

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Класичний фаховий коледж

(повна назва інституту/факультету)

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

(підпис)

(Ім'я та ПРИЗВИЩЕ)

_____ 2023__ р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 171 Електроніка _____ ,

(код та назва)

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

на тему: Розробка електронної схеми пристрою управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток

Здобувача групи ЕІс3-91к Нечипоренко Сергія Юрійовича.

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

Владислав Нечипоренко _____ (підпис)

Керівник, 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 сучасної мікроелектроніки.

Відповідно до мети в роботі вирішувалися такі задачі:

- виконаний аналіз схем пристроїв управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток;
- розроблений алгоритм роботи вибраного пристрою управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток;
- розроблена абстрактна і структурна математичні моделі роботи електронної схеми пристрою управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток;
- на основі структурної схеми отримані канонічні рівняння роботи схеми пристрою управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток;
- вибрана сучасна елементна база для реалізації канонічних рівнянь схеми пристрою управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток;
- побудована схема управління на програмованих логічних елементах (ПЛМ);
- розроблена програма роботи схеми пристрою управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток;

Мета роботи полягає у розробці сучасної електронної схеми управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток

Згідно мети, вирішувалася задача розробки сучасної схеми управління з використанням засобів програмованої 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 боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток;

Робота викладена на 34 сторінках, у тому числі включає 11 рисунків, 4 таблиці, список літератури із 14 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: АБСТРАКТНА ТА СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, ВАГОНЕТКА З БОКОВИМ ПЕРЕКИДАЧЕМ, ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ПЕРЕКИДАЧ; ПРОГРАМУЄМІ ЛОГІЧНІ МАТРИЦІ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ.

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП.....5

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СИСТЕМ РОЗВАНТАЖУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ З ВАГОНЕТОК6

1.1. Аналіз систем з круговим розвантажуванням6

1.2. Аналіз систем з боковим розвантаженням.....8

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ ТА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ БОКОВИМ ПЕРЕКИДАЧЕМ ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ ПРОДУКЦІЇ З ВАГОНЕТОК10

2.1. Розробка вимог, кроків проектування схеми електронного пристрою та алгоритму її роботи при розвантаженні продукції з вагонеток10

2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронного пристрою при розробці схеми управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток12

2.3. Розробка структурної математичної моделі та канонічних рівнянь роботи пристрою при розробці електронної схеми управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток16

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ БОКОВИМ ПЕРЕКИДАЧЕМ ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ ПРОДУКЦІЇ З ВАГОНЕТОК21

3.1 Вибір елементної бази електронного пристрою схеми управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток21

3.2. Розробка схеми електронного пристрою управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток28

ВИСНОВКИ.....32

СПИСОК ЦИТОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....33

Вступ

Продуктивність будь-якої шахти, де для транспортування вугілля застосовують рельсовий транспорт, у значній мірі залежить від технічного оснащення своєї головної магістралі при автоматичному розвантаженні шахтних вагонеток у процесі їх руху на окоlostвольному підвір'ї шахтного поля, 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. Рельсовий електровозний транспорт є з'єднуючим ланцюгом між процесом добування вугілля, транспортуванням і його розвантаженням у ствола шахти для подальшої транспортовки його через піднімальні установки на поверхність шахти.

Чіткість роботи всього підземного рельсового транспорту в значній мірі залежить від чіткої роботи автоматичного розвантажувача вагонеток без їх розцеплення на окоlostвольному підвір'ї шахти. Підвищення ритму роботи можна досягти за рахунок використання сучасних електронних пристроїв керування автоматичним розвантаженням вагонеток.

При побудові таких електронних пристроїв були розроблені математичні моделі їх роботи, які використовують сучасний математичний апарат (математичну логіку, теорію алгоритмів та теорію автоматів). Це дало можливість розробити абстрактні та структурні математичні моделі, на основі яких були отримані канонічні рівняння роботи таких пристроїв, що дозволило побудувати з використанням мікросхем та програмуємої логіки надійні електронні пристрої для автоматичного розвантаження вагонеток в околотвольному подвір'ї без їх розцеплення.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СИСТЕМ РОЗВАНТАЖУВАННЯ ПРОДУКЦІЇ З ВАГОНЕТОК

1.1. Аналіз систем з круговим розвантажуванням

Цей спосіб використовують для транспортування вугілля, руди і породи на підземних вироботках і на промислових площадках шахт (невеликої промислової потужності), кольорової металургії, а також при геолого-пошукових роботах [1]. Переваги способу з використанням такої вагонетки — можливість розвантаження у будь-якому пункті траси. Робочий орган перекидача вагонеток — барабан (ротор), що спирається на ролики. Оберт барабана забезпечується за рахунок обертання роликів, зв'язаних з ним фрикційною передачею, або іншого привода, з'єднаного з барабаном ланцюговою передачею, що виключає можливість проковзування барабана і забезпечує точну його зупинку. У перших конструкціях обертання барабана припинялось його підняттям над привідними роликами через систему важелів. Гасіння ударів при зупинці барабана здійснюється демпфером (пружинним або гідравлічним). Як правило, вагонетка, що розвантажується, розміщена вздовж поздовжньої осі барабана. Є також конструкції перекидача вагонеток, у барабані яких окремі вагонетки розташовуються симетрично відносно поздовжньої осі. Основні недоліки — присутність ручних операцій при розвантаженні у будь-якому пункті, велика маса вагонетки.

На рис. 1.1.1 наведено фрагмент таких вагонеток, які слідуєть на розвантаження.



Рис.1.1.1. Фрагмент вагонеток з глухим кузовом, які слідують на розвантаження.

Перевагою такого способу є у використанні простоти конструкції цих вагонеток, а основним недоліком — необхідність стаціонарного розвантажувача.

На рис. 1.1.2 наведено структурну схему стаціонарного розвантажувача, шляхом обертання таких вагонеток, де 1, 2 - елекпро - приводи розвантажувача. 3,4 — механізми, які дозволяють утримувати вагонетку і виконувати її поворот.

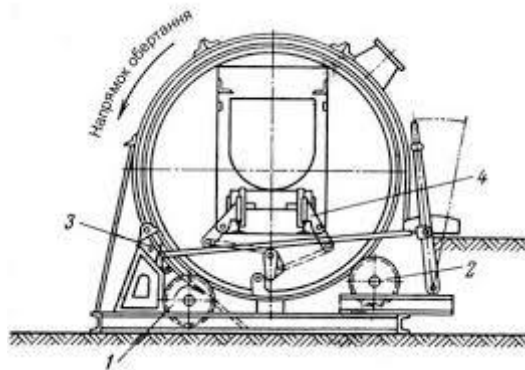


Рис. 1.1.2 Структурна схема стаціонарного розвантажувача

На рис. 1.1.3 показано зовнішній вигляд стаціонарного розвантажувача втіленого у метал.



Рис. 1.1.3 Зовнішній вигляд стаціонарного розвантажувача

У Польщі, Германії, Франції застосовують спосіб стаціонарних розвантажувачів (за допомогою обертання).

1.2. Аналіз систем з боковим розвантаженням

Перекидання вагонеток з боковим розвантаженням здійснюється шляхом їхнього повороту у положення, що забезпечує висипання вантажу. Управління боковим розвантаженням вагонеток буває напівавтоматичне або автоматичне.

При повороті барабана на 100° відбувається розвантаження вагонетки в одній напівсфері, у той же час в іншій здійснюється заміщення порожньої вагонетки на завантажену.

Для інтенсифікації процесу розвантаження широко застосовуються різноманітні вібраційні прилади, що вбудовані в барабан, які вмикаються автоматично. З метою забезпечення безперервності робіт на розвантажувальному пункті і підвищення його пропускної спроможності в гірничорудній промисловості використовуються перекидачі вагонеток, барабан яких забезпечує прохід через нього локомотива. Параметри перекидача вагонеток обумовлюються габаритними розмірами і кількістю вагонеток, що розвантажуються одночасно.

У вітчизняній гірничорудній промисловості застосовують барабани діаметром 2,5; 2,8; 3 і 4 м, при довжинах від 1,5 до 7,8 м. Тривалість одного оберту від 18 до 30 с. Встановлена потужність від 4 до 40 кВт. Бокові перекидачі вагонеток обладнані

штоковим робочим органом з пневмо або гідроприводом або поворотною платформою. Поворот платформи із зафіксованою на ній вагонеткою здійснюється електро або гідроприводом. Перекидачі вагонеток розвантажують окремі вагонетки, попередньо зупинені в зоні дії робочого органу. Застосовуються також технологічні схеми розвантажувальних пунктів, в яких вагонетки з відкидним бортом розвантажуються двома штоковими перекидачами вагонеток у автоматичному режимі при безперервному русі потягу. Захоплення кузова вагонетки, обертання його і відкривання борту штоковим робочим органом здійснюють спеціальним гаком. Зусилля на гаку у вітчизняних конструкціях перекидача вагонеток бл. 83 кН, у зарубіжних — в основному залежить від місткості кузова і об'ємної щільності матеріалу, що розвантажуються.



Рис. 1.2.1 Фрагмент вагонетки, яка слідує на бокове розвантаження

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ, ВИМОГ ТА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ БОКОВИМ ПЕРЕКИДАЧЕМ ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ ПРОДУКЦІЇ З ВАГОНЕТОК

2.1. Розробка вимог, кроків проектування схеми електронного пристрою та алгоритму її роботи при розвантаженні продукції з вагонеток

Вагонетки с глухим кузовом развантажують на розвантажувачах (перекидачах ПК і ПВШ на 100⁰), дозволяючих розвантажувати состав у нерозцепленому вигляді [1]. У перекидачах ПК і ПВШ передбачено боковий поворот вагонетки на 90° відповідно її горизонтальної вісі і реверс привода для повернення у початкове положення.

Пересування нерозцеплених составів через перекидач виконується ланцюговими товкачами ТЛ або гідравлічними штоковими товкачами ТШГ [1, 2]. Фіксація вагонеток на грузовій гілці виконується затримуючими стопорами з гідравлічним або електричним приводом. Технологічна схема розвантаження Т1-П-Т2 (товкач — перекидач — товкач) наведена на рис. 2.1.1, [1, 2].

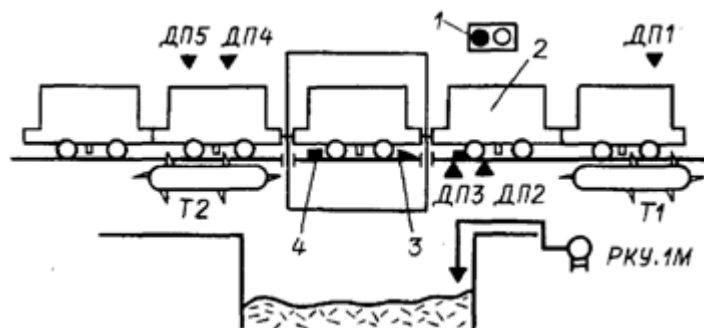


Рис. 2.1.1. Технологічна схема розвантаження (товкач — перекидач — товкач)

Машиніст електровоза товкає потяг до тих пір, поки перша вагонетка не надходить в зону товкача *T1*. Спрацьовує датчик *ДП1* і загоряється красний сигнал світлофора *1*, який забороняє машиністу подальшу подачу потяга. Оператору необхідно включити товкач *T1* і у тоді вагонетки розвантажуються автоматично. Датчик *ДП2* видає сигнал на просування вагонетки *2* до стопору *3* для відключення товкача *T1*. *ДП3* спрацьовує при відкриванні стопора і дає дозвіл на включення *T1* для руху вагонеток і зтягування наступної вагонетки в перекидач. Стопори *3* і *4* фіксують вагонетку на перекидачі. Привод перекидача включається і

його барабан повертається на кут 100° . При поверненні перекидача на кут 100° . привод відключається і перекидач по інерції доходить до початкового стану, де відбувається відкривання стопорів для заміни слідувочої вагонетки. Датчик ДП4 контролює вихід із перекидача розвантажувальної вагонетки. Датчик ДП5 видає сигнал на включення товкача T2 замість T1, якщо перша вагонетка досягне зони товкача T2. Реле РКУ.1М видає заборону на роботу перекидача при заповненні бункера

Кроки проектування схеми електронного пристрою. Ефективне проектування електронного пристрою розвантаження продукції з шахтних вагонеток необхідно виконувати послідоано, вказуючи, у якій послідовності виконувати кожний етап [6, 7]. Це дає можливість спростити етап проектування та посилити його ефективність, що дає можливість спростити схему пристрою та програму електронного пристрою, а це веде до збільшення його надійності. Розуміючи це, можна константувати, що кроки розробки схеми електронного пристрою розвантаження шахтних вагонеток з використанням теорії автоматів може мати наступні кроки.

Перший крок. На цьому кроці, на підставі словесного або другого методу представлення алгоритму роботи електронної схеми для бокового розвантаження продукції з вагонеток, необхідно побудувати абстрактну математичну модель схеми, яку задають у вигляді графа автомата Мура. Для цього дугам моделі присвоюють значення вхідних змінних, а станам – вихідні змінні.

Другий крок. На другому кроці, використовують отриману абстрактну математичну модель електронної схеми для бокового розвантаження продукції з вагонеток у вигляді автомата Мура. Виходячи із неї визначають кількість елементів пам'яті, яку необхідно застосувати в моделі для відтворення її станів, використовуючи кодування, Абстрактну математичну модель перетворюють у структурну, кодуючи її стани.

Третій крок. На третьому кроці будують таблицю переходів-виходів електронної схеми пристрою для бокового розвантаження продукції з вагонеток.

Четвертий крок. На цьому кроці з таблиці переходів - виходів визначають рівняння роботи електронні схеми пристрою для бокового розвантаження продукції з вагонеток. На цьому кроці виконують і мінімізацію отриманих рівнянь, застосовуючи методи Карно і Вейча.

П'ятий крок. На п'ятому кроці знаходять елементну базу (логічні елементи, мультиплектори, програмовані логічні пристрої) і будують електронну схему пристрою для бокового розвантаження продукції з вагонеток.

2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронного пристрою при розробці схеми управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток

На основі описаних принципів проектування і першого кроку розробки схеми електронного пристрою для бокового розвантаження продукції з вагонеток, алгоритм його роботи у вигляді математичної моделі графа автомата Мура [8, 9], заданого абстрактно, матиме такий виид, див рис. 2. 2. 1.

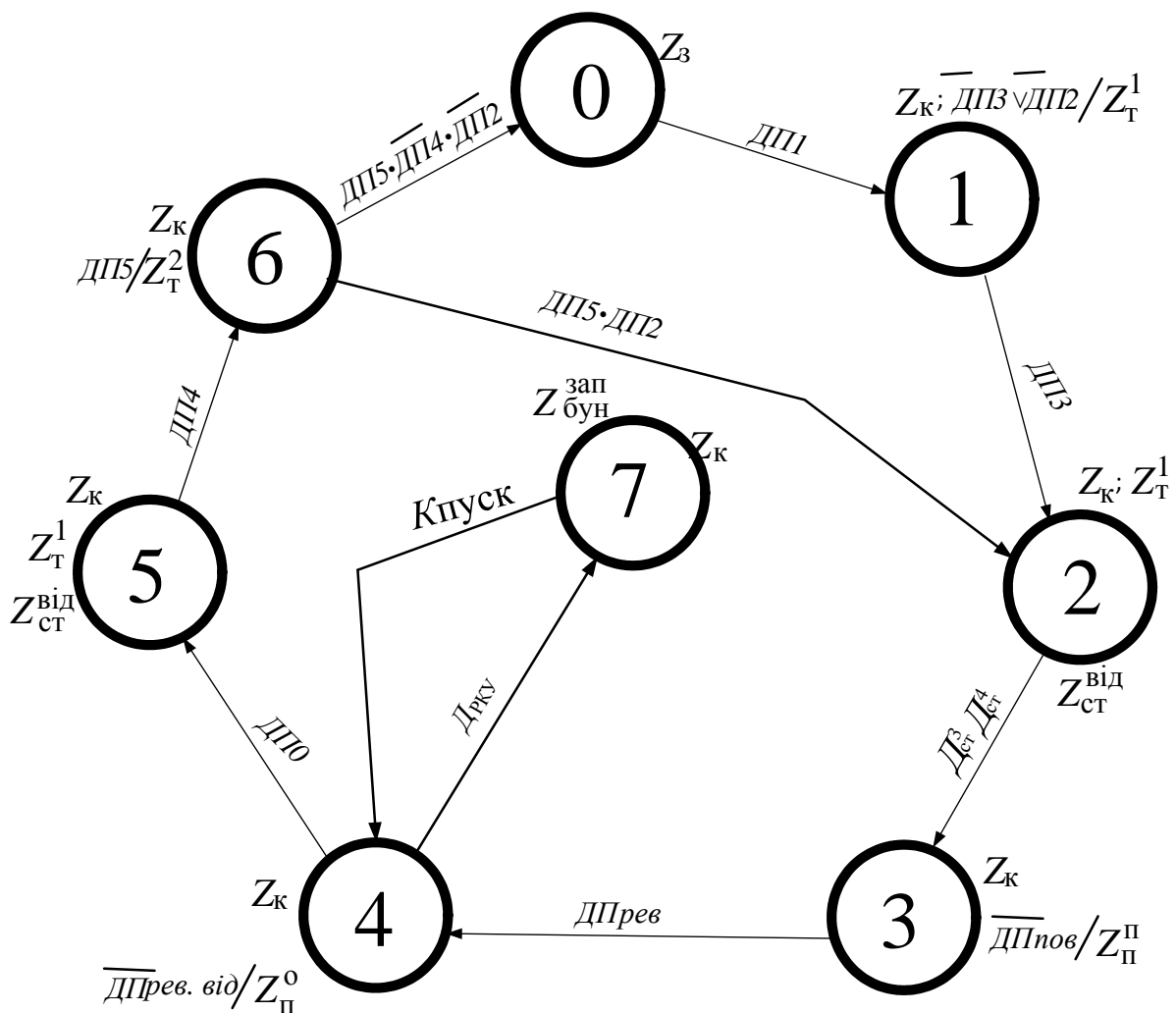


Рис. 2.2.1. Абстрактна математична модель алгоритму бокового розвантаження продукції з вагонеток

На рис. 2.2.1 прийняти такі позначення:

Z_k — червоний сигнал світлофора;

Z_T^1 — сигнал увімкнення першого товкача;

Z_T^2 — сигнал увімкнення другого товкача;

$Z_{ст}^{від}$ — сигнал відімкнення утримання вагонетки в перевертачі ;

$Z_{п}^П$ — сигнал відімкнення перевертача при прямому обертанні;

$Z_{п}^0$ — сигнал увімкнення перевертача при зворотному обертанні;

$Z_{бун}^{зап}$ — сигнал диспетчеру про заповнення бункера;

$ДП1$ — сигнал датчика контролю входження першої вагонетки в зону перевертача;

$ДП2$ — сигнал датчика про необхідність просунути вагонетку до стопора 3 і відключенні роботи товкача 1;

$ДП3$ — сигнал відкривання стопора і видачі дозвілу на увімкнення товкача $T1$, щоб перемістити состав і зтягнути вагонетку в перекидач;

$ДП4$ — сигнал контролювання виходу вагонетки із перекидача;

$ДП5$ — сигнал увімкнення товкача $T2$ замість $T1$, якщо перша вагонетка досягне зони товкача $T2$;

$ДРКУ$ — сигнал реле, що забороняє роботу перекидача при повному бункері;

$K_{пуск}$ — сигнал дозвілу роботи перекидача при розвантаженні бункера;

$ДП0$ — сигнал датчика контролю початкового стану перекидавача, де відбувається заторможування з відкриванням стопорів для заміни слідуючої вагонетки.

$ДП0$ — сигнал датчика початкового стану перекидавача, де відбувається заторможування з відкриванням стопорів для заміни слідуючої вагонетки.

$D^3_{ст}$ і $D^4_{ст}$ — сигнали датчиків стопорів 3 і 4, що фіксують вагонетку при роботі перекидача;

$ДПнов.$ — сигнал датчика, що контролює стан перекидавача при повороті його на угол 100° (при цьому углі привод перекидача відключається);

$ДПрев.$ — сигнал датчика, при якому відбувається реверс привода;

$ДПрев. відк.$ — сигнал датчика реверсування електропривода, при якому він відмикається і перекидач по інерції доходить до початкового стану, де відбувається заторможування з відкриванням стопорів для заміни наступної вагонетки.

Алгоритм роботи математичної моделі працює так. У початковому стані «0» усі приводи відключені, а на світлофорі при в'їзду до перекидувача горить зелене світло, яке підтвержує, що перекидувач готовий приймати вагонетки для розвантаження. При надходженні вагонеток до перекидувача сигнал від датчика $ДП1$, надходить в схему електронного пристрою і включає червоне світло світлофора замість зеленого. Машиніст зупиняє надходження вагонеток і пристрій переходить у стан «1». Тоді при виключених датчиках $ДП2$ і $ДП3$ вмикається привод товчача 1 і перша вагонетка надходить до перевертача. При наїзді вагонетки на датчик $ДП3$, вмикаються приводи стопорів, які відкриваються і вагонетка за допомогою першого товчача заїжджає у перевертач. Під дією датчиків $D^3_{ст}$ і $D^4_{ст}$, модель із стану «1» переходить до стану «2». У цьому стані перевертається вагонетка і з неї висипається продукція у бункер. При досягненні перевертачом датчика $ДПнов.$ відбувається відмикання привода перевертача. Перевертач разом із вагонеткою, продовжує рухатись по інерції і при спрацюванні датчика $ДПрев.$ схема електронного пристрою переходить у стан «4». У цьому стані при відсутності сигналу від датчика $ДПрев.відк.$ видається сигнал на включення реверсивного привода, який повертає вигружену пусту вагонетку у початковий стан. При спрацюванні датчика $ДПрев. від.$ привод відмикається і перекидач по інерції надходить до датчик $ДП0$. Датчик $ДП0$ спрацьовуючи переводить схему електронного пристрою у стан «5», що відключає стопора вагонетки перекидавача і

включає привод першого товкача, який проштовхує слідуочу вагонетку до перевертача.

При наїзді вагонетки на датчик *ДП4*, схема електронного пристрою моделі переходить у стан «6». Цей стані приводить до відключення приводу першого і увімкнення приводу другого товкача, який проштовхує вагонетку до датчика *ДП5*. При спрацюванні датчика *ДП5* і під дією датчиків *ДП2* і *ДП5* схема електронного пристрою моделі переходить у стан «2». Робота схеми електронного пристрою у стані «2» і послідуочих станах була розглянута вище.

Якщо на вході перевертача вагонетки для розгрузки продукції закінчились, то не буде спрацювання датчиків *ДП2* і *ДП4* у процесі руху, то схема електронного пристрою моделі перейде в початковий стан, у якому висвітиться зелений вогонь світлофора. У всіх інших станах схеми електронного пристрою в цей час засвічуються красні вогні на світлофорах.

Якщо бункер для вивантаження продукції стане повним, то спрацює реле контролю уровня (РКУ), по схема електронного пристрою моделі перейде у стан «7». У цьому стані засвітиться інформація про заповнення бункера і робота по розвантаженню вагонеток потяга буде призупинена, поки букер не буде очищений від вивантаженої продукції. Тільки після цього, за допомогою спеціальної кнопки «Пуск», електронний пристрій математичної моделі переходить до стану «4». Робота схеми електронного пристрою математичної моделі у стані «4» і в інших була розглянута вище.

2.3. Розробка структурної математичної моделі та канонічних рівнянь роботи пристрою при розробці електронної схеми управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток

Із другого кроку проектування визначаємо кількість станів абстрактної математичної моделі схеми електронного пристрою розвантаження вагонеток. При перетворенні абстрактної математичної моделі у структурну, у відповідності з [10, 11, 12] закодуємо їх стани. При кодуванні використаємо двійковий нормальний код. Кількість таких розрядів можна знайти з виразу [12]

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

де Q – кількість станів абстрактної математичної моделі; n – загальна кількість елементів пам'яті розрядів двійкового коду; $\lceil \rceil$ – знак, який показує, що для побудови електронної схеми необхідно взяти найбільше ціле додатне число.

Використовуючи вираз (2.3.1), маємо $n = 3$. Це свідчить про те, що для побудови електронної схеми на вісім станів абстрактної моделі електронного пристрою розвантаження вагонеток необхідно використати три елементи пам'яті. Для спрощення схеми електронного пристрою, підвищення його надійності і спрощення у ремонті використаємо RS -тригери.

Щоб отримати структурну математичну модель електронного пристрою розвантаження вагонеток, необхідно закодувати їх стани наступним чином: $0 \rightarrow 000$; $1 \rightarrow 001$; $2 \rightarrow 101$; $3 \rightarrow 110$; $4 \rightarrow 100$; $5 \rightarrow 111$; $6 \rightarrow 011$; $7 \rightarrow 010$.

Виходячи із виконаного кодування, структурна математична модель схеми електронного пристрою розвантаження вагонеток, матиме вид приведений на рис. 2.3.1.

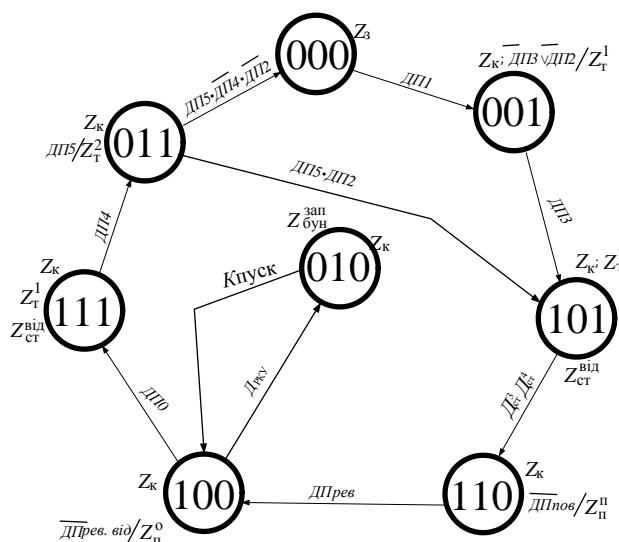


Рис. 2.3.1. Структурна модель алгоритму розвантаження вагонеток

Згідно третього кроку проектування електронних пристроїв, із структурної математичної моделі, будемо таблицю переходів електронного пристрою розвантаження вагонеток, вигляд якої приведений на рис. 2.3.2. Таблиця виходів

схеми електронного пристрою розвантаження вагонеток, матиме вигляд, приведений на рис. 2.3.3.

Таблиця переходів структурної математичної моделі алгоритму розвантаження вагонеток, табл. 2.3.1.

Таблиця 2.3.1

$Q_i \backslash D_i$	000	001	101	110	100	111	011	010
$\overline{ДП1}$	001							
$\overline{ДП2} \vee \overline{ДП3}$								
$\overline{ДП3}$		101						
$\overline{Дст3} \cdot \overline{Дст4}$			110					
$\overline{ДП}$								
$\overline{ДПрев}$				100				

$\overline{ДПрев. відк.}$								
$\overline{ДП0}$					111			
$\overline{Дрку}$					010			
$\overline{Кпуск}$								100
$\overline{ДП4}$						011		
$\overline{ДП5} \cdot \overline{ДП2}$							101	
$\overline{ДП5} \cdot \overline{ДП4} * \overline{ДП2}$							000	

Таблиця виходів структурної математичної моделі алгоритму розвантаження вагонеток, табл. 2.3.2.

Таблиця 2.3.2

$Z_i \backslash D_i$	Z_3	Z_K	$Z_K;$ $Z_T^1;$ $Z_{ст}^{від};$	Z_K	Z_K	$Z_K;$ $Z_{ст}^{від};$ Z_T^1	Z_K	Z_K
$Q_i \backslash D_i$	000	001	101	110	100	111	011	010
$\overline{ДП2} \vee \overline{ДП3}$		Z_T^1						
$\overline{ДПнов.}$				Z_n^n				
$\overline{ДПрев. відк.}$					Z_n^o			
$\overline{ДП5}$							Z_T^2	

Із табл. 2.3.1. знаходимо рівняння управління трьома RS – тригерами схеми електронного пристрою розвантаження вагонеток, що матимуть такий вид:

$$\varphi_1^1 = \text{ДП1} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee \text{ДП0} \cdot y_3;$$

$$\varphi_1^0 = \text{Д}_{\text{стр3}} \cdot \text{Д}_{\text{стр4}} \cdot y_3 \vee \text{ДП5} \cdot \overline{\text{ДП4}} \cdot \text{ДП2} \cdot \bar{y}_3;$$

$$\varphi_2^1 = \text{Д}_{\text{стр3}} \cdot \text{Д}_{\text{стр4}} \cdot y_3 \vee \text{ДП0} \cdot y_3;$$

$$\varphi_2^0 = \text{ДП195} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_1 \vee \text{ДП5} \cdot \text{ДП2} \cdot y_1 \vee \text{ДП5} \cdot \overline{\text{ДП4}} \cdot \overline{\text{ДП2}} \cdot \bar{y}_3;$$

$$\varphi_3^1 = \text{ДП3} \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \text{К}_{\text{пуск}} \cdot \bar{y}_1 \vee \text{ДП5} \cdot \text{ДП2} \cdot y_1;$$

$$\varphi_3^0 = \text{Д}_{\text{ркы}} \cdot \bar{y}_1 \vee \text{ДП4} \cdot y_2 \cdot y_1,$$

де $\varphi_1^1, \varphi_2^1, \varphi_3^1$ і $\varphi_1^0, \varphi_2^0, \varphi_3^0$ – функції увімкнення і вимкнення першого, другого і третього елементів пам'яті схеми електронного пристрою розвантаження вагонеток; y_1, y_2, y_3 і $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3$ – сигнали першого, другого і третього RS – тригерів схеми електронного пристрою, 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 так. У таблиці переходів розглядають переходи кодових станів цієї функції з «0» до «1» під дією вхідних змінних. У кон'юнкцію цих 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 ля функції φ_1^0 отримують аналогічно описаному з тою різницею, що при цьому розглядають переходи із стану «1» до стану «0». Рівняння для функції φ_2 і φ_3 отримують аналогічно описаному для функції φ_1 .

Із таблиці виходів знаходимо управляючі сигнали схеми електронного пристрою, які матимуть такий вигляд:

$$Z_T^1 = (\overline{\text{ДП2}} \vee \overline{\text{ДП3}}) \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$Z_T^2 = \text{ДП5} \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$Z_{ст}^{від} = y_3 \cdot y_1;$$

$$Z_{зап}^{бунк} = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_n^n = \overline{ДП165} \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_n^n = \overline{ДП30} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1.$$

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

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА СХЕМИ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ БОКОВИМ ПЕРЕКИДАЧЕМ ДЛЯ РОЗВАНТАЖЕННЯ ПРОДУКЦІЇ З ВАГОНЕТОК

3.1 Вибір елементної бази електронного пристрою схеми управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток

Проектування схеми електронного пристрою розвантаження вагонеток повинно включати як стандартні частини, так і нестандартні (специфічні для даного проектування частини). Це схеми управління модулями та схеми забезпечення їхньої взаємодії. Проектування нестандартних частин завжди пов'язана із використанням мікро-схем, оскільки виготовлення на замовлення спеціалізованих ВІС пов'язано зі значними затратами коштів і часу. Застосування мікро-схем малого й середнього рівнів інтеграції приводить до зростання кількості корпусів ІС, ускладнює сам монтаж, що веде до зниження надійності таких пристроїв.

Указані недоліки привели до розроблення мікросхем з внутрішніми програмованими структурами. Це способствовало до створення таких мікросхем, які мали б закінчені стандартні виробы і потім програмувалися користувачами по їх конкретним проектам. Споживач у такому випадку може замовляти для себе дорогі спеціалізовані мікросхеми. Інші різновиди, як напівфабрикати, виготовляються й використовуються за допомогою зменшеної кількості технологічних операцій. У

такому випадку споживач зменшує витрати на побудови необхідного електронного пристрою.

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 напряму в розвитку цифрової компонентної бази для проектування електронних схем, у рамках якого економічно можливо застосовувати мікросхеми високого рівня інтеграції і в проектах з незначним тиражем випуску. Розробка ВІС/НВІС виявилася надзвичайно перспективною і привела до нових ефективних засобів 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 спеціалізованих програмованих ІС залежить від умов і значною мірою від обсягу проєктованих електронних схем.

Усі спеціалізовані програмовані ІС поділяються на програмовані користувачем логічні ІС (ПЛІС) і програмовані виробником ІС. Програмування користувачем або виробником змінює характер проєктування електронних схем.

До програмованих користувачем мікросхем необхідно віднести:

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

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

3) **програмовані користувачем вентиляльні 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 також і **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 вентиляльні матриці; зарубіжне позначення - *FPGA*.

Лівовою часткою інженерних розробок електронних пристроїв в умовах сучасної України є використання схем з програмованою структурою для створення необхідних електронних схем.

Як слідує із розділу 2, § 2.3, що знайдені канонічні рівняння роботи електронної схеми пристрою розвантаження вагонеток представлені у вигляді досконалої нормальної форми, то для їх реалізації краще підходять програмуємі логічні матриці (ПЛМ) [7, 9, 14], які представляють логічну схему для перетворення множини вхідних значень змінних $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_m \}$ у відповідну множину вихідних значень змінних $Y = \{ y_1, y_2, \dots, y_m \}$ виражених у двійковому коді [7,10].

Біполярні ПЛМ з'явилися у середині 70-х років ХХ ст. Їх основою є елементи «І» і «АБО», вхідні підсилювачі (ВП) і вихідні каскади (ВК). ВП перетворюють однофазні вхідні та парафазні вихідні сигнали і видають ці вихідні сигнали необхідної потужності для живлення матриці з елементів «І». ВК забезпечують навантажувальну здатність виходів, дозволяють або забороняють вихід ПЛМ на зовнішні шини, використовуючи сигнал *CS* (дозвіл вибірки кристалу).

ВІС, які виготовляє електронна промисловість світу, мають базову структуру ПЛМ, яка складається із матриці кон'юнкторів (матриця «І») і матриці диз'юнкторів (матриця «АБО»). Структуру біполярної ПЛМ, мікросхема К556РТ1, наведено на рис. 3.1.1, [7, 10].

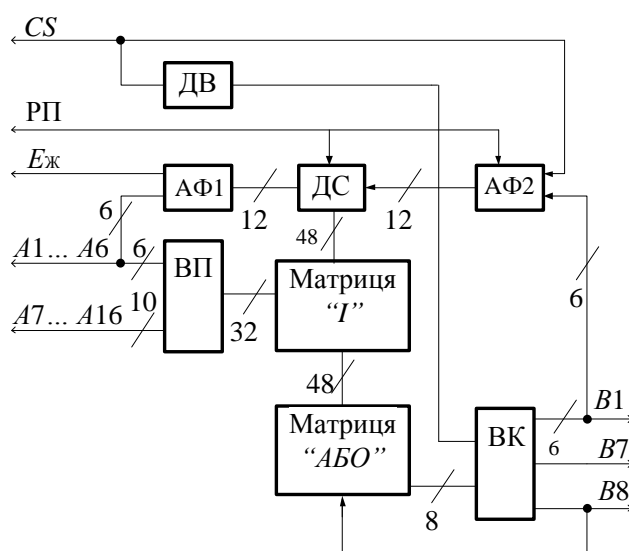


Рис. 3.1.1. Структура біполярної ПЛМ, мікросхема К556РТ1

Вона включає матрицю кон'юнкторів (матрицю «І»), матрицю диз'юнкторів (матрицю «АБО»), блок ВП, блок ВК, схему вибірки кристалу (ДВ), програмований дешифратор, програмовані адресні формувачі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі

видають прямі та інверсні значення вхідних змінних за всіма шістнадцятьма входам ($A1, \dots, A16$).

Дшифратор (ДС) і програмовані адресні формувачі (АФ1, АФ2) використовують тільки в режимах програмування й контролю НВІС.

Для наглядності й розуміння принципу побудови і роботи ПЛМ розглянемо базову функціональну схему мікросхеми серії К556РТ1 (рис. 3.1.2), де ВП1, ..., ВП16 – вхідні підсилювачі; К1, ..., К48 – кон'юнктори матриці «I»; Д1, ..., Д8 – диз'юнктори матриці «АВО»; ВК1, ..., ВК8 – вихідні каскади; P1, ..., P48 – 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 змінних, які поступають у матрицю «I». Для управління вхідними підсилювачами є входи ($A1, \dots, A16$). Вхідні підсилювачі побудовані на основі послідовно включених буферних схем «I-HI», [7, 10].

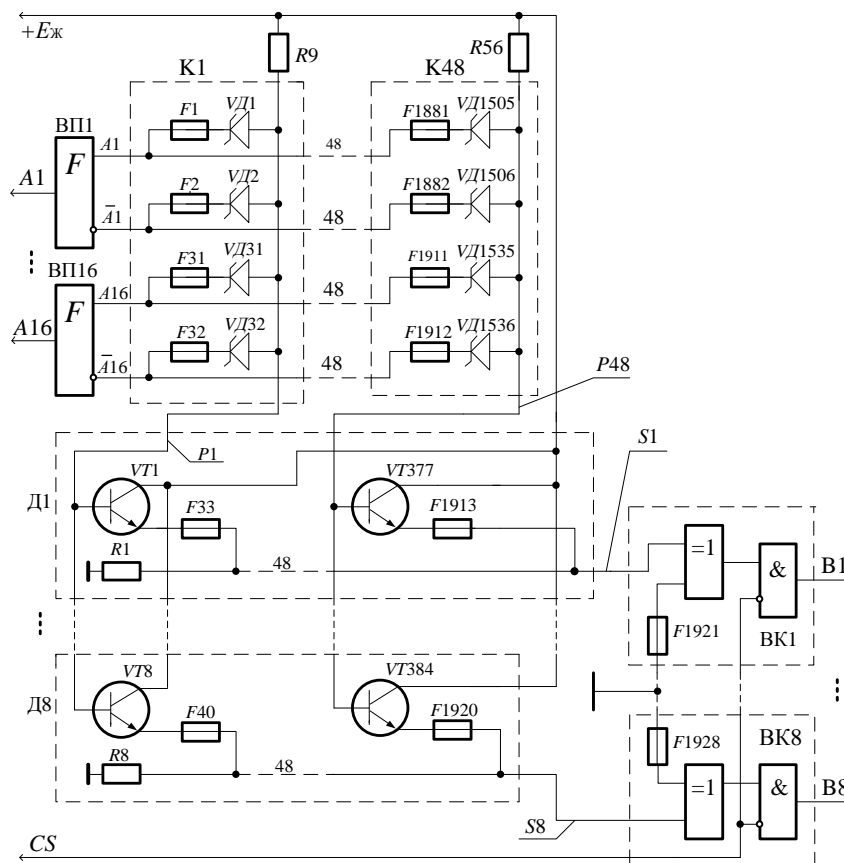


Рис. 3.1.2. Базова функціональна схема мікросхеми серії K556PT1

Основними вузлами мікросхеми K556PT1 є матриці «I» та «АБО», які реалізують логічні функції. Перший рівень ПЛМ складається із 48 кон'юнкторів (матриця «I»), які з'єднані за допомогою плавких ніхромових перемичок з будь-яким із шістнадцяти спільних входів за допомогою буферних схем. Матриця «I» реалізує кон'юнкції входних змінних, причому кожна входна змінна входить в кон'юнкцію прямо або інверсно, або не входить зовсім. Вхідні сигнали, які з'являються на вхідних шинах матриці «I», уводяться у матрицю «АБО», яка утворює другий логічний рівень і реалізує диз'юнкції заданих кон'юнкцій. Матриця «АБО» створює вісім диз'юнкторів, кожен 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 P_1, \dots, P_{48} , а шини, які з'єднують матрицю «АБО» з вихідними каскадами, називають шинами диз'юнкцій і позначають S_1, \dots, S_8 .

Програмованим елементом матриці «I» є діод Шотткі з плавкою ніхромовою перемичкою, а матриці «АБО», включені за схемою емітерного повторювача, є $n-p-n$ транзистором з плавкою ніхромовою перемичкою в емітері.

Каскади ВК1, ..., ВК8 включають логічні схеми «Виключаюче АБО» і підсилювачі зчитування. Наявність на вході каскаду логічної схеми «Виключаюче АБО» дає змогу інвертувати рівень вихідного сигналу залежно від сигналу на вході, тобто програмувати або активний високий, або активний низький рівень вихідного сигналу. Заземлення (підключення до сигналу «0») одного з 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 приводить до вихідної напруги низького рівня.

ВІС, як базова програмована логічна матриця, у режимі оброблення інформації працює наступним чином. Вхідні змінні A_1, \dots, A_{16} через блок вхідних підсилювачів у прямому чи інверсному значенні поступають на матрицю «I», де за допомогою діодів Шотткі й плавких ніхромових перемичок утворюють необхідні

кон'юнкції P_1, \dots, P_{48} , які логічно сумуються матрицею «АБО», утворюючи функції S_1, \dots, S_8 , які надходять у вихідні каскади для подальшого їх перетворення й видачі на виходи V_1, \dots, V_8 .

Дана ПЛІС включає матрицю кон'юнкторів (матрицю «І») матрицю диз'юнкторів (матриця «АБО»), блок вхідних підсилювачів (ВП), блок вихідних каскадів (ВК), схему дозвону виборки кристалу (ДВ), програмуємий дешифратор, програмуємі адресні формірователі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі формують прямі і інверсні значення вхідних змінних по всім шістнадцяти входам ($A_1 \dots A_{16}$).

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

Основними вузлами мікросхеми К556РТ1 є матриці «І» і «АБО», які реалізують двохрівневі логічні функції. Перший рівень ПЛІМ складається із 48 кон'юнкторів (матриця «І»), які з'єднані за допомогою плавких ніхромових перемичок з будь-яким із шістнадцяти спільних входів через буферні схеми. У матриці «І», 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 «І», вводяться у матрицю «АБО», яка утворює другий логічний рівень і реалізує диз'юнкції заданих кон'юнкцій. Матриця «АБО» утворює вісім диз'юнкторів, кожен із яких може бути вибірково з'єднаний з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів.

Програмуємім елементом матриці «І» є діод Шотткі 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.

Графічне позначення мікросхеми ПЛМ К556РТ1 зображено на рис. 3.1.3, [7, 10],

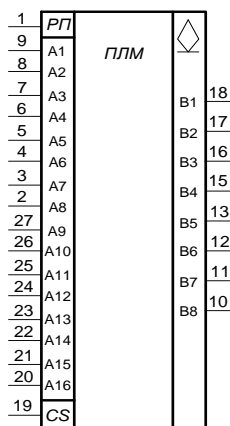


Рис. 3.1.2. Графічне зображення мікросхеми ПЛМ К556РТ1

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

3.2. Розробка схеми електронного пристрою управління боковим перекидачем для розвантаження продукції з вагонеток

Використовуючи рівняння роботи схеми електронного пристрою, ПЛМ повинна відповідати таким параметрам. Кількість диз'юнкторів повинно бути не менше 3, вхідних змінних не більше 16, вихідних 15 (6 - для управління *RS* – тригерами і 7 – для управління виконавчими механізмами. Найближчою до цих параметрів є мікросхеми ПЛМ [9, 14]. Мікросхема серії К556РТ1, яка має входи для 16 змінних, 8 виходів для реалізації функцій і 48 кон'юнкторів підходить для їх реалізації. Для наведених у § 3.3 функцій:

$\Phi_1^1, \Phi_1^0, \Phi_2^1, \Phi_2^0, \Phi_3^1, \Phi_3^0, Z_3, Z_k, Z_T^1, Z_T^2, Z_{ст}^{від}, Z_{зап}^{бун}, Z_{п}^п, Z_{п}^o$ присвоюємо номери їх кон'юнкторам: $k_1 = ДП1 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2$; $k_2 = ДП0 \cdot y_3$; $k_3 = \bar{Дст3} \cdot Дст4 \cdot y_3$;;
 $k_4 = ДП5 \cdot \bar{ДП4} \cdot ДП2 \cdot \bar{y}_3$;; $k_5 = ДП0 \cdot y_3$; $k_6 = ДП195 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_1$; $k_7 = ДП5 \cdot ДП2 \cdot y_1$;
 $k_8 = ДП5 \cdot \bar{ДП4} \cdot \bar{ДП2} \cdot \bar{y}_3$; $k_9 = ДП3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{10} = K_{пущ} \cdot \bar{y}_1$; $k_{11} = Д_{пкy} \cdot \bar{y}_1$; $k_{12} = ДП4 \cdot y_2 \cdot y_1$;
 $k_{13} = \bar{y}_1 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_3$; $k_{14} = \bar{y}_2 \cdot y_1$; $k_{15} = y_3 \cdot \bar{y}_1$; $k_{17} = y_3 \cdot y_2 \cdot y_1$ - для ПЛМ1 і $k_{18} = y_3 \cdot y_1$;

$$k_{19} = \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; \quad k_{20} = \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_{21} = \overline{\text{ДП165}} \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad k_{22} = \overline{\text{ДП30}} \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$k_{23} = \overline{\text{ДП2}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_{24} = \overline{\text{ДП3}} \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_{25} = y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 - \text{для ПЛМ2.}$$

Використовуючи [9, 14], програмуємо отримані функції і їх результати заносимо у табл. 3.2.1 і табл. 3.2.2 відповідно.

Введемо наступні позначення вхідних змінних для таблиць програмування: ДП1 $\rightarrow a$; ДП2 $\rightarrow b$; ДП3 $\rightarrow v$; ДП4 $\rightarrow z$; ДП5 $\rightarrow d$; ДП0 $\rightarrow e$; Д_{ст3} $\rightarrow ж$; Д_{ст4} $\rightarrow з$; ДП195 $\rightarrow i$; К_{пуск} $\rightarrow k$; $\rightarrow l$; $m \rightarrow y_3$; $n \rightarrow y_2$; $o \rightarrow y_1$ – для першої ПЛМ і $c \rightarrow y_3$; $p \rightarrow y_2$; $n \rightarrow y_1$; ДП5 $\rightarrow t$; ДП165 $\rightarrow y$; ДП30 $\rightarrow \phi$; ДП2 $\rightarrow x$; ДП3 $\rightarrow ч$ – для другої ПЛМ

Таблиця програмування ПЛМ1

Таблиця 3.2.1

	Кон'юнктори														Рівень активності							
	Вхідні змінні														1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>v</i>	<i>z</i>	<i>d</i>	<i>e</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	<i>i</i>	<i>k</i>	<i>l</i>	<i>m</i>	<i>n</i>	<i>o</i>	Вихідні функції							
	Номер програмуемого входу														Φ_1^1	Φ_1^0	Φ_2^1	Φ_2^0	Φ_3^1	Φ_3^0	Z_3	Z_k
	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						1			A								
k_3						1	1				1				A	A						
k_4		0		0	1						0				A							
k_5					1						1					A						
k_6							1				1		0				A					
k_7		1			1								1				A	A				
k_8		0		0	1						0						A					
k_9			1										0	1				A				
k_{10}										1				0				A				
k_{11}											1			1					A			
k_{10} k_{12}				1									1	1					A			
k_{10} k_{13}												0	0	0						A		
k_{10} k_{14}													0	1							A	
k_{10} k_{15}												1		0							A	

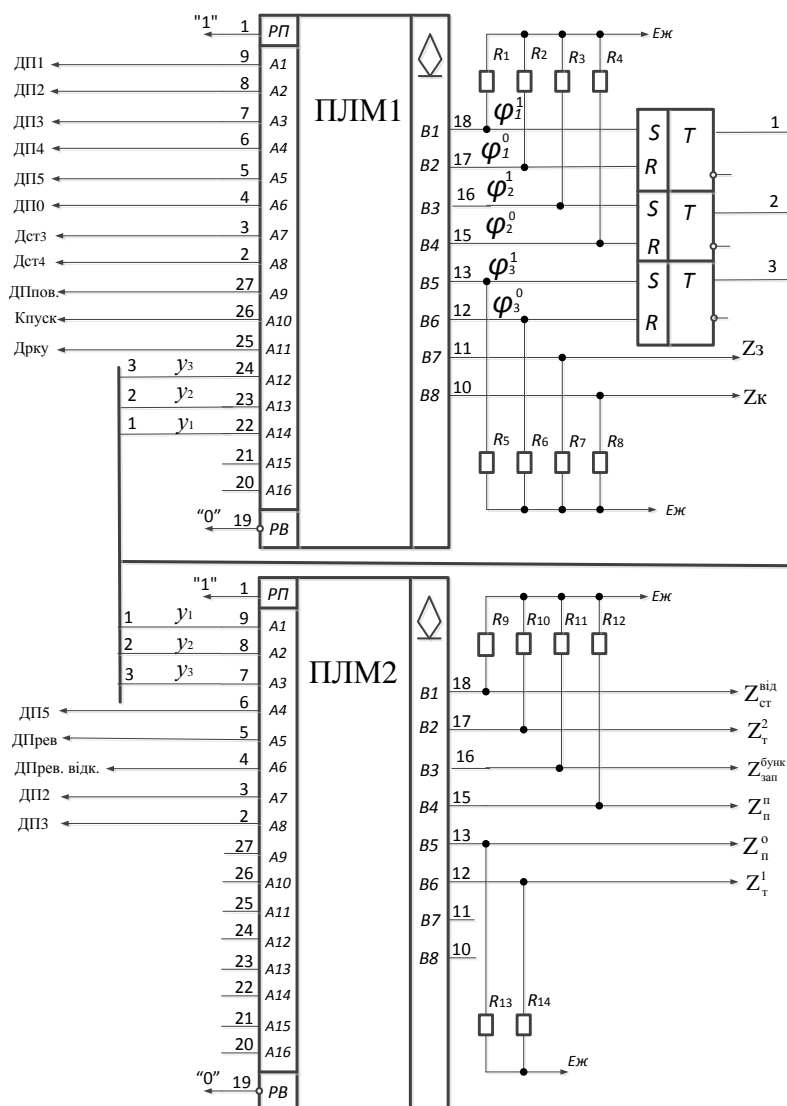


Рис. 3.2.1

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити схему електронного пристрою з боковим розвантаженням вагонеток з використанням засобів мікроелектроніки. Дана схема електронного пристрою розроблена з використанням теорії автоматів, теорії комп'ютерної логіки та теорії графів і алгоритмів.

У процесі кваліфікаційної роботи були розроблені технічні вимоги, етапи проектування електронної схеми пристрою та алгоритм для бокового розвантаження вагонеток.

На підставі розробленого алгоритму були розроблені абстрактна та структурна математичні моделі, на основі яких, використовуючи теорію автоматів, отримані канонічні рівняння роботисхеми електронного пристрою.

Аналіз отриманих рівнянь показав, що їх реалізацію найкраще можна виконати на програмуємих логічних матрицях (ПЛМ). У кваліфікаційній роботі показано, що у якості ПЛМ найкраще для електронної схеми підходять ПЛМ серії K556PT1. На такихх ПЛМ розроблена електронний схема пристрою розвантаження вагонеток. Дана схема електронного пристрою була запрограмована на мові програмування використаних ПЛМ.

Розробка даної кваліфікаційної роботи показала можливість проектування схем електронних пристроїв з боковим розвантаженням вагонеток, з використанням теорії автоматів і комп'ютерної логіки, що в свою чергу дало можливість застосовувати сучаснуелектронну елементну базу у вигляді ПЛМ.

Застосування результату даної роботи дозволить підвищити надійність роботи електронного пристрою для бокового розвантаження вагонеток.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004—2013.
2. Мухопад М. Д. Транспортні машини. — Харків: Вид-во «Основа» при Харк. ун-ті, 1993. — 192 с.
3. Пономаренко В.А., Клеймер Е. Л., Дунаев Г. А. и др Системы подземного транспорта на угольных шахтах. М: «Недра», 1975 - 309с.
4. Карташов Ю. В. Рудничная транспортная сигнализация и автоблокировка М: «Недра», 1974 - 192с.
5. Карташов Ю.В. Автоматизация стрелочных переводов М: «Недра», 1971 - 113с
6. Матвієнко М. П. Пристрої цифрової електроніки К: «Ліра-К», 2015 - 392с.
7. Матвієнко М.П. Проектування цифрових пристроїв, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018 - 364с.

8. Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов. Ленинград; Энергия, 1979 – 232с.
9. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2012 - 364с.
10. Матвієнко М.П. Комп'ютерна схемотехніка, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2013 - 192с.
11. Жабін В.І., Жуков І.А., Клименко І.А., Ткаченко Прикладна теорія цифрових автоматів. Видавництво НАУ, 2007 - 364с.
12. Жабин В.И. и др. Логические основы и схемотехника ЭВМ. - К: ВЕК+, 1999 – 128с.
13. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодуванн.. К: «Вища школа», 2001 – 255с.
14. Отраслевой стандарт. ОСТ 11.340.915-82. Микросхеми інтеральні серії 556(556РТ1, 556РТ2), Р556(Р556РТ1, Р556РТ2). Руководство по применению ОКП. 623 000.-51с.