначення вхідних змінних для таблиць програмування: ДП1 → *а*; ДП2 → *б*; ДП3 → *в*; *г* → y_3; *д* → y_2; *є* → y_1 .

Таблиця програмування ПЛМ

	Кон'юнктори														Рівень активності							
	Вхідні змінні														1	1	1	1	1	1	1	1
	а	*б*	*в*	*г*	*д*	*є*									Вихідні функції							
	Номер програмуємого входу														φ_1^1	φ_1^0	φ_2^1	φ_2^0	φ_3^1	φ_3^0	$Z_к$	$Z_{кон}$
	A																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
k_1	1			0	0										*A*							
k_2	1	0			0										*A*							
k_3	0	1		1												*A*	*A*					
k_4			1	1		0												*A*				
k_5	1	1			0	0													*A*			
k_6	0	0	1		0	0														*A*		
k_7																						
k_8					0	1															*A*	
k_9				1		0															*A*	
k_{10}																						
k_{11}																						
k_{10} k_{12}				1	0																	*A*
k_{10} k_{13}				1		0																*A*
k_{10} k_{14}																						
k_{10} k_{15}																						

Таблиця 3.2.1

Електронна схема пристрою автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт, яка виконана із застосуванням ПЛМ і стандартних логічних елементів, наведена на рис. 3.2.1.

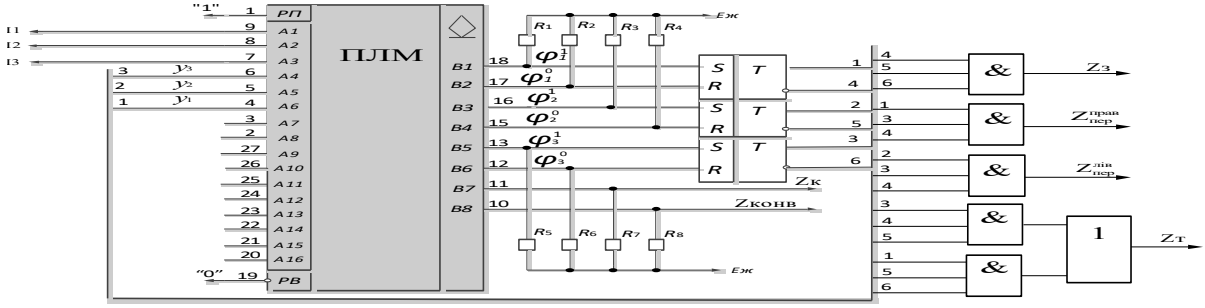

Рис. 3.2.1

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронний пристрій автоматичного завантаження вугіллям у залізничні вагонетки шахт з використанням сучасних засобів мікроелектроніки. Даний електронний пристрій розроблений з використанням теоії автоматів, теорії комп'ютерної логіки та теорії алгоритмів і графів.

У процесі кваліфікаційної роботи були розроблені технічні вимоги, кроки проектування електронного пристрою та алгоритм для автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт.

На підставі розробленого алгориту були розроблені абстрактна та структурна математична модель, на основі яких, використовуючи теорію автоматів, отримані канонічні рівняння роботи електронного пристрою.

Аналіз отриманих канонічних рівнянь показав, що їх реалізацію найкраще виконати, викристовуючи програмуємі логічні матриці (ПЛМ). У кваліфікаційній роботі показано, що для ПЛМ найкраще підходять ПЛМ серії К556РТ1. На основі цих ПЛМ і стандартних логічних елементів розроблено електронний пристрій автоматичного завантаження вугіллям у залізничні вагонетки шахт. Даний електронний пристрій запрограмований на мові програмування використаної ПЛМ.

Розробка даної кваліфікаційної роботи показала можливість проектування електронних пристроїв автоматичного завантаження вугіллям у залізничні вагонетки шахт з викоританням 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 автоматичного завантаження вугілля у залізничні вагонетки шахт.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизация подземных горных работ /Под ред. Проф. А.А. Иванова – К.: Вища школа, 1987–328с.

2. Рудничный транспорт и механизация вспомогательных работ. Под общ. ред. Братченко Б.Ф. М.: Недра, 1978. – 423с.

3. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004—2013.

4. Мухопад М. Д. Транспортні машини. — Харків: Вид-во «Основа» при Харк. ун-ті, 1993. — 192 с.

5. Пономаренко В.А., Клеймер Е. Л., Дунаев Г. А. и др Системы подземного транспорта на угольних шахтах. М: «Недра», 1975 - 309с.

6. Карташов Ю. В. Рудничная транспортная сигнализация и автоблокировка М: «Недра», 1974 - 192с.

7. Матвієнко М. П. Пристрої цифрової електроніки К: «Ліра-К», 2015 - 392с.

8. Матвієнко М.П. Проекктування цифрових пристроїв, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018 - 364с.

9.Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов. Ленинград; Энергия,1979 – 232с.

10. Матвієнко М.П. Комп’ютерна логіка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2012 - 364с.

11. Матвієнко М.П. Комп’ютерна схемотехніка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2013 - 192с.

12. Жабін В.І.,Жуков І.А.,Клименко І.А.,Ткаченко Прикладна теорія цифрових автоматів. Видавництво НАУ ,2007 -364с.

13. Жабин В.И. и др. Логические основы и схемотехника ЭВМ. - К: ВЕК+,1999 – 128с.

14. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодуванн.. К: «Вища школа» , 2001 – 255с.

15.Отраслевой стандарт. ОСТ 11.340.915-82. Микросхемы интеральные серии 556(556РТ1, 556РТ2), Р556(Р556РТ1, Р556РТ2). Руководство по применению ОКП. 623 000.-51с.