

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

КОНОТОПСЬКИЙ ІНСТИТУТ

Факультет денної форми навчання

Кафедра електронних
приладів і автоматики

Дипломна робота

**Розробка електронного пристрою управління шлюзовою установкою
шахти**

Студент гр. ЕП-61к

В. Ю. Ворона

Нормоконтроль
ст. викладач, к.ф.-м.н.

Т.М.Гричановська

Науковий керівник
к.т.н., доцент

М. П. Матвієнко

Конотоп 2020

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота присв'ячена розробці електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти.

Об'єктом розробки такого пристрою є шлюзова установка шахти.

Метою роботи є розробка електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти.

При виконанні кваліфікаційної роботи по розробці електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти 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 управління шлюзовою установкою шахти на основі таблиць переходів та виходів отримані канонічні рівняння його роботи. Мінімізація і аналіз цих канонічних рівнянь показали, що найкращим варіантом їх реалізації є програмуємі логічні матриці (ПЛМ) із застосуванням *RS* - тригерів.

Робота викладена на 36 сторінках, у тому числі включає 8 рисунків, 5 таблиць, список цитованої літератури із 17 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЕЛЕКТРОННИЙ ПРИСТРІЙ, ШЛЮЗОВА УСТАНОВКА ШАХТИ, ДВЕРІ ШЛЮЗОВОЇ УСТАНОВКИ, ДАТЧИКИ ШЛЮЗОВОЇ УСТАНОВКИ, ПРОХОДЖЕННЯ ПОТЯГА ЧЕРЕЗ ШЛЮЗОВУ УСТАНОВКУ, АБСТРАКТНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ШЛЮЗОВОЇ УСТАНОВКИ ШАХТИ, СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ШЛЮЗОВОЇ УСТАНОВКИ ШАХТИ, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ТАБЛИЦЯ ПЕРЕХОДІВ ТА ВИХОДІВ, ПРОГРАМУЄМИ ЛОГІЧНІ МАТРИЦІ (ПЛМ), ПРОГРАМУВАННЯ ПЛМ.

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ	5
1.1. Загальні відомості про шлюзові установки шахт.....	5
1.2. Технологічна схема управління шлюзовою установкою у шахті	6
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ, АЛГОРИТМУ ТА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ	10
2.1. Розробка технічних вимог і алгоритму роботи електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти	10
2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти.....	12
2.3. Розробка структурної математичної моделі та канонічних рівнянь роботи електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти	16
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ	22
3.1 Вибір елементної бази електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти.....	22
3.2. Розробка схеми електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти.....	30
ВИСНОВКИ	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	36

ВСТУП

Збільшення видобутку вугілля є основним завданням топливно-енергетичного комплексу, що веде до енергонезалежності країни. Рудничний електровозний транспорт з шлюзуванням є з'єднуючим ланцюгом між процесами добування вугілля і його транспортування для погрузки в вагони колійного транспорту і визначає ритмічність виробничого циклу шахти в цілому.

Чіткість роботи підземного транспорту, безперебійне забезпечення повітрям залежить від організації його перевезень і чіткої роботи шлюзових пристроїв. Підвищення ритму роботи можна досягти за рахунок використання сучасних систем управління шлюзовими пристроями.

Для розробки таких пристроїв були проаналізовані як шлюзові пристрої так централізовані і автоматичні системи управління колійним транспортом. На основі аналізу був зроблений висновок, що найбільш ефективною системою є система, яка базується на побудові шлюзових пристроїв, які розраховані для пропуску составів потягів і маршрутів шахтних залізничних вагонеток з червоним нормально горящим світлом світлофора.

Враховуючи те, що шлюзова установка шахти повинна бути високонадійною установкою, від функціонування якої у значній мірі залежить провітрювання у шахті, то електронний пристрій управління нею повинен бути надзвичайно надійним. Враховуючи це, його розробка повинна опиратися на науковий підхід, використовуючи останні досягнення в електроніці.

На основі даного підходу, користуючись математичною логікою і теорією автоматів необхідно розробити математичні моделі, по яким отримати канонічні рівняння роботи шлюзового пристрою для автоматичного пропуску составів потягів через шлюзову установку не порушуючи провітрювання у шахті в цілому.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ

1.1. Загальні відомості про шлюзові установки шахт

Для оперативного управління процесом провітрювання у шахті використовують спосіб регулювання провітрювання шахти шляхом застосування спеціальних регуляторів повітря, які встановлюються в гірничих виробках. Як регулятор провітрювання в гірничій виробці прийнято застосовувати шлюзові вентиляційні двері, конструктивну схему яких наведено на рис. 1.1 1. [1, 2, 3].

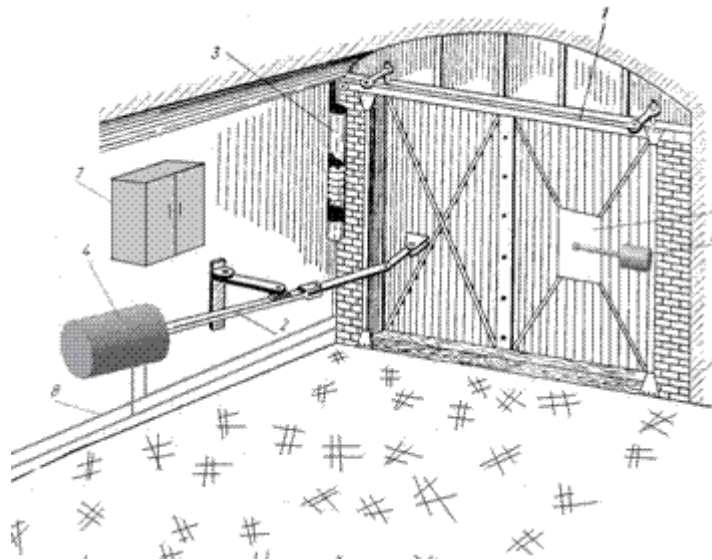


Рис. 1.1. 1 Шлюзові вентиляційні двері в шахті

Шлюзові вентиляційні двері шахти складаються з двох стулок 1, тяг 2. Під впливом зусилля контрвантажу 3 стулки дверей стають на місце. Вентиляційні двері мають регулююче вентиляційне вікно 5 з електричним виконуючим механізмом 6, яке може відкриватися та закриватися при закритих вентиляційних дверях. Відчинення та зачинення вентиляційних дверей здійснюється за допомогою пневматичного виконавчого пристрою з електропневмоклапаном 4. Це робиться для того, щоб під час аварійної газової ситуації у шахті при реверсуванні повітряного потоку, за вимогами ПБ [1, 3],

відключається електроенергія на всіх дільницях шахти. До електропневмоклапана підводиться пневмопровід 8.

1.2. Технологічна схема управління шлюзовою установкою в шахті

Якщо шлюзова установка використовується для пропускання потягів, то вона працює в режимі автоматичного управління сигнальними світлофорами і дверима шлюзових пристроїв при проїзді локомотивного транспорту з можливістю видачі інформації диспетчеру про положення дверей, зайнятості шлюзу і прийому сигналів управління дверима від диспетчера, [3, 4, 5] .

Технологічна схема управління механізмами такої шлюзової установки шахти приведена на рис. 1.2.1.

На рис.1.2.1 прийняті наступні позначення:

D_{31}^u, D_{32}^u – датчики запиту в'їзду до шлюзової установки;

$D_{п1}^u, D_{п2}^u$ – датчики зміни при в'їзді шлюзової установки;

D_{o1}^u, D_{o2}^u – датчики відбою при проїзду до шлюзової установки;

D_{o3}^1, D_{o3}^2 – датчики, які фіксують закриття першої і другої двері шлюзової установки;

D_{oo}^1, D_{oo}^2 – датчики, які фіксують відкриття першої і другої двері шлюзової установки;

$D_{ш}^1, D_{ш}^2$ – датчики шлюзової установки, які видають сигнал на закриття другої і першої двері відповідно;

C_1, C_4 – світлофори запиту проїзду через шлюз;

C_2, C_3 – світлофори, які сигналізують машиністу про відкривання і закривання шлюзових дверей;

Γ – сигналізатор, який сповіщає про відкриття дверей шлюза і проходження через його локомотива.

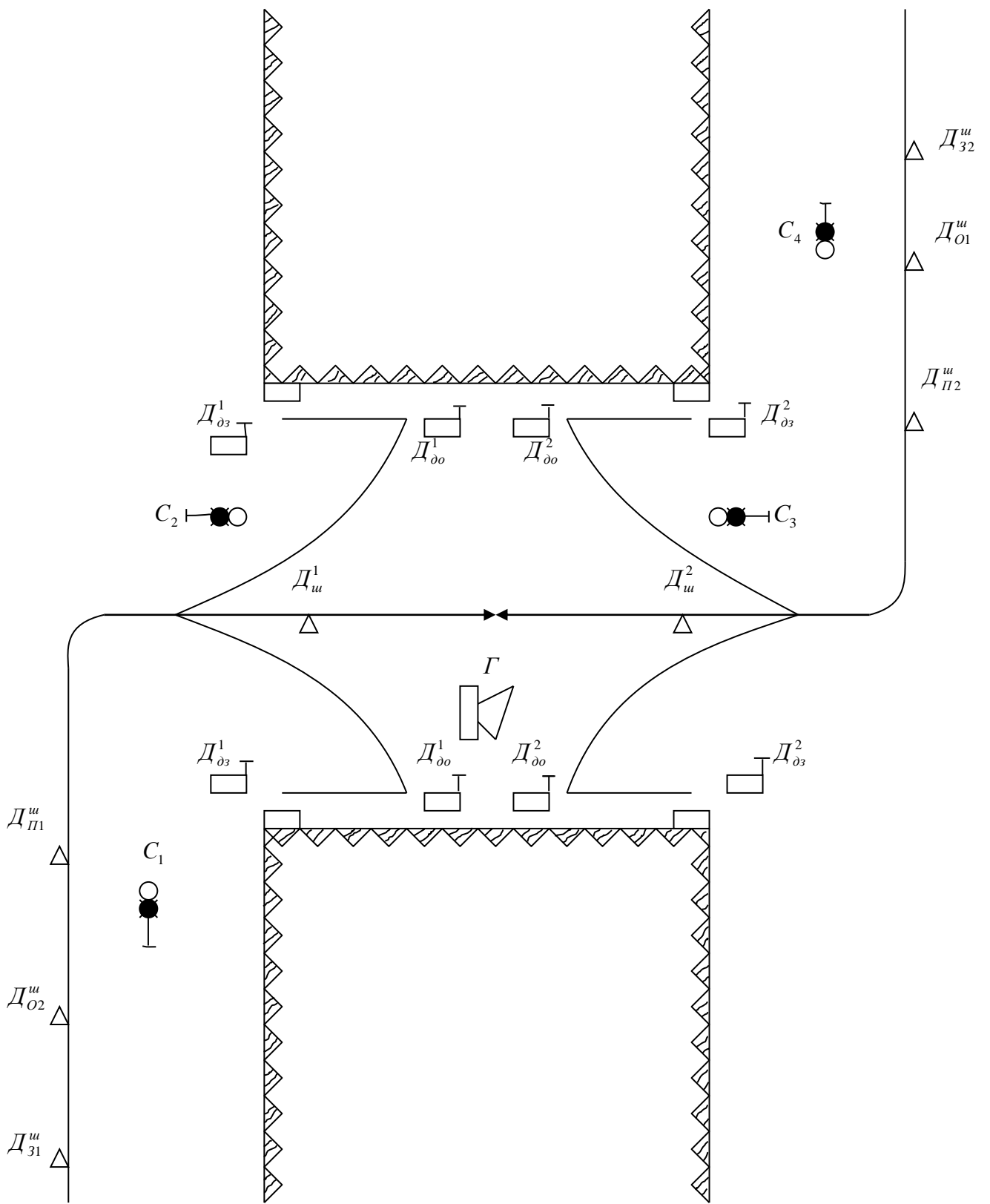


Рис. 1.2.1. Технологічна схема управління механізмами шлюзової установки

Електронний пристрій управління шлюзовим пристроєм шахти повинен задовольняти роботу шлюзу в трьох режимах:

- автоматизованого пропуску транспорту;
- аварійного управління;
- місцевого управління.

У режимі автоматизованого пропуску транспорту робота шлюзової установки відбувається наступним чином. У початковому стані двері шлюзу закриті. Світлофори C_1, C_2, C_3, C_4 висвітлюють червоне світло. При наїзді локомотива на датчик D_{31}^u , сигнал від нього поступає у систему, яка переключає світлофор C_1 з червоного кольору на зелений, включає сигналізатор Γ і з витримкою у $3c$ розпочинається відкриття першої двері. У цей час на світлофорі C_2 розпочинається мигання червоного кольору, що показує машиністу на процес відкриття дверей. При повному відкритті перших дверей спрацьовують датчики $D_{\partial o}^1$ і світлофор C_2 висвітлює зелений сигнал машиністу локомотива на можливість проїзду по шлюзу. Локомотив, проїжджаючи над датчиком переміни D_{m1}^u , переключить світлофор C_1 з зеленого світла на червоне. Після наїзду локомотива на датчик D_{u1}^1 , світлофор C_2 змінить зелене світло на червоне, а світлофор C_3 – червоне на червоне мигаюче. По цій же команді перші двері шлюзової установки починають закриватися. Після їх закриття розпочинають відкриватися другі двері шлюзової установки. При відкритті других дверей шлюзової установки спрацьовують датчики $D_{\partial o}^2$, внаслідок чого червоне мигаюче світло світлофора C_3 зміниться на зелене постійне і локомотив може слідувати через шлюз. Якщо локомотив прослідує через датчик D_{o1}^u , то система подає команду на закриття другої шлюзової двері. Після її закриття спрацьовують датчики $D_{\partial s}^2$, внаслідок чого виключається сигналізатор Γ і зелене світло світлофора C_3 змінюється на червоне. Тобто, шлюзова установка повертається в початковий стан.

Для автоматизованого пропуску локомотива через шлюз з другої сторони, використовують датчик запиту $D_{\partial s}^2$ і проїзд локомотива по шлюзу відбувається

аналогічно описаному з тією різницею, що тепер першими відкриваються другі двері, а другими – перші двері.

Якщо в процесі проїзду локомотива через шлюзовий пристрій вимкнулась електроенергія, то система управління повинна запам'ятовувати інформацію про: положення дверей, командах управління дверима, стан світлофорів, сигналізації і таке інше. При включенні електроенергії стан системи повинен бути таким, який він був до виключення електроенергії. При виключенні електроенергії локомотив повинен зупинитись перед вимкненим світлофором і продовжити рух при включенні електроенергії.

Керування шлюзовою установкою в аварійному режимі відбувається диспетчером за допомогою системи телемеханіки. Місцеве керування шлюзовою установкою відбувається тільки при відмовах колійних датчиків, або в цілому системи управління. Для переведення системи в цей режим необхідно зняти пломбу з перемикача ланцюгів управління і перевести його в режим місцевого управління. У цьому режимі на кнопки місцевого управління подається напруга і за їх допомогою відбувається відкриття і закриття вентиляційних дверей шлюзу, вмикання відповідних світлофорів і сигналізатора.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ВИМОГ, АЛГОРИТМУ ТА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ

2.1. Розробка технічних вимог і алгоритму роботи електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти

У режимі автоматизованого пропуску транспорту при односторонньому чи двосторонньому русі потягів через шлюз повинні виконуватись наступні функції у системі [2, 3, 6, 7, 8].

1. При вільному шлюзі повинні світитися червоним кольором світлофори колійного запиту локомотиву і світлофори положення дверей шлюза.
2. При запиті в'їзду до шлюзу і при умові, якщо він вільний, то повинно виконуватись автоматичне ввімкнення дозволяючого (зеленого) світла світлофору колійного запиту.
3. При зайнятому шлюзі і наїзді локомотива на датчик запиту пристрій повинен видавати сигнал на світлофор колійного запиту, який приведе до мигання його червоного світла.
4. Видача попереджувальної звукової сигналізації затримки команди на відкриття першої (по ходу руху локомотива) двері тривалістю не менше 3С, з моменту запиту і подальше продовження звукового сигналу до моменту повного проїзду потягом шлюзу.
5. Заборону проїзду через шлюз при відмові сигналізатора.
6. Автоматичне перемикання зеленого світла світлофора на червоне при проїзді потягу за світлофор.
7. Автоматичне відкриття першої двері і ввімкнення червоного мигаючого сигналу світлофора шлюза, який показує положення першої двері (в період відкриття) при запиті і закритої другої двері , якщо шлюз вільний.
8. Автоматичне перемикання червоного мигаючого сигналу світлофору шлюза першої двері на зелений при повному її відкритті.

9. Автоматичне перемикання зеленого сигналу світлофора першої двері при спрацюванні датчика, встановленого всередині шлюзу у першої двері.
10. Автоматичне закриття першої двері і включення червоного мигаючого сигналу на світлофорі другої двері (в період відкриття) при спрацюванні колійного датчика встановленого всередині шлюза біля другої двері.
11. Блокування одночасного відкриття двох дверей шлюза.
12. Автоматичне відкриття другої двері після повного закриття першої двері шлюзу.
13. Автоматичне перемикання світлофору положення другої двері з червоного мигаючого сигналу на зелений при повному відкриванні другої двері.
14. Автоматичне закриття другої двері і висвітлення нормальних червоних сигналів світлофорів при спрацюванні колійного датчику відбою.
15. Можливість накопичення маршрутів з послідуєчим їх заданням.
16. Заборону одночасного шлюзування двох потягів при установці шлюзу в двоколійній вироботці.
17. Збереження стану сигналів світлофорів при зникненні, а потім і включенні електроживлення, при збереженні також при цьому і положення дверей, відповідаючого моменту відключення електроенергії.
18. Можливість приведення системи і пристроїв в початковий стан при ремонті, наладці і після зняття напруги.
19. Можливість подання сигналів диспетчеру за допомогою апаратури телемеханіки з кінцевих положень вентиляційних дверей і зайнятості шлюзу.
20. Блокування команд диспетчера на закриття вентиляційних дверей при зайнятому шлюзі.

Виходячи із технічних вимог алгоритм роботи системи управління шлюзовими пристроями матиме слідуєчі кроки.

1. У початковому стані шлюз повинен видавати через свої світлофори заборону на проїзд через нього потягу з будь – якої сторони.
2. При запиті на в'їзд потягу до вільного шлюзу його світлофор видає дозвіл на цей проїзд.

3. При виконанні кроку два алгоритму і наближенні до перших дверей шлюзу, світлофор шлюзу червоним мигаючим світлом видає сигнал машиністу потяга, що в цей час йде відкриття перших дверей шлюзу. Перед відкриттям дверей шлюзу відбувається сигналізація, яка сповіщає про це не менше 3С.
4. При повному відкритті перших дверей шлюзу червоне мигаюче світло світлофору змінюється на зелене постійне і потяг слідує через перші двері шлюзу.
5. При закритті перших дверей шлюзу, відкриваються другі двері і світлофор другої двері змінить червоне світло на червоне мигаюче, яке вказує на те, що відбувається відкриття дверей, Перед відкриттям других дверей шлюзу відбувається сигналізація, яка сповіщає про це не менше 3С.
6. При повному відкритті других дверей шлюзу червоне мигаюче світло світлофора змінюється на зелене постійне і потяг слідує через другі його двері.
7. При виїзді потягу з шлюзу і проходженні датчика розділки, другі двері шлюзу починають закриватись, а зелене світло світлофора зміниться на червоне.
8. При запиті на в'їзд потягу до шлюзу з другої сторони необхідно виконати кроки алгоритму 1 ... 7.

2.2. Розробка абстрактної математичної моделі електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти

Розробку абстрактної математичної моделі управління шлюзовою установкою шахти виконаємо, виходячи із словесного алгоритму, наведеному в § 2.1.

Із технологічної схеми шлюзового пристрою шахти і алгоритму в § 2.1 слідує, що абстрактна математична модель роботи електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти, використовуючи [9, 10, 11] буде мати вигляд, наведений на рис. 2.2.1,

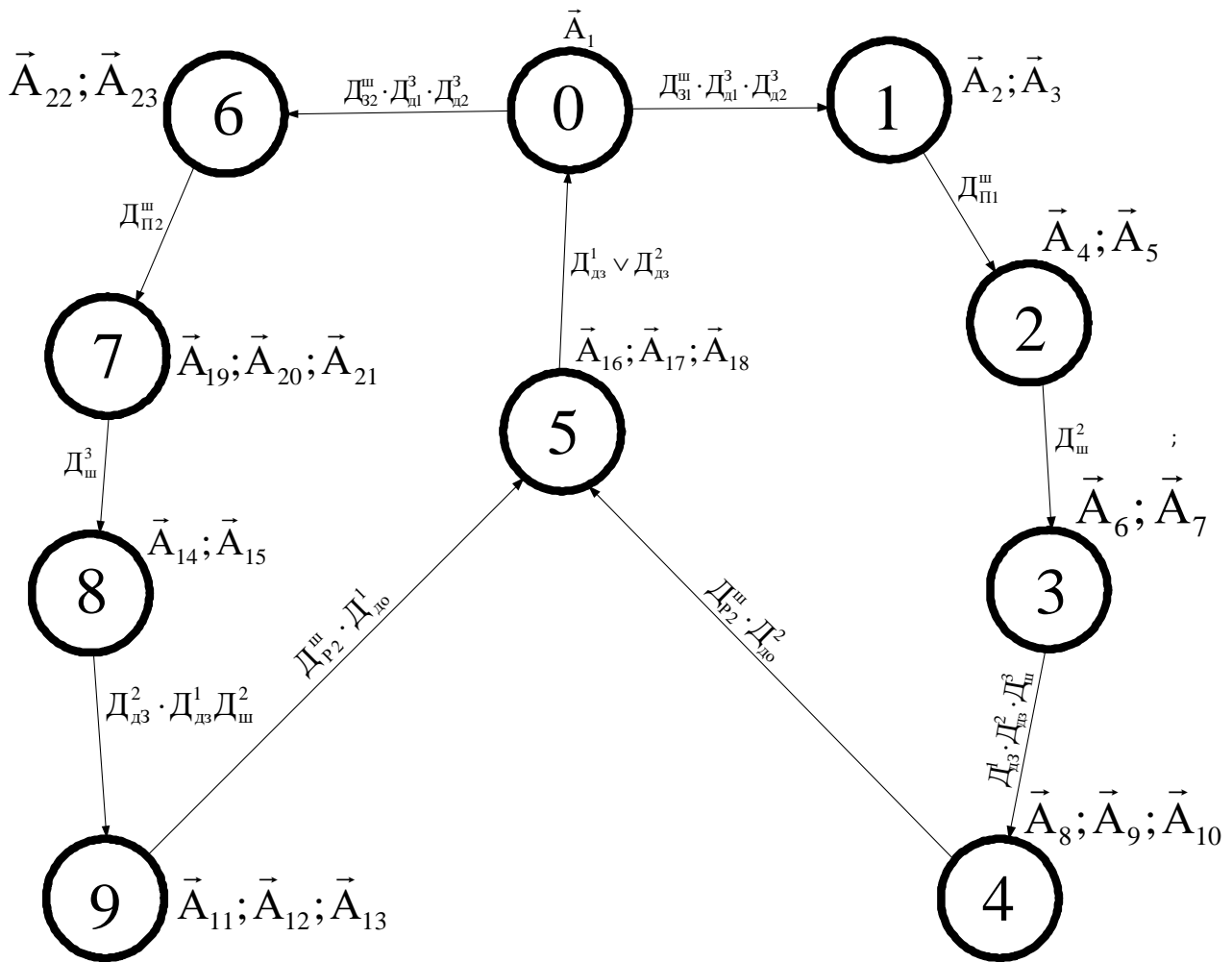


Рис.2.2.1. Абстрактна математична модель алгоритму управління шлюзовою установкою шахти, задана у вигляді графа автомата Мура

Під векторним позначенням \vec{A}_i на абстрактній математичній моделі розуміють:

$$\vec{A}_1 = Z_{C1}^K \cdot Z_{C2}^K \cdot Z_{C3}^K \cdot Z_{C4}^K;$$

$$\vec{A}_2 = Z_{C1}^3, Z_{C3}^K, Z_{C4}^K;$$

$$\vec{A}_3 = \bar{D}_{00}^1 / Z_{01}^0, Z_{C2}^{KM}, Z_{\Gamma};$$

$$\vec{A}_4 = \bar{D}_{00}^1 / Z_{00}^1, Z_{C2}^{KM}, Z_{\Gamma};$$

$$\vec{A}_5 = D_{00}^1 / Z_{C2}^3, Z_{C1}^K, Z_{C3}^K, Z_{C4}^K;$$

$$\vec{A}_6 = \bar{D}_{03}^1 / Z_{03}^1;$$

$$\vec{A}_7 = Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{C4}^K;$$

$$\vec{A}_8 = D_{00}^2 / Z_{C3}^3;$$

$$\bar{A}_9 = \bar{D}_{\partial o}^2 / Z_{\partial o}^2, Z_{\Gamma}, Z_{C3}^{KM};$$

$$\bar{A}_{10} = Z_{C1}^K, Z_{C2}^K;$$

$$\bar{A}_{11} = D_{\partial o}^1 / Z_{C2}^3;$$

$$\bar{A}_{12} = \bar{D}_{\partial o}^1 / Z_{\partial o}^1, Z_{\Gamma}, Z_{C2}^{KM};$$

$$\bar{A}_{13} = Z_{C3}^K, Z_{C4}^K;$$

$$\bar{A}_{14} = \bar{D}_{\partial 3}^2 / Z_{\partial 3}^2;$$

$$\bar{A}_{15} = Z_{C4}^K, Z_{C3}^K, Z_{C2}^K, Z_{C1}^K;$$

$$\bar{A}_{16} = \bar{D}_{\partial 3}^1 / Z_{\partial 3}^1;$$

$$\bar{A}_{17} = \bar{D}_{\partial 3}^2 / Z_{\partial 3}^2;$$

$$\bar{A}_{18} = Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{C4}^K, Z_{\Gamma};$$

$$\bar{A}_{19} = \bar{D}_{\partial o}^2 / Z_{\partial o}^2, Z_{C3}^{KM}, Z_{\Gamma};$$

$$\bar{A}_{20} = D_{\partial o}^2 / Z_{C3}^3;$$

$$\bar{A}_{21} = Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C4}^K;$$

$$\bar{A}_{22} = \bar{D}_{\partial 2}^o / Z_{\partial 2}^o, Z_{C3}^{KM}, Z_{\Gamma};$$

$$\bar{A}_{23} = Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C4}^3;$$

В абстрактній математичній моделі управління шлюзовим пристроєм шахти прийняті наступні позначення:

D_{31}^m, D_{32}^m – сигнал від датчиків запиту першого і другого маршруту;

$D_{\Pi 1}^u, D_{\Pi 2}^u$ – сигнал від датчиків зміни першого і другого маршруту;

D_{P1}^u, D_{P2}^u – сигнал від датчиків розділки першого і другого маршруту;

$D_{\partial o}^1, D_{\partial o}^2$ – сигнал від датчиків відкриття першої і другої дверей шлюзу;

$D_{\partial 3}^1, D_{\partial 3}^2$ – сигнал від датчиків закриття першої і другої дверей шлюзу;

$D_{\partial u}^1, D_{\partial u}^2$ – сигнали від датчиків шлюзової установки при проїзді першої і другої дверей;

$Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{C4}^K$ – сигнали на включення червоного кольору світлофора С1, С2, С3 і С4;

Z_{C1}^3, Z_{C4}^3 – сигнали на включення зеленого кольору світлофора С1, С4;

Z_{C2}^{KM}, Z_{C3}^{KM} – сигнали на включення червоного мигаючого кольору світлофорів С2, С3 шлюзу;

Z_{d0}^1, Z_{d0}^2 – сигнали на відкриття першої і другої двері шлюзу;

Z_{d3}^1, Z_{d3}^2 – сигнали на закриття першої і другої двері шлюзу.

Робота шлюзового пристрою шахти згідно абстрактної математичної моделі відбувається слідуєчим чином.

У початковому стані всі світлофори світяться червоним кольором. При наїзді локомотива на датчик запиту D_{31}^m і зачинених дверях шлюзу абстрактна математична модель шлюзу перейде в стан «1», де на першому світлофорі висвітиться зелене світло, на третьому і четвертому залишиться червоне, а другий світлофор почне висвітлювати червоне мигаюче світло. У цей час перші двері шлюзової установки розпочинають відчинятись і включиться звукова сигналізація.

При наїзді локомотивом на датчик переміни D_{n1}^m математична модель перейде в стан «2», у якому продовжується висвітлення червоного мигаючого сигналу другим світлофором і видача сигналізації до тих пір, поки не відчиняться перші двері шлюзу. Якщо перші двері шлюзу відчиняться, то спрацює датчик D_{d0}^1 , який приводить до зняття звукової сигналізації і зміни на світлофорі С2 червоного мигаючого кольору на зелений.

При подальшому слідуванні локомотива, спрацює датчик шлюзу $D_{ш}^2$, сигнал якого переведе абстрактну математичну модель із стану «2» в стан «3». У цьому стані перші двері шлюзу почнуть зачинятись, а світлофори С1, С2, С3, С4 будуть світитися червоним кольором. Якщо перші двері шлюзу зачиняються, то спрацює датчик D_{d3}^1 і, при наїзді локомотива на датчик шлюзу $D_{ш}^3$, абстрактна математична модель шлюзу перейде в стан «4». У цьому стані світлофор С3 почне видавати червоне мигаюче світло, другі двері шлюзу почнуть відкриватись, а разом з цим розпочнеться сигналізація, яка сповіщає про відкриття других дверей. При відкритті других дверей шлюзу спрацює датчик D_{d0}^2 , який призведе до зміни горіння світлофору з червоного мигаючого на зелений і зняття сигналізації. Якщо

локомотив рухається далі, то він наїжджає на датчик D_{p1}''' , що приведе до переходу абстрактної математичної моделі із стану «4» в стан «5».

У стані «5» світлофори C_1, C_2, C_3 і C_4 світяться червоним кольором, а другі двері шлюзу розпочнуть закриватись і спрацює звукова сигналізація, яка сповіщає про закриття дверей. При закритті других дверей шлюзу спрацює датчик D_{dz}^2 і абстрактна математична модель перейде із стану «5» в початковий стан «0».

Робота абстрактної математичної моделі при слідуванні локомотива в зворотньому напрямку відбувається аналогічно описаному вище.

2.3. Розробка структурної математичної моделі та канонічних рівнянь роботи електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти

Використовуючи абстрактну математичну модель електронного пристрою, підрахуємо кількість її станів. Для перетворення абстрактної математичної моделі у структурну необхідно у відповідності з [12, 13, 14] закодувати її стани. Для кодування використаємо двійковий нормальний код. Кількість розрядів двійкового нормального коду (елементів пам'яті) можна знайти з виразу [15, 16]

$$n = \lceil \log_2 Q \rceil, \quad (2.3.1) \quad \text{де } Q -$$

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

Використовуючи (2.3.1), отримаємо $n = 4$. Це говорить за те, що для реалізації десяти станів абстрактної математичної моделі електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти необхідно використати чотири елементи пам'яті. Для простоти електронного пристрою, підвищення його надійності і спрощення у ремонті використаємо RS -тригери.

Для отримання структурної математичної моделі електронного пристрою управління шлюзовою установкою кодування матиме наступний вигляд: $0 \rightarrow 0000$; $1 \rightarrow 0001$; $2 \rightarrow 0101$; $3 \rightarrow 0110$; $4 \rightarrow 0100$; $5 \rightarrow 0111$; $6 \rightarrow 0011$; $7 \rightarrow 0010$; $8 \rightarrow 1100$; $9 \rightarrow 1010$.

Виходячи із заданого кодування, структурна математична модель електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти, матиме вид наведений на рис. 2.3.1.

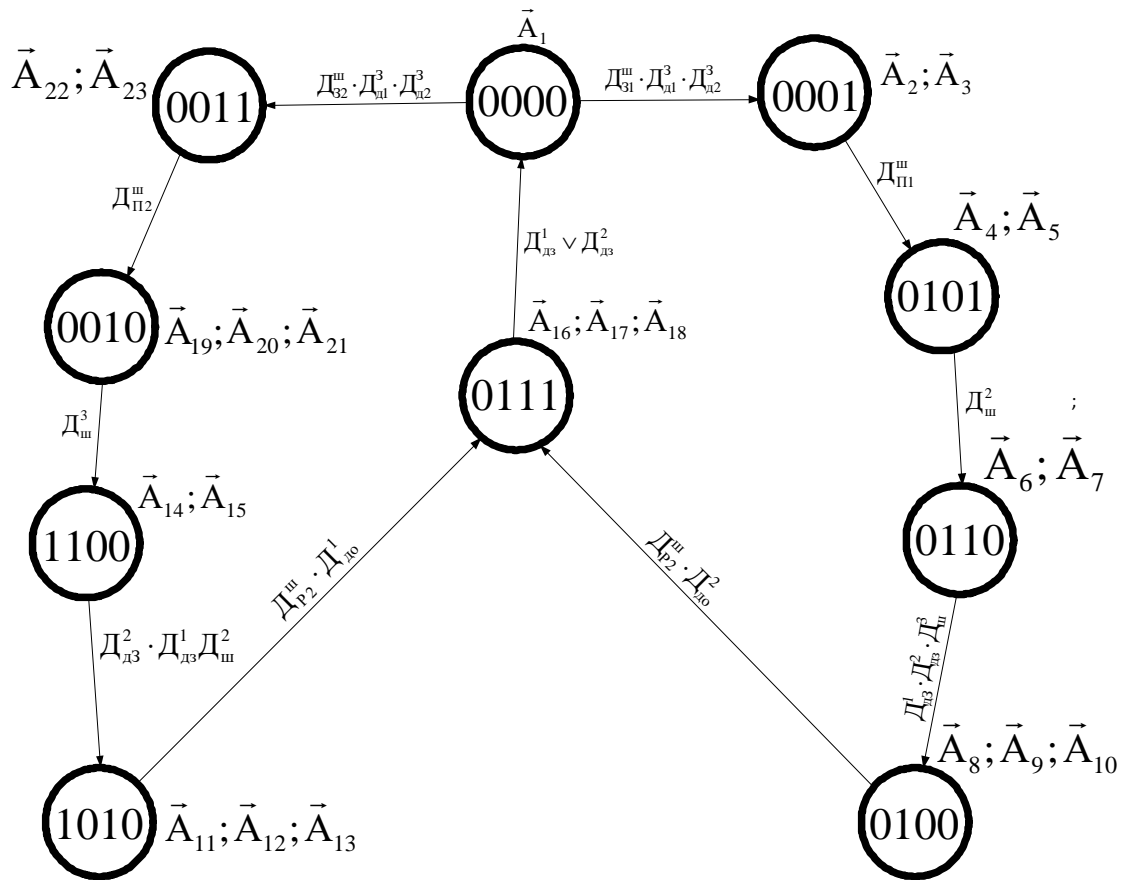


Рис. 2.3.1. Структурна математична модель алгоритму управління шлюзовою установкою шахти, задана у вигляді графа автомата Мура

Використовуючи структурну математичну модель, будемо таблицю переходів електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти, див. табл. 2.2.1. Таблиця виходів електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти буде мати вигляд, див. табл. 2.2.2.

Таблиця переходів структурної математичної моделі алгоритму

Таблиця 2.3 .1

$Q_i \backslash D_i$	0000	0001	0101	0110	0100	0111	0011	0010	1100	1010
$D_{31}^{III} \cdot D_{д1}^3 \cdot D_{д2}^3$	0001									
$D_{П1}^{III}$		0101								
$D_{ш}^2$			0110							
$D_{д3}^1 \cdot D_{д3}^2 \cdot D_{ш}^3$				0100						
$D_{P2}^{III} \cdot D_{до}^2$					0111					
$D_{д3}^1 \vee D_{д3}^2$						0000				
$D_{32}^{III} \cdot D_{д1}^3 \cdot D_{д2}^3$	0011									
$D_{П2}^{III}$							0010			
$D_{ш}^3$								1100		
$D_{д3}^2 \cdot D_{д3}^1 \cdot D_{ш}^2$									1010	
$D_{P2}^{III} \cdot D_{до}^1$										0111

Із табл. 2.3.1. знаходимо рівняння управління чотирма RS – триггерами електронного пристрою:

$$\Phi_1^1 = D_{31}^{III} \cdot D_{д3}^3 \cdot D_{д2}^3 \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \vee D_{32}^{III} \cdot D_{д1}^3 \cdot D_{д2}^3 \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \vee D_{P2}^{III} \cdot D_{до}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \vee D_{P2}^{III} \cdot D_{до}^1 \cdot y_2;$$

$$\Phi_1^0 = D_{ш}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \vee (D_{д3}^1 \vee D_{д3}^2) \cdot \bar{y}_4 \vee D_{П2}^{III} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2;$$

$$\Phi_2^1 = D_{32}^{III} \cdot D_{д1}^3 \cdot D_{д2}^3 \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \vee D_{ш}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \vee D_{P2}^{III} \cdot D_{до}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \vee D_{д3}^2 \cdot D_{д3}^1 \cdot D_{ш}^2 \cdot y_4 \cdot \bar{y}_1;$$

$$\Phi_2^0 = D_{д3}^1 \cdot D_{д3}^2 \cdot D_{ш}^3 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_1 \vee (D_{д3}^1 \vee D_{д3}^2) \cdot \bar{y}_4 \vee D_{ш}^3 \cdot \bar{y}_1;$$

$$\Phi_3^1 = D_{П1}^{III} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee D_{ш}^3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee D_{P2}^{III} \cdot D_{до}^1 \cdot y_2;$$

$$\Phi_3^0 = (D_{д3}^1 \vee D_{д3}^2) \cdot \bar{y}_4 \vee D_{д3}^2 \cdot D_{д3}^1 \cdot D_{ш}^2 \cdot y_4 \cdot \bar{y}_1;$$

$$\Phi_4^1 = D_{ш}^3 \cdot \bar{y}_1;$$

$$\Phi_4^0 = D_{P2}^{III} \cdot D_{до}^1 \cdot y_2,$$

де $\Phi_1^1, \Phi_2^1, \Phi_3^1, \Phi_4^1$ і $\Phi_1^0, \Phi_2^0, \Phi_3^0, \Phi_4^0$ – функції включення і виключення відповідно першого, другого, третього і четвертого елементів пам'яті електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти (структурного автомата); y_1, y_2, y_3, y_4 і $\bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \bar{y}_4$ – сигнали на виходах першого, другого, третього і четвертого RS –

тригерів структурного автомата, які відповідають логічним сигналам «1» і «0» відповідно. Функція φ_1 відповідає елементу кода розміщеного справа, а φ_4 – зліва. Рівняння включення першого елемента пам'яті φ_1^1 отримують слідуочим чином. У таблиці переходів розглядають 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 розглядають лише переходи із стану «1» до стану «0». Рівняння для φ_2 і решти функцій отримують аналогічно описаному для функції φ_1 .

Таблиця виходів структурної математичної моделі алгоритму

Таблиця 2.3.2

$Z_i \backslash D_i$	$Z_{C1}^K;$ $Z_{C2}^K;$ $Z_{C3}^K;$ Z_{C4}^K	$Z_{C3}^K;$ Z_{C1}^3 $Z_{C4}^K;$ Z_{C2}^{KM} $Z_{\Gamma};$	$Z_{C2}^{KM};$ Z_{Γ} Z_{C4}^K Z_{C3}^K Z_{C1}^K	$Z_{C1}^K;$ $Z_{C2}^K;$ $Z_{C3}^K;$ Z_{C4}^K	$Z_{C2}^K;$ Z_{C1}^K Z_{Γ} Z_{C3}^{KM}	$Z_{C1}^K;$ Z_{Γ} $Z_{C2}^K;$ $Z_{C3}^K;$ Z_{C4}^K	$Z_{C1}^K;$ Z_{C4}^K $Z_{C2}^K;$ Z_{C3}^{KM} Z_{Γ}	$Z_{C1}^K;$ Z_{C4}^K $Z_{C2}^K;$ Z_{C3}^{KM} Z_{Γ}	$Z_{C1}^K;$ $Z_{C2}^K;$ $Z_{C3}^K;$ Z_{C4}^K	$Z_{C2}^{KM};$ $Z_{C3}^K;$ Z_{Γ}	$Z_{C3}^K;$ Z_{C4}^K
$D_i \backslash Q_i$	0000	0001	0101	0110	0100	0111	0011	0010	1100	1010	
$\bar{D}_{до}^1$		$Z_{до}^1$	$Z_{до}^1$								
$D_{до}^1$			Z_{C2}^3	Z_n						Z_{C2}^3	
$\bar{D}_{дз}^1$				$Z_{дз}^1$		$Z_{дз}^1$					
$D_{до}^2$					Z_{C3}^3						
$\bar{D}_{до}^2$					$Z_{до}^2$		$Z_{до}^2$	$Z_{до}^2$			
$\bar{D}_{дз}^2$						$Z_{дз}^2$			$Z_{дз}^2$		

Використовуючи таблицю виходів, знайдемо вихідні управляючі сигнали електронного пристрою, які матимуть наступний вигляд:

$$Z_{C1}^K = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{C2}^K = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{C3}^K = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{C4}^K = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{C2}^{KM} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{C3}^{KM} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{\Gamma} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{до}^1 = \bar{D}_{до}^1 \cdot (\bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1)$$

$$Z_{C2}^3 = D_{до}^1 \cdot (\bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1 \vee y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1)$$

$$Z_n^n = D_{до}^1 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{ДЗ}^1 = \bar{D}_{ДЗ}^1 \cdot (\bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1)$$

$$Z_{C3}^3 = D_{до}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1$$

$$Z_{до}^2 = \bar{D}_{до}^2 \cdot (\bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1)$$

$$Z_{ДЗ}^2 = \bar{D}_{ДЗ}^2 \cdot (\bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1 \vee y_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1)$$

Дані рівняння отримують наступним чином. Якщо у таблиці виходів на вході діють якісь вхідні змінні, то їх значення приписується до значення вихідного сигналу, з урахуванням значення стану де це відбувається. Якщо дій змінних немає, то до

вихідної змінної записується тільки значення стану, або сукупності станів електронного пристрою, де це відбувається.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОННОГО ПРИСТРОЮ УПРАВЛІННЯ ШЛЮЗОВОЮ УСТАНОВКОЮ ШАХТИ

3.1. Вибір елементної бази електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти

Проектування електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти повинно включати 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 визиває різке зростання кількості корпусів ІС, ускладнює монтаж, знижує надійність.

Такі недоліки привели до необхідності 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 напрямку 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 проєктованих 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 проєкту. Програмування користувачем або виробником істотно змінює характер проектування електронних пристроїв.

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 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 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 вентиляльні матриці; зарубіжне позначення - *FPGA*.

Лівовою 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 етапів його проектування.

Як слідує із розділу 2, § 2.2, що знайдені канонічні рівняння роботи електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти представлені у

вигляді досконалої нормальної форми, то, як слідує із вище сказаного, для їх реалізації найбільш підходять програмуємі логічні матриці (ПЛМ) [10, 12, 17]. Дані матриці представляють собою 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 [12, 17].

Біполярні ПЛМ з'явилися у середині 70-х років ХХ ст. Основою програмованих матриць є елементи «І» і «АБО», вхідні підсилювачі (ВП) і вихідні каскади (ВК). ВП перетворюють однофазні вхідні сигнали на парафазні і видають 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.

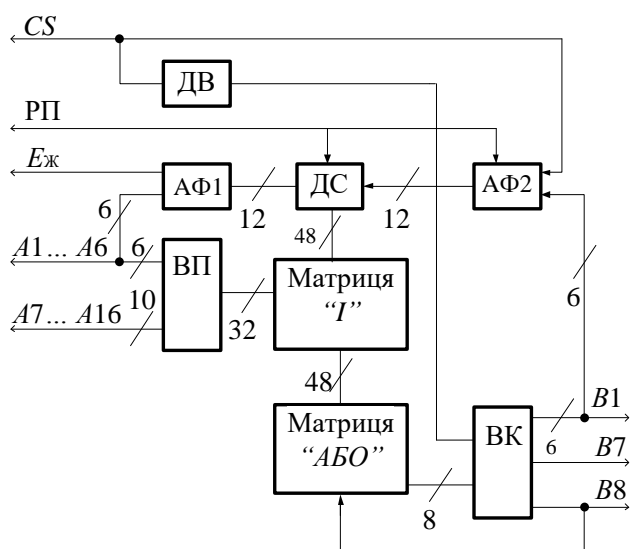


Рис. 3.1.1. Структура біполярної ПЛМ, мікросхема К556РТ1

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 (A_1, \dots, A_{16}).

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 (A_1, \dots, A_{16}). Вхідні підсилювачі побудовані на основі послідовно включених буферних схем «I-II».

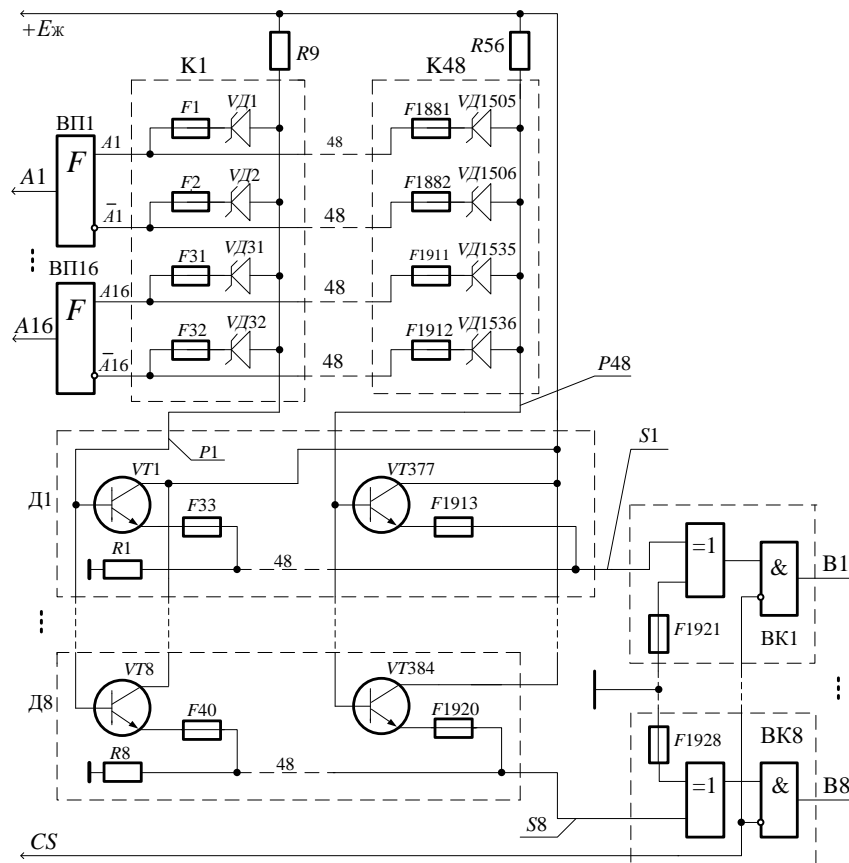


Рис. 3.1.2. базову функціональну схему мікросхеми серії К556РТ1

Основними вузлами мікросхеми К556РТ1 є матриці «І» та «АБО», які реалізують 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 за допомогою буферних схем. Матриця «І» реалізує кон'юнкції входніх змінних, причому кожна входня змінна входить в кон'юнкцію прямо або інверсно, або не входить зовсім. Входні сигнали, які з'являються на входніх шинах матриці «І», уводяться у матрицю «АБО», яка утворює другий логічний рівень і реалізує диз'юнкції заданих кон'юнкцій. Матриця «АБО» створює вісім диз'юнкторів, кожний із яких може бути вибірково з'єднаний з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів.

Шини, які з'єднують ці дві матриці, називають шинами кон'юнкцій і позначають 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 Шоттки 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 Шоттки 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 B_1, \dots, B_8 .

Дана ПЛІС включає матрицю кон'юнкторів (матрицю «*I*») 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 «*I*» і «*АБО*», які реалізують двохрівневі логічні функції. Перший рівень ПЛІМ складається із 48 кон'юнкторів (матриця «*I*»), які з'єднані за допомогою плавких ніхромових перемичок з будь-яким із шістнадцяти спільних входів через буферні схеми. У матриці «*I*», реалізують кон'юнкції вхідних змінних, причому кожна вхідна змінна може входити

в кон'юнкцію або прямим або інверсним значенням, або не входить зовсім. Вхідні сигнали, які появляються на вхідних шинах матриці «I», вводяться у матрицю «АБО», яка утворює другий логічний рівень і реалізує диз'юнкції заданих кон'юнкцій. Матриця «АБО» утворює вісім диз'юнкторів, кожний із яких може бути вибірково з'єднаний з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів.

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

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

Графічне позначення мікросхеми ПЛМ К556РТ1 зображено на рис. 3.1.3,

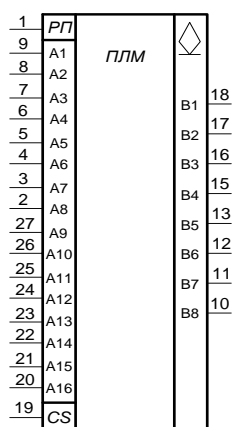


Рис. 3.1.3. Графічне зображення мікросхеми ПЛМ К556РТ1

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

3.2. Розробка схеми електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти

Використовуючи канонічні рівняння роботи електронного пристрою, ПЛМ повинна відповідати наступним параметрам. Кількість диз'юнкторів у ній повинно бути не менше 4, вхідних змінних не більше 16, вихідних 15 (8 - для управління RS – тригерами і 14 – для управління виконавчими механізмами. Найближчою до таких параметрів є мікросхема ПЛМ [9, 14], мікросхема серії К556РТ1, яка має входи для 16 змінних, 8 виходів для реалізації функцій і 48 кон'юнкторів. Для визначених у § 2.2 функцій:

$$\Phi_1^1, \Phi_1^0, \Phi_2^1, \Phi_2^0, \Phi_3^1, \Phi_3^0, \Phi_4^1, \Phi_4^0, Z_{C1}^K, Z_{C2}^K, Z_{C3}^K, Z_{C4}^K, Z_{C1}^3, Z_{C2}^{KM}, Z_{DO}^1, Z_{C2}^3, Z_{D3}^1, Z_{C3}^3, Z_{C3}^{KM}, Z_{DO}^2, Z_{\Gamma}, Z_{D3}^2 \quad \text{присвоюємо} \quad \text{номера} \quad \text{їх} \quad \text{кон'юнкторам:}$$

$$k_1 = D_{31}^{III} \cdot D_{D3}^3 \cdot D_{D2}^3 \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2; k_2 = D_{32}^{III} \cdot D_{D1}^3 \cdot D_{D2}^3 \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3; k_3 = D_{P2}^{III} \cdot D_{DO}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3; k_4 = D_{P2}^{III} \cdot D_{DO}^1 \cdot y_2;$$

$$k_5 = D_{\text{ш}}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3; k_6 = D_{D3}^1 \cdot \bar{y}_{42}; k_7 = D_{D3}^2 \cdot \bar{y}_4; k_8 = D_{P2}^{III} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2; k_9 = D_{D3}^2 \cdot D_{D3}^1 \cdot D_{\text{ш}}^2 \cdot y_4 \cdot \bar{y}_1;$$

$$k_{10} = D_{\text{ш}}^3 \cdot \bar{y}_1; k_{11} = D_{\text{ш}}^{III} \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_{12} = D_{\text{ш}}^3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_{13} = D_{P2}^{III} \cdot D_{DO}^1 \cdot y_2; k_{14} = D_{P2}^{III} \cdot D_{DO}^1 \cdot y_2 - \text{для}$$

$$\text{ПЛМ1; } k_{15} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_{16} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_{17} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_{18} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1;$$

$$k_{19} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_{20} = \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_{21} = y_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_{22} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$k_{23} = \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_{24} = y_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1 - \text{для} \quad \text{ПЛМ2; } k_{25} = \bar{D}_{DO}^1 \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1;$$

$$k_{26} = \bar{D}_{DO}^1 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1;$$

$$k_{27} = D_{DO}^1 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_{28} = D_{DO}^1 \cdot y_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_{29} = D_{DO}^1 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$k_{30} = \bar{D}_{D3}^1 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_{31} = \bar{D}_{D3}^1 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_{32} = D_{DO}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$k_{33} = \bar{D}_{DO}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_{34} = \bar{D}_{DO}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_{35} = \bar{D}_{DO}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot \bar{y}_3 \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$k_{36} = \bar{D}_{D3}^2 \cdot \bar{y}_4 \cdot y_3 \cdot y_2 \cdot y_1; k_{37} = \bar{D}_{D3}^2 \cdot y_4 \cdot y_3 \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1 - \text{для ПЛМ3.}$$

Використовуючи [9, 14], програмуємо отримані функції для кожної із ПЛМ і їх результати заносимо у табл. 3.2.1, табл. 3.2.2 і табл. 3.2.3 відповідно.

Введемо наступні позначення вхідних змінних для таблиць програмування: $D_{31}^{III} \rightarrow a$; $D_{31}^3 \rightarrow б$; $D_{д2}^3 \rightarrow в$; $D_{32}^{III} \rightarrow г$; $D_{до}^2 \rightarrow д$; $D_{p2}^{III} \rightarrow е$; $D_{ш}^2 \rightarrow ж$; $D_{32}^{III} \rightarrow з$; $D_{ш}^3 \rightarrow і$; $D_{п1}^{III} \rightarrow к$; $D_{до}^1 \rightarrow л$; $m \rightarrow y_4$; $n \rightarrow y_3$; $p \rightarrow y_2$; $c \rightarrow y_1$; – для ПЛМ1 і $D_{до}^1 \rightarrow a$; $D_{д31}^1 \rightarrow б$; $D_{до}^2 \rightarrow в$; $D_{дз}^2 \rightarrow г$; $m \rightarrow y_4$; $n \rightarrow y_3$; $p \rightarrow y_2$; $c \rightarrow y_1$ – для ПЛМ2 і $D_{до}^1 \rightarrow a$; $D_{д31}^1 \rightarrow б$; $D_{до}^2 \rightarrow в$; $D_{дз}^2 \rightarrow г$; $m \rightarrow y_4$; $n \rightarrow y_3$; $p \rightarrow y_2$; $c \rightarrow y_1$ – для ПЛМ3.

Програмування ПЛМ1 наведено в табл. 3.2.1, програмування ПЛМ2 наведено в табл. 3.2.2, а програмування ПЛМ3 наведено в табл. 3.2.3.

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>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>е</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	<i>і</i>	<i>к</i>	<i>л</i>	<i>м</i>	<i>н</i>	<i>р</i>	<i>с</i>	Вихідні функції							
	Номер програмуемого входу															Φ_1^1	Φ_1^0	Φ_2^1	Φ_2^0	Φ_3^1	Φ_3^0	Φ_4^1	Φ_4^0
	A																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
k_1	1	1										0	0	0	0	A							
k_2		1	1					1				0	0			A		A					
k_3					1	1						0	1			A		A					
k_4						1					1			1		A							
k_5							1					0	1				A	A					
k_6		1										0					A		A		A		
k_7			1									0					A		A		A		
k_8						1						0	0	1			A						
k_9		1	1									1			0			A	A		A		
k_{10}										1					0				A			A	
k_{11}										1		0	0		1					A			
k_{12}										1				0	0					A			
k_{13}						1					1			1						A			
k_{14}							1				1			1									A

Таблиця програмування ПЛМ2

Таблиця 3.2.2

	Кон'юнктори															Рівень активності							
	Вхідні змінні															1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>є</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	<i>і</i>	<i>к</i>	<i>л</i>	<i>м</i>	<i>н</i>	<i>р</i>	<i>с</i>	Вихідні функції							
	Номер програмуемого входу															Z_{c1}^k	Z_{c2}^k	Z_{c3}^k	Z_{c4}^k	Z_{c1}^3	Z_{c2}^{km}	Z_{Γ}	Z_{c2}^3
	A																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
k_{15}												0	0	0	0	A	A	A	A				
k_{16}												0	1	0	1	A			A	A			
k_{17}												0	1	1	0	A	A	A	A		A		A
k_{18}												0	1	1	1	A	A		A			A	
k_{19}												0	0	1	1	A	A	A	A		A	A	A
k_{20}												0	0	1	0	A	A	A	A			A	A
k_{21}												1	1	0	0	A	A	A	A	A	A	A	
k_{22}												0	0	0	1			A		A		A	A
k_{23}												0	1	0	1			A				A	A
k_{24}												1	0	1	0				A				

Таблиця програмування ПЛМ3

Таблиця 3.2.3

	Кон'юнктори															Рівень активності							
	Вхідні змінні															1	1	1	1	1	1	1	1
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>	<i>г</i>	<i>д</i>	<i>є</i>	<i>ж</i>	<i>з</i>	<i>і</i>	<i>к</i>	<i>л</i>	<i>м</i>	<i>н</i>	<i>р</i>	<i>с</i>	Вихідні функції							
	Номер програмуемого входу															$Z_{дз}^1$	$Z_{сз}^3$	$Z_{сз}^{km}$	$Z_{до}^2$	$Z_{до}^1$	$Z_{дз}^2$		
	A																						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8
k_{25}	0											0	0	0	1					A			
k_{26}	0											0	1	0	1					A			
k_{27}												0	1	0	0			A					
k_{28}												1	1	0	0			A					
k_{29}												1	0	1	0			A					
k_{30}			0									0	1	1	0	A							
k_{31}			0									0	1	1	1	A							
k_{32}		1										0	1	0	0		A						
k_{33}		0										0	1	0	0				A				
k_{34}		0										0	0	1	1				A				
k_{35}		0										0	0	1	0				A				
$k_0 k_{36}$				0								0	1	1	1						A		
$k_0 k_{37}$				0								1	1	0	0						A		

Електронна схема пристрою управління шлюзовими установками шахти , яка виконана із застосуванням ПЛМ1, ПЛМ2 і ПЛМ3, наведена на рис. 3.2.1.

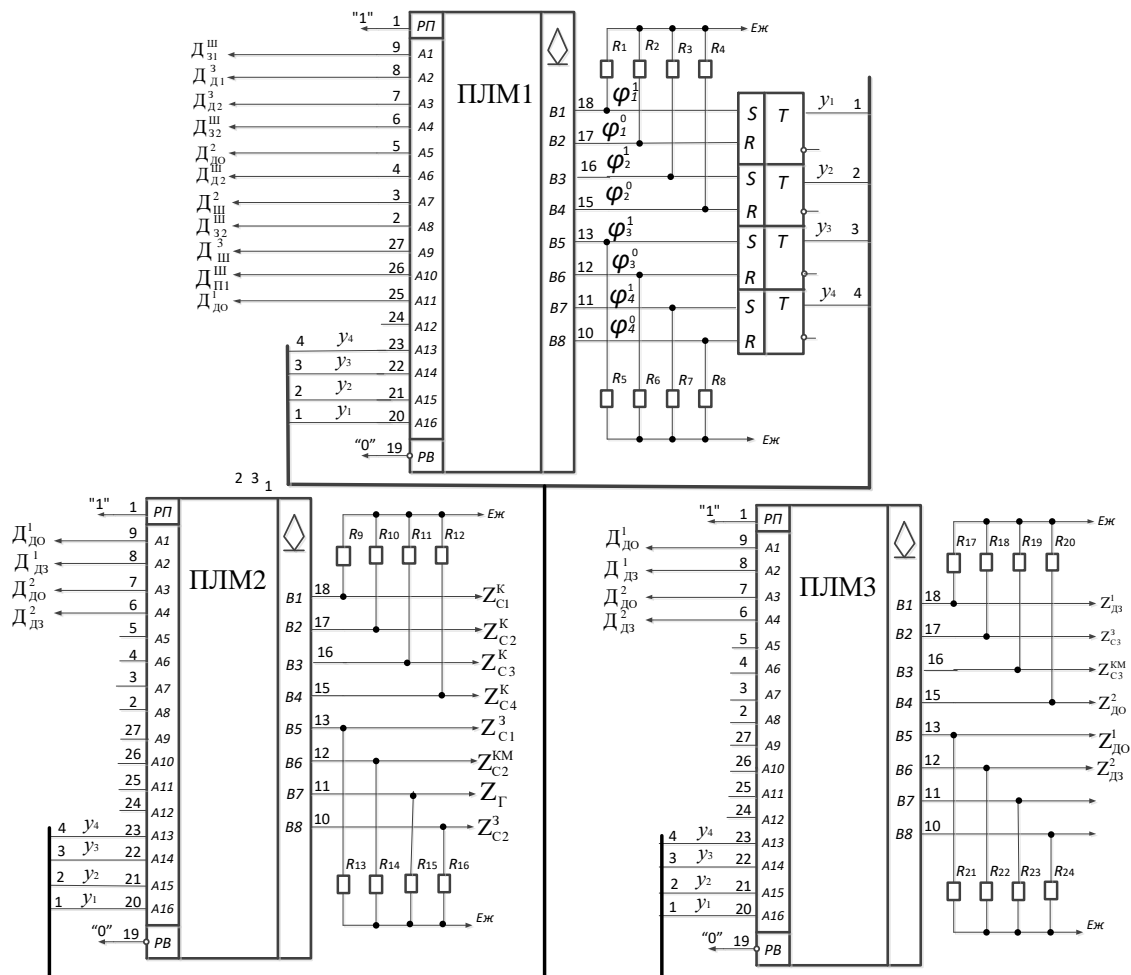


Рис. 3.2.1. Електронна схема управління шлюзовою установкою шахти

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити електронний пристрій управління шлюзовою установкою шахти з використанням сучасних засобів мікроелектроніки. Даний електронний пристрій розроблений з використанням теорії автоматів, теорії комп'ютерної логіки та теорії алгоритмів і графів.

У процесі кваліфікаційної роботи були розроблені технічні вимоги, алгоритм для управління шлюзовою установкою шахти.

На підставі розробленого алгоритму 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, використовуючи програмуємі логічні матриці (ПЛМ). У кваліфікаційній роботі показано, що у якості програмуємої логічної матриці найкраще підходять ПЛМ серії K556PT1. На основі цих ПЛМ (їх було використано три) розроблено електронний пристрій управління шлюзовою установкою шахти. Даний електронний пристрій запрограмований на мові програмування використаних ПЛМ.

Розробка даної кваліфікаційної роботи показала можливість проектування електронних пристроїв управління шлюзовою установкою шахти з використанням теорії автоматів і комп'ютерної логіки, що в свою чергу дало можливість застосовувати сучасну елементну базу, наприклад, ПЛМ.

Застосування даної роботи дозволить у значній мірі підвищити надійність роботи електронного пристрою управління шлюзовою установкою шахти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. — Д. : Східний видавничий дім, 2004—2013.
2. Пучков Л.А., Бахвалов Л.А. Методы и алгоритмы автоматического управления проветриванием угольных шахт. М.:Недра,2002. – 391 с.
3. Абрамов Ф.А., Бойко В.А. Автоматизация проветривания шахт.К.: Основа,2007. – 309 с.
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 угольных шахтах. М: «Недра», 1975 – 309с.
6. Овсянников Ю.А., Кораблев А.А., Топорков А.А., Автоматизация подземного оборудования: Справочник рабочего.М.:Недра,1990. – 287 с.
7. Карташов Ю. В. Рудничная транспортная сигнализация и автоблокировка М: «Недра», 1974 – 192с.
8. Карташов Ю.В. Автоматизация стрелочных переводов М: «Недра», 1971 – 113с
9. Матвієнко М. П. Пристрої цифрової електроніки К: «Ліра-К», 2015 –392с.
10. Матвієнко М.П. Проектування цифрових пристроїв, Київ: Видавництво «Ліра-К», 2018 – 364с.
- 11.Баранов С. И. Синтез микропрограммных автоматов. Ленинград; Энергия,1979 – 232с.
12. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2012 – 364с.
13. Матвієнко М.П. Комп'ютерна схемотехніка , Київ: Видавництво «Ліра-К», 2013 – 192с.
14. Жабін В.І.,Жуков І.А.,Клименко І.А.,Ткаченко Прикладна теорія цифрових автоматів. Видавництво НАУ ,2007 –364с.

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

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

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