

**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)

\_\_\_\_\_ 2024\_\_ 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 схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка»

Здобувача групи ЕІз-01б Олександра Боженко

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

Олександр Боженко

\_\_\_\_\_ (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 мікроелектроніки.

### **Відповідно до мети в роботі вирішувалися такі задачі:**

- виконаний аналіз схем керування рухом маневрових потягів;
- розроблений алгоритм роботи схем керування рухом маневрового потягу на станції «Вирівка»;
- розроблена абстрактна і структурна математичні моделі роботи електронної схеми керування рухом маневрового потягу на станції «Вирівка»;
- на основі структурної схеми отримані канонічні рівняння роботи схеми керування рухом маневрового потягу на станції «Вирівка»;
- вибрана сучасна елементна база для реалізації канонічних рівнянь схеми керування рухом маневрового потягу на станції «Вирівка»;
- побудована схема управління на програмованих логічних елементах (ПЛМ);
- розроблена програма роботи схеми керування рухом маневрового потягу на станції «Вирівка»;

**Мета роботи** полягає у розробці сучасної електронної схеми керування рухом маневрового потягу на станції «Вирівка»;

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

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

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

Робота викладена на 32 сторінках, у тому числі включає 8 рисунків, 3 таблиці, список цитованої літератури із 11 джерел.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** АБСТРАКТНА ТА СТРУКТУРНА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ, ЕЛЕКТРОННА СХЕМА, КАНОНІЧНІ РІВНЯННЯ, ПРОГРАМУЄМІ ЛОГІЧНІ МАТРИЦІ, ПРОГРАМУВАННЯ, РЕЛЬСОВИЙ РОЗ'ЇЗД, СВІТЛОФОР, ТАБЛИЦЯ ПЕРЕХОДІВ, ТАБЛИЦЯ ВИХОДІВ, ТАБЛИЦІ ПРОГРАМУВАННЯ.

## ЗМІСТ

	стор.
<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕРМІНИ ТА ПОЗНАЧЕННЯ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РУХОМ МАНЕВРОВИХ ПОТЯГІВ</b> .....	5
1.1. Терміни при керуванні маневровими потягами.....	5
1.2. Використовувані позначення для керування рухом маневрових потягів .....	7
<b>РОЗДІЛ 2. АЛГОРИТМ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА РІВНЯННЯ РОБОТИ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНИМИ МАНЕВРОВИМИ ПОТЯГАМИ НА СТАНЦІЇ «ВИРІВКА»</b> .....	15
2.1. Знаходження алгоритму роботи схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка».....	15

2.2. Розробка абстрактної математичної моделі схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка» .....	16
2.3. Розробка структурної математичної моделі схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка» .....	19
2.4. Розробка рівнянь роботи схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка» .....	21
<b>РОЗДІЛ 3. ПОБУДОВА СХЕМИ КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНИМИ МАНЕВРОВИМИ ПОТЯГАМИ НА СТАНЦІЇ «ВИРІВКА».....</b>	<b>24</b>
3.1. Вибір елементної бази для побудови схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка» .....	24
3.2. Розробка схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка» .....	27
<b>ВИСНОВКИ.....</b>	<b>30</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>31</b>

## ВСТУП

Під'їзні колії і колійне господарство є найважливішою частиною на залізничному транспорті. Від стану колійного господарства суттєво залежить здійснення перевізного процесу. Тому на сьогодні основою розвитку залізничної мережі України є модернізація і технічне переоснащення, перш за все як напрямків концентрації вантажних перевезень, так і різних роз'їздів, від оперативної роботи яких залежить вчасна доставка вантажів різного промислового призначення.

До колійного господарства українських залізниць належить майже 60 тис. км рельсових колій, у тому числі понад 40 тис. км головних колій, близько 16 тис. км - станційних, 6 тис. км - під'їзних колій та понад 80 тис. стрілкових переводів. Нові конструкції стрілкових переводів різних типів і призначень освоєно на Дніпропетровському стрілковому заводі.

Для забезпечення швидкості руху пасажирських поїздів до 140 км/год і вантажних - до 90 км/год розпочали переобладнуватися різні напрямки колійного

руху поїздів. За контролем руху та станом сигналізації на лінійних ділянках колійних доріг і роз'їздів розпочато широке використання пристроїв цифрової електроніки, обладнання із застосуванням комп'ютерних реєстраторів і т.ін. Застосування такого обладнання дає можливість значно підвищити безпеку руху як на лінійних ділянках колійних доріг, так і на роз'їздах різного технологічного призначення.

Але усі роботи з утримання роз'їздів, споруд і пристроїв колійного господарства повинні виконуватися відповідно до ПТЕ, інструкцій з сигналізації, з руху поїздів і маневрової роботи, щодо забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт тощо, а також згідно з проектами і технологічними процесами.

## РОЗДІЛ 1

### ТЕРМІНИ ТА ПОЗНАЧЕННЯ, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬСЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ РУХОМ МАНЕВРОВИХ ПОТЯГІВ

#### 1.1. Терміни при керуванні маневровими потягами

При керуванні маневровими потягами використовують такі основні терміни [1]:

**Головні колії** – колії перегонів, що є безпосереднім продовженням колій суміжних перегонів при маневрованні потягами і не мають відхилень на стрілочних переводах;

**Закритий світлофор** – світлофор, який має сигнальне показання, який забороняє рух;

**Відкритий світлофор** – світлофор, який має сигнальне показання, який дозволяє рух;

**Перегін** – частина залізничної лінії, обмежена суміжними станціями, роз'їздами, обгінними пунктами або колійними постами;

**Під'їзна колія** – колія, призначена для обслуговування окремих підприємств, організацій, установ (заводів, фабрик, шахт, кар'єрів, лісоторфорозробок, електричних станцій, тягових підстанцій тощо), зв'язана із загальною мережею залізниць безперервною рейковою колією і належить залізниці чи підприємству, організації, установі;

**Маневровий состав** – група вагонів, зчеплених між собою та з локомотивом, що проводить маневри;

**Дільниця колійного блокування** – частина залізничної мережі, обладнана пристроями автоматичної локомотивної сигналізації, що застосовується як самостійний засіб сигналізації та зв'язку, пристроями автоблокування або напівавтоматичного блокування;

**Автоматична локомотивна сигналізація як самостійний засіб сигналізації та зв'язку** – система, за якої рух поїзда на перегоні здійснюється за сигналами локомотивних світлофорів, а роздільними пунктами є позначені межі блок-ділянок;

**Блок-ділянка** – частина міжстанційного перегону, що застосовується як самостійний засіб сигналізації та зв'язку, обмежена прохідними світлофорами (межами блок-ділянок);

**Особливі колійні знаки** – межі залізничної смуги відведення, покажчик номера стрілки, знак осі пасажирської будівлі, знаки на лінійних колійних будівлях, реperi початку і кінця кругових кривих, а також початку та кінця перехідних кривих, прихованих споруд земляного полотна, найвищого горизонту вод і максимальної висоти хвилі;

**Поїзд** – сформований і зчеплений состав вагонів з одним або декількома діючими локомотивами чи моторними вагонами, що мають встановлені сигнали. Локомотиви без вагонів, моторні вагони та спеціальний самохідний рухомий склад, що відправляються на перегін, вважаються поїздом;

**Поїзні сигнали** – сигнали, що застосовуються для означення поїздів, локомотивів та інших рухомих одиниць;

**Сигнал** – умовний видимий чи звуковий знак, за допомогою якого подається певний наказ;

**Сигнальний знак** – умовний видимий знак, за допомогою якого подається наказ або вказівка певній категорії працівників. До сигнальних знаків відносяться граничні стовпчики, знаки, що означають межі станції, місця подачі свистка, відключення і включення струму тощо. Сигнальні знаки бувають постійними і тимчасовими;

**Станція** – роздільний пункт з колійним розвитком, що дозволяє проводити операції з приймання, видачі вантажів та обслуговування пасажирів, а за умови розвинених колійних пристроїв – маневрову роботу з розформування та формування поїздів і технічні операції з поїздами;

**Стрілка** – частина стрілочного переводу, що складається з рамних рейок, вістряків та перевідного механізму;

**Черговий по станції** – змінний помічник начальника станції, який одноособово розпоряджається прийманням, відправленням і пропусканням поїздів, а також іншими переміщеннями рухомого складу на головних та приймально-відправних коліях станції (а де немає маневрового диспетчера – і на інших коліях).

## **1.2. Використовувані позначення для керування рухом маневрових потягів**

**Сигнали** призначені для забезпечення безпеки руху, а також для чіткої організації руху поїздів і маневрової роботи. За способом сприйняття сигнали підрозділяються на видимі та звукові [2].

**Видимі сигнали** виражаються кольором, формою, положенням і числом сигнальних показань. Видимі сигнали за часом їх застосування підрозділяються на:

**денні**, що подаються у світлий час доби; для подання таких сигналів служать диски, щити, прапорці та сигнальні покажчики (стрілочні, колійного загородження та гідравлічних колонок);

**нічні**, що подаються у темний час доби; такими сигналами служать вогні визначених кольорів у ручних і поїзних ліхтарях, ліхтарях на жердинах і сигнальних покажчиках.

Нічні сигнали повинні застосовуватись і в денний час під час туману, заметілі та інших несприятливих умов, коли видимість денних сигналів зупинки менше 1000м, сигналів зменшення швидкості – менше 400м, маневрових – менше 200м;

**цілодобові**, що подаються однаково у світлий і темний час доби; такими сигналами служать вогні світлофорів визначених кольорів, маршрутні та інші світлові покажчики, постійні знаки «Зменшення швидкості», тимчасові знаки «Зменшення швидкості» (зворотна сторона зеленого кольору), червоні диски із

світловідбивачем для позначення хвоста вантажного поїзда, сигнальні покажчики та знаки.

**Звукові сигнали** подаються сполученням звуків різної тривалості та кількості.

Для подання звукових сигналів використовуються свистки локомотивів, моторвагонних поїздів, спеціального самохідного рухомого складу, ручні свистки, духові ріжки, сирени, гудки і петарди.

**Світлофори** за призначенням підрозділяються на:

**вхідні**, які дозволяють або забороняють поїзду прямувати з перегону на станцію;

**вихідні**, що дозволяють або забороняють поїзду відправлятися зі станції на перегін;

**маршрутні**, які дозволяють або забороняють поїзду проїжджати із одного району станції до іншого;

**прохідні**, що дозволяють або забороняють поїзду проїжджати з однієї блок-ділянки (міжпостового перегону) на іншу;

**прикриття** – для огороження місць перехрещень залізничних колій на одному рівні іншими залізничними коліями, трамвайними коліями і тролейбусними лініями, розвідних мостів і ділянок, які проходять з провідником;

**загороджувальні**, які вимагають зупинки в разі небезпеки для руху, що виникла на переїздах з черговим працівником, великих штучних спорудах і обвальних місцях, а також у разі огороження рухомого складу для огляду і ремонту вагонів на станційних коліях;

**попереджувальні**, що попереджують про показання основного світлофору (вхідного, прохідного, загороджувального та прикриття);

**повторювальні**, що повідомляють про показання вихідного, маршрутного і гіркового світлофорів, коли за місцевими умовами видимість основного світлофора не забезпечується;

**локомотивні** – для дозволу чи заборони поїзду прямувати перегonom з однієї блок-ділянки на іншу, а також попередження про показання світлофора, до якого наближається поїзд;



**маневрові** – дозволяють чи забороняють проведення маневрів;

**гіркові** – дозволяють чи забороняють спуск вагонів з гірки.

Один світлофор може поєднувати декілька призначень (вхідний і вихідний, вихідний і маневровий тощо).

На ділянках, де зберігаються семафори, порядок їхнього застосування визначається Інструкцією з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях.

Світлофори застосовуються лінзові і прожекторні; вони підрозділяються на щоглові, карликові і такі, що встановлюються на містках і консолях.

Світлофори повинні позначатися буквами або цифрами. На кожному перегоні прохідні світлофори автоматичного блокування нумеруються, починаючи від вхідного світлофора, при цьому світлофори непарного напрямку позначаються непарними числами (1, 3, 5...), а світлофори парного напрямку – парними (2, 4, 6...).

При обладнанні двоколійних ділянок двостороннім АБ до номера прохідного світлофора, встановленого для неправильного напрямку руху, додається римська цифра, яка означає номер колії.

У позначеннях маршрутних світлофорів до літери «Н» («Ч») додається літера «М», до яких можуть додаватися цифри для позначення номеру колії.

Маневровим світлофорам привласнюється літера «М» з парним порядковим номером у парній горловині станції та з непарним – у непарній горловині.

Світлофорам прикриття привласнюються літери «НП» або «ЧП».

Загороджувальні світлофори позначаються літерою «З» та цифрою від 1 до 4, а попереджувальні до них літерою «П».

Загороджувальні світлофори, що використовуються для огороження рухомого складу на станційних коліях, позначаються літерами «НЗ» або «ЧЗ» та цифрами, які вказують номер колії.

Попереджувальні та повторювальні світлофори позначаються літерою «П» та літерою основного світлофора.

До основних значень сигналів, що подаються світлофорами відносяться такі:

**один зелений вогонь** – «Дозволяється рух із встановленою швидкістю»;

**один жовтий мигаючий вогонь**—«Дозволяється рух із встановленою швидкістю; наступний світлофор відкритий і вимагає проходження його із зменшеною швидкістю»;

**один жовтий вогонь** – «Дозволяється рух з готовністю зупинитися; наступний світлофор закритий»;

**два жовті вогні, з них верхній – мигаючий,** – «Дозволяється проходження світлофора із зменшеною швидкістю; поїзд прямує з відхиленням по стрілочному переводу; наступний світлофор відкритий»;

**два жовті вогні**– «Дозволяється проходження світлофора із зменшеною швидкістю та готовністю зупинитися біля наступного світлофора; поїзд прямує з відхиленням по стрілочному переводу»;

**один червоний вогонь**– «Стій! Забороняється проїжджати сигнал»;

**один місячно-білий вогонь**– «Дозволяється проводити маневри»;

**один синій вогонь**– «Забороняється проводити маневри».

Застосування перелічених сигналів на світлофорах різного призначення передбачається у відповідних пунктах цієї Інструкції. Порядок застосування цих сигналів в інших випадках, не передбачених цією Інструкцією, з дотриманням їхнього сигнального значення визначається Державною адміністрацією залізничного транспорту України.

**Вхідними світлофорами подаються сигнали [2] :**

**один зелений вогонь**– «Дозволяється поїзду прямувати на станцію по головній колії з встановленою швидкістю; наступний світлофор (маршрутний або вихідний) відкритий» (рис. 1.2.1);

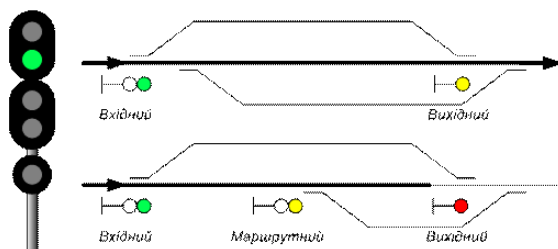


Рис.1.2.1. Світлофор маршрутний

**ОДИН ЖОВТИЙ МИГАЮЧИЙ ВОГОНЬ**—«Дозволяється поїзду прямувати на станцію по головній колії з встановленою швидкістю; наступний світлофор (маршрутний чи вихідний) відкритий і вимагає проходження його із зменшеною швидкістю» (рис. 1.2.2);

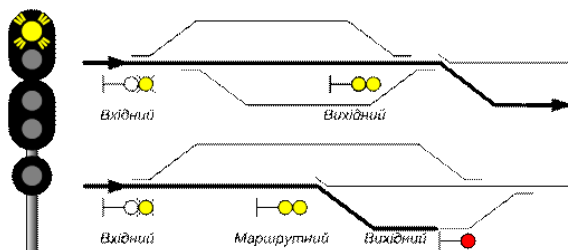


Рис.1.2.2. Світлофор маршрутний для меншої швидкості

**ОДИН ЖОВТИЙ ВОГОНЬ**— «Дозволяється поїзду прямувати на станцію по головній колії з готовністю зупинитися; наступний світлофор (маршрутний чи вихідний) закритий» (рис. 1.3.3);

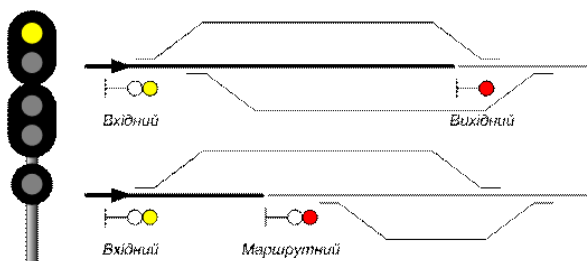


Рис.1.2.3. Світлофор маршрутний

**два жовті вогні, з них верхній – мигаючий,** – «Дозволяється поїзду прямувати на станцію із зменшеною швидкістю на бокову колію; наступний світлофор (маршрутний чи вихідний) відкритий» (рис. 1.2.4);

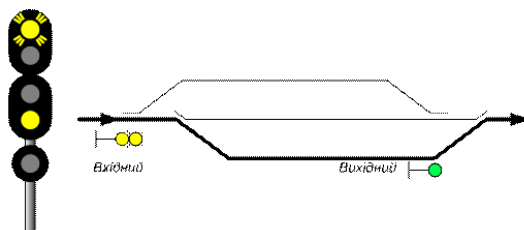


Рис.1.2.4 Світлофор з двома жовтими сигнальними вогнями

**жовті вогні**— «Дозволяється поїзду прямувати на станцію із зменшеною швидкістю на бокову колію і готовністю зупинитися; наступний світлофор

закритий» (рис. 1.2.5). При прийманні на бокову колію, яка не призначена для беззупинного пропуску поїздів, показання вхідного світлофора **два жовті вогні** зберігається незалежно від показань вихідного світлофора;

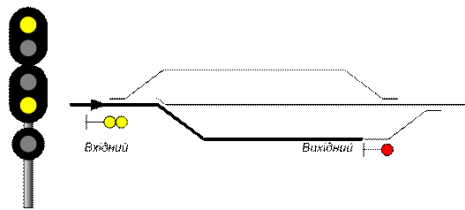


Рис.1.2.5. Світлофор для закриття руху

**один червоний вогонь** – «Стій! Забороняється проїжджати сигнал» (рис. 1.2.6).

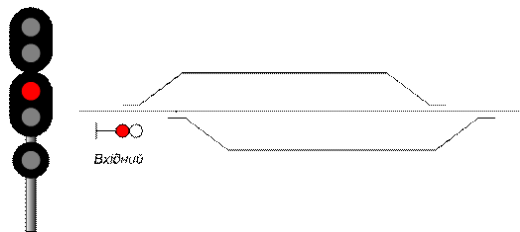


Рис. 1.2.6. Світлофор для заборони руху

**Вихідними світлофорами** на ділянках, обладнаних автоблокуванням, подаються сигнали:

**один зелений вогонь**– «Дозволяється поїзду відправлятися зі станції та прямувати із встановленою швидкістю; попереду вільні дві чи більше блок-ділянки» (рис. 1.2.7, а);

**один жовтий вогонь**–«Дозволяється поїзду відправлятися зі станції та прямувати з готовністю зупинитися; наступний світлофор закритий» (рис. 1.2.7, б);

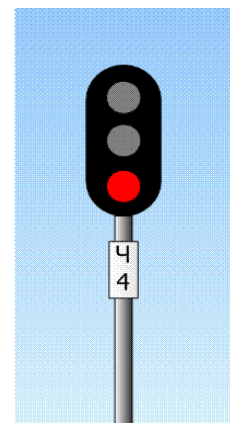
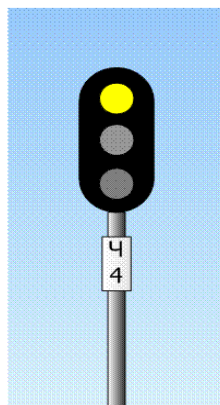
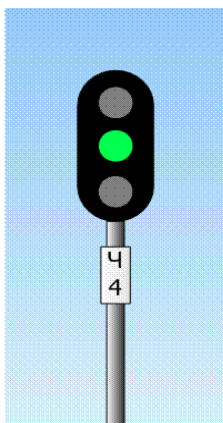


Рис. 1.2.7. Світлофори зеленого, жовтого і червоного кольору

**один червоний вогонь** – «Стій! Забороняється проїжджати сигнал» (рис. 1.2.7, в).

Вихідними світлофорами на ділянках, обладнаних напівавтоматичним блокуванням, подаються сигнали:

**один зелений вогонь** – «Дозволяється поїзду відправлятися зі станції та прямувати із встановленою швидкістю; перегін до наступної станції (колійного поста) вільний» ;

**один червоний вогонь**– «Стій! Забороняється проїжджати сигнал» ;

**два жовті вогні**– «Дозволяється поїзду відправлятися зі станції із зменшеною швидкістю; поїзд прямує з відхиленням по стрілочному переводу; перегін до наступної станції (колійного поста) вільний»;

**два жовті вогні, з них верхній мигаючий**, – «Дозволяється поїзду відправлятися зі станції із зменшеною швидкістю; поїзд прямує з відхиленням по стрілочному переводу, перегін до наступної станції (колійного поста) вільний; вхідний світлофор наступної станції відкритий, попереджувального світлофору до вхідного немає».

**Маршрутні світлофори залежно від місця їх установаження подають сигнали:**

**один червоний вогонь**– «Стій! Забороняється проїжджати сигнал»;

**один зелений вогонь**– «Дозволяється рух із встановленою швидкістю; наступний світлофор (маршрутний чи вихідний), відкритий»;

**один жовтий вогонь**– «Дозволяється рух з готовністю зупинитися; наступний світлофор (маршрутний чи вихідний) закритий»;

**один жовтий мигаючий вогонь**– «Дозволяється проходження світлофора із встановленою швидкістю; наступний світлофор (маршрутний чи вихідний) відкритий і вимагає проходження його із зменшеною швидкістю»;

**два жовті вогні, з них верхній – мигаючий,** – «Дозволяється проходження світлофора із зменшеною швидкістю; поїзд прямує на бокову колію; наступний світлофор (маршрутний чи вихідний) відкритий»;

**два жовті вогні**– «Дозволяється проходження світлофора із зменшеною швидкістю та готовністю зупинитися на станції; поїзд прямує на бокову колію; наступний світлофор закритий». При прийманні на бокову колію, яка не призначена для беззупинного пропуску поїздів, показання вхідного світлофора **два жовті вогні** зберігається незалежно від показань вихідного світлофора;

**один зелений мигаючий і один жовтий вогні та одна зелена смуга, що світиться,** – «Дозволяється поїзду прямувати на станцію із швидкістю не більше 80 км/год на бокову колію; наступний світлофор (маршрутний чи вихідний) відкритий і вимагає проходження його із швидкістю не більше 80 км/год».

## РОЗДІЛ 2

### АЛГОРИТМ, МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА РІВНЯННЯ РОБОТИ СХЕМИ КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНИМИ МАНЕВРОВИМИ ПОТЯГАМИ НА СТАНЦІЇ «ВИРІВКА»

#### 2.1. Знаходження алгоритму роботи схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка»

Для контролю руху маневрового потягу на станції «Вирівка» часто застосовують системи сигналізації, централізації і блокування, які працюють в ручному режимі керування. Це пов'язано з вимогами безпеки на колійних дорогах [1,2]. У даній кваліфікаційній роботі розглядується фрагмент маневрового потягу станції «Вирівка», топологія руху для чотирьох маршрутів якої наведена на рис. 2.1.1. Виходячи із топології роз'їзду,

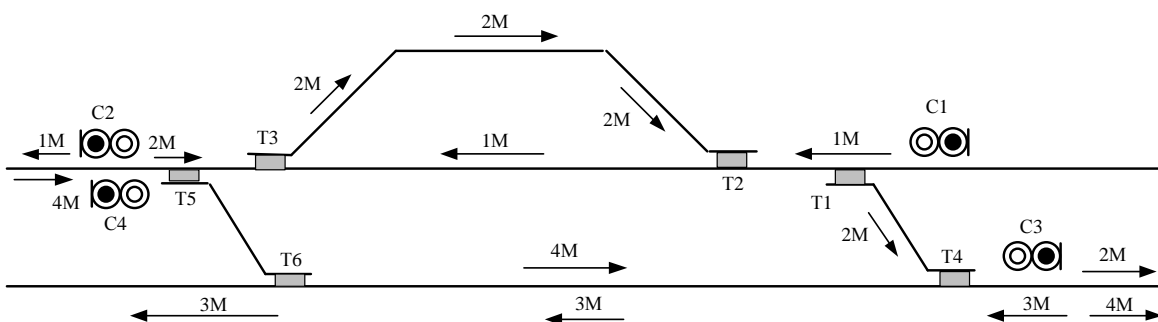


Рис. 2.1.1 Топологія руху для чотирьох маршрутів.

алгоритм пропуску поїздів є наступним.

- вибір необхідного маршруту диспетчер виконує у ручному режимі;
- при заданні першого маршруту стріка T2 переводиться праворуч і при її переведенні світлофор С1 загоряється зеленим світлом, а світлофори С2, С3 та С4 , не задежно від положення остальных стрілок, - червоним;
- при заданні другого маршруту і при переведенні стрілок T2, T3 і T4 праворуч, а T1 і T5 - ліворуч світлофор С2 загоряється зеленим світлом, а світлофори С1, С3 та С4 - червоним;
- при заданні третього маршруту і при переведенні стрілок T4 і T6 праворуч світлофор С3 загоряється зеленим світлом, а світлофори С1, С2 та С4 – червоним.
- при заданні четвертого маршруту і при переведенні стрілки T4 і T5 ліворуч, а стрілки T6 праворуч, світлофор С4 загоряється зеленим світлом, а світлофори С1, С2 та С3 – червоним. Положення остальных стрілок є задовільним.

При цьому схема електронного пристрою працює так, щоб при виконанні будь - якого із маршрутів він повинен мати можливість переходити до включення і виконання любого іншого маршрута.

## **2.2. Розробка абстрактної математичної моделі схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка»**

Виходячи із алгоритму абстрактна математична модель згідно [3, 4, 5] електронної схеми пристрою керування рухом маневрового потягу матиме вигляд, наведений на рис. 2.2.1.

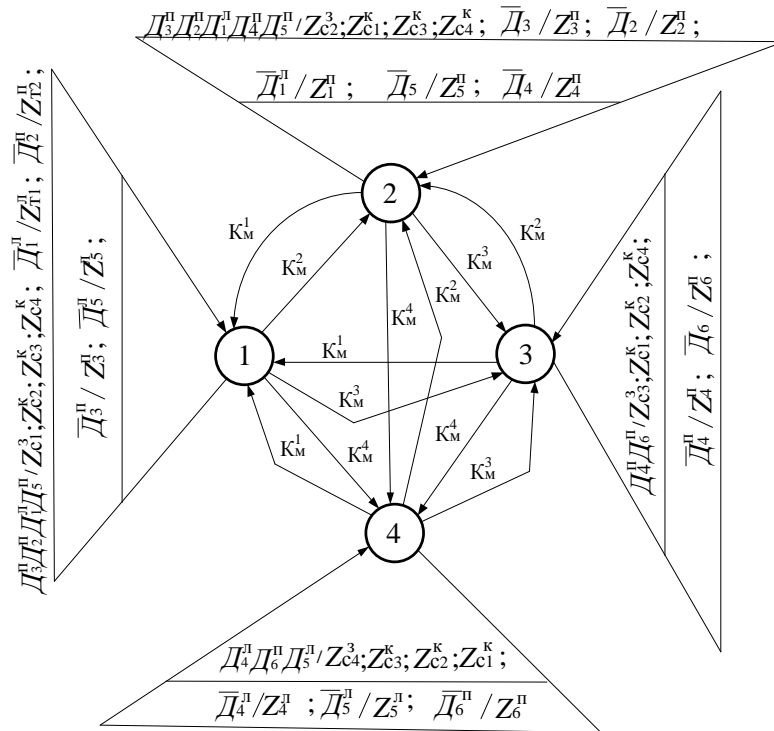


Рис. 2.2.1 Абстрактна математична модель.

В абстрактній математичній моделі керування рухом маневрового потягу станції «Вирівка» прийняти наступні позначення для:

**кнопки управління і сигнали від стрілок (датчиків)**

- $K_M^1$  – кнопка задання першого маршрута;
- $K_M^2$  – кнопка задання другого маршрута;
- $K_M^3$  – кнопка задання третього маршрута;
- $K_M^4$  – кнопка задання четвертого маршрута;
- $D_1^p$  – сигнал від датчика першої стрілки при переводі її ліворуч;
- $D_2^p$  – сигнал від датчика другої стрілки при переводі її праворуч;
- $D_3^p$  – сигнал від датчика третьої стрілки при переводі її праворуч;
- $D_4^p$  – сигнал від датчика четвертої стрілки при переводі її праворуч;
- $D_5^p$  – сигнал від датчика п'ятої стрілки при переводі її праворуч;
- $D_5^p$  – сигнал від датчика п'ятої стрілки при переводі її ліворуч;
- $D_6^p$  – сигнал від датчика шостої стрілки при переводі її праворуч;
- $D_6^p$  – сигнал від датчика шостої стрілки при переводі її ліворуч;

**сигналів керування світлофорами і стрілками**



$Z_{c1}^3$  – зелений сигнал першого світлофора;  
 $Z_{c2}^3$  – зелений сигнал другого світлофора;  
 $Z_{c3}^3$  – зелений сигнал третього світлофора;  
 $Z_{c4}^3$  – зелений сигнал четвертого світлофора;  
 $Z_{c1}^k$  – красний сигнал першого світлофора;  
 $Z_{c2}^k$  – красний сигнал другого світлофора;  
 $Z_{c3}^k$  – красний сигнал третього світлофора;  
 $Z_{c4}^k$  – красний сигнал четвертого світлофора;  
 $Z_1^l$  - сигнал на перевод першої стрілки ліворуч;  
 $Z_2^n$  - сигнал на перевод другої стрілки праворуч;  
 $Z_3^n$  - сигнал на перевод третьої стрілки праворуч;  
 $Z_4^n$  - сигнал на перевод четвертої стрілки праворуч;  
 $Z_4^l$  - сигнал на перевод четвертої стрілки ліворуч;  
 $Z_5^n$  - сигнал на перевод п'ятої стрілки праворуч;  
 $Z_5^l$  - сигнал на перевод п'ятої стрілки ліворуч;  
 $Z_6^n$  - сигнал на перевод шостої стрілки праворуч;  
 $Z_6^l$  - сигнал на перевод шостої стрілки ліворуч.

Електронна схема пристрою керування рухом маневрового потягу станції «Бахмач» по абстрактній математичній моделі (рис.2.2.1) працює наступним чином. У стані «1» - заданим є перший маршрут, друга стрілка переводиться праворуч і тоді перший світлофор буде випромінювати зелене світло, а другий, третій і четвертий – червоне.

Для відтворення другого маршруту необхідно натиснути на кнопку  $K_m^2$  і абстрактна математична модель із стану «1» перейде у стан «2», де другий світлофор переключиться із червоного світла на зелене, при умові, якщо перша стрілка перейде у положення ліворуч, а друга, третя і четверта – праворуч. Цей стан приведе до того, що ні перший світлофор переключиться із зеленого на червоний, а третій і четвертий продовжує горіти красним.

Для відтворення третього маршруту необхідно натиснути на кнопку  $K_m^3$  і абстрактна математична модель із стану «2» перейде у стан «3», де третій світлофор

переключитися із червоного світла на зелене, при умові, якщо четверта стрілка світлофора перейде у положення праворуч (такий сигнал видається у цьому стані на переключення четвертої стрілки праворуч). У цьому ж стані другий світлофор переключитися із зеленого на червоний, а перший і четвертий продовжує горіти красним кольором.

Для відтворення четвертого маршруту необхідно натиснути на кнопку  $K_m^4$  і абстрактна математична модель із стану «3» перейде у стан «4», де четвертий світлофор переключитися із червоного світла на зелене, при умові, якщо четверта і п'ята стрілка світлофора перейдуть у положення ліворуч, а шоста - праворуч (такий сигнал видається у цьому стані на переключення четвертої і п'ятої стрілок ліворуч, а шостої - праворуч). У цьому ж стані третій світлофор переключитися із зеленого на червоний, а перший і другий продовжують горіти красним кольором.

Із четвертого стану абстрактна математична модель може переходити у перший стан під дією кнопки  $K_m^1$  (перший маршрут), або у другий стан під дією кнопки  $K_m^2$  (другий маршрут), або у другий стан під дією кнопки  $K_m^3$  (третій маршрут). У цих станах відбуваються відповідні переводи стрілок і засвічення відповідних огнів на світлофорах, про що було описано вище. Такі переходи відбуваються із третього, другого і першого стану в усі інші аналогічно описаному вище.

### **2.3. Розробка структурної математичної моделі схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка»**

Для перетворення абстрактної математичної моделі у структурну необхідно закодувати її стани [ 6, 7, 8, 9 ]. Для цього використаємо двійковий нормальний код. Кількість розрядів двійкового нормального коду (елементів пам'яті) знайдемо з виразу [10]

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

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



умові, якщо перша стрілка перейде у положення ліворуч, а друга, третя і четверта – праворуч. У цьому ж стані перший світлофор переключиться із зеленого на червоний, а третій і четвертий продовжують горіти красним.

Для відтворення третього маршруту необхідно натиснути на кнопку  $K_m^3$  і структурна математична модель із стану «01» перейде у стан «11», тобто перший елемент пам'яті залишиться у стані «1», а другий навпаки перейде у стан «1». У цьому стані третій світлофор переключиться із червоного випромінювання світла на зелене, при умові, якщо четверта стрілка Т перейде у положення праворуч (такий сигнал видається у цьому стані на переключення четвертої стрілки праворуч). У цьому ж стані другий світлофор переключиться із зеленого на червоний, а перший і четвертий продовжують горіти красним кольором.

Із третього стану «11» структурна математична модель переходить у четвертий стан «10» під дією кнопки  $K_m^4$ , тобто другий елемент пам'яті залишиться у стані «1», а перший перейде у стан «0», (четвертий маршрут). У цьому стані четвертий світлофор переключиться із червоного світла на зелене, при умові, якщо четверта і п'ята стрілка світлофора перейдуть у положення ліворуч, а шоста - праворуч (такий сигнал видається у цьому стані на переключення четвертої і п'ятої стрілок ліворуч, а шостої - праворуч). У цьому ж стані третій світлофор переключиться із зеленого на червоний, а перший і другий продовжують горіти красним кольором.

Із четвертого стану структурна математична модель може переходити у перший стан «00» під дією кнопки  $K_m^1$  або у другий стан «01» під дією кнопки , або у другий стан «11» під дією кнопки  $K_m^3$ . У цих станах відбуваються відповідні переводи стрілок і засвічення відповідних огнів на світлофорах, про що було описано раніше. Такі переходи відбуваються із третього «11», другого «01» і першого стану «00» в усі інші аналогічно описаному раніше.

#### **2.4. Розробка рівнянь роботи схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка»**

Використовуючи структурну математичну модель, згідно [5, 9, 11] будемо

таблиці її переходів та виходів (табл.2.4.1 і табл.2.4.2 відповідно).

Таблиця 2.4.1. Таблиця переходів

$Q_i \backslash D_i$	00	01	11	10
$K_M^1$	-	00	00	00
$K_M^2$	01	-	01	01
$K_M^3$	11	11	-	11
$K_M^4$	10	10	10	-

Таблиця 2.4.2. Таблиця виходів

$Z_i$	$Z_{c2}^k$ ; $Z_{c3}^k$ ; $Z_{c4}^k$	$Z_{c1}^k$ ; $Z_{c3}^k$ ; $Z_{c4}^k$	$Z_{c1}^k$ ; $Z_{c2}^k$ ; $Z_{c4}^k$	$Z_{c1}^k$ ; $Z_{c2}^k$ ; $Z_{c3}^k$
$Q_i \backslash D_i$	00	01	11	10
$D_3^n D_2^n D_1^n D_5^n$	$Z_{c1}^3$	-	-	-
$D_3^n D_2^n D_1^n D_4^n D_5^n$	-	$Z_{c2}^3$	-	-
$D_4^n D_6^n$	-	-	$Z_{c3}^3$	-
$D_4^n D_6^n D_5^n$	-	-	-	$Z_{c4}^3$
$\overline{D}_1^n$	$Z_1^n$	$Z_1^n$	-	$Z_1^n$
$\overline{D}_2^n$	$Z_2^n$	$Z_2^n$	-	-
$\overline{D}_3^n$	$Z_3^n$	-	-	-
$\overline{D}_5^n$	$Z_5^n$	-	-	$Z_5^n$
$\overline{D}_5^n$	-	$Z_5^n$	-	-
$\overline{D}_4^n$	-	$Z_4^n$	$Z_4^n$	-
$\overline{D}_6^n$	-	-	$Z_6^n$	$Z_6^n$

Користуючись таблицею переходів (табл. 2.4.1), знаходимо функції переходів структурної математичної моделі, тобто функції включення і виключення відповідних *RS*-тригерів електронного пристрою. Функції включення позначино:  $\Phi_1^1, \Phi_2^1$ , а функції виключення:  $\Phi_1^0, \Phi_2^0$ . Функція  $Y_1$ , відповідає елементу кода розміщеного справа, а  $Y_2$  – зліва.

У відміченій таблиці переходів розглядають усі переходи кодових станів функції  $Y_1$  з «0» до «1» під дією вхідних змінних. У кон'юнкцію вхідних змінних також записують і змінну другого елемента пам'яті, якщо вона не міняє свій знак при цьому переході. Якщо цей перехід для функції  $Y_1$  відбувається не один раз, а, наприклад два, то знайдені кон'юнкції змінних об'єднують знаком диз'юнкції.

Рівняння виключення першого елемента пам'яті  $Y_1$  отримують аналогічно описаному з тою лише різницею, що при цьому розглядають лише переходи із стану «1» до стану «0». Рівняння для функцій  $Y_2$  отримують аналогічно описаному для функції  $Y_1$ .

Тоді канонічні рівняння роботи структурної математичної моделі матимуть наступний вигляд:

$$\Phi_1^1 = K_m^2 \cdot \bar{y}_2 \vee K_m^3 \vee K_m^2 \vee K_m^3 \cdot y_2 = K_m^2 \vee K_m^3;$$

$$\Phi_1^0 = K_m^1 \cdot \bar{y}_2 \vee K_m^4 \vee K_m^1 \vee K_m^4 \cdot y_2 = K_m^1 \vee K_m^4;$$

$$\Phi_1^2 = K_m^4 \cdot \bar{y}_1 \vee K_m^3 \cdot y_2 \vee K_m^3 \vee K_m^4 = K_m^3 \vee K_m^4;$$

$$\Phi_2^0 = K_m^1 \vee K_m^2 \cdot y_1 \vee K_m^1 \cdot \bar{y}_1 \vee K_m^2 = K_m^1 \vee K_m^2.$$

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

$$Z_{c1}^3 = D_3^n \cdot D_2^n \cdot D_1^n \cdot D_5^n \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; \quad Z_{c2}^3 = D_1^n \cdot D_2^n \cdot D_3^n \cdot D_4^n \cdot D_5^n \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1;$$

$$Z_{c3}^3 = D_4^n \cdot D_6^n \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad Z_{c4}^3 = D_4^n \cdot D_6^n \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1;$$

$$Z_{c1}^k = y_1 \vee y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad Z_{c2}^k = Z_{c4}^k = \bar{y}_2 \vee y_2 \cdot \bar{y}_1; \quad Z_{c3}^k = \bar{y}_2 \vee y_2 \cdot \bar{y}_1;$$

$$Z_1^n = \overline{D}_1^n (\overline{y}_1 \vee \overline{y}_2 \cdot y_1); \quad Z_2^n = \overline{D}_2^n \cdot \overline{y}_2; \quad Z_3^n = \overline{D}_3^n \cdot \overline{y}_2 \cdot \overline{y}_1; \quad Z_4^n = \overline{D}_4^n \cdot y_2;$$

$$Z_5^n = \overline{D}_5^n \cdot \overline{y}_2 \cdot y_1; \quad Z_6^n = \overline{D}_6^n \cdot y_2.$$

## РОЗДІЛ 3

### ПОБУДОВА СХЕМИ КЕРУВАННЯ ВАНТАЖНИМИ МАНЕВРОВИМИ ПОТЯГАМИ НА СТАНЦІЇ «ВИРІВКА»

#### 3.1. Вибір елементної бази для побудови схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка»

Користуючись тим, що рівняння роботи електронної схеми при керуванні рухом маневрового потягу на станції «Вирівка» задані у вигляді диз'юнктивно нормального вигляді, то їх реалізація може бути виконана на базі програмуємих логічних матриць (ПЛМ) [3, 5, 6]. ПЛМ представляють собою логічну схему, яка перетворює входні значення сигналів  $X = \{ x_1, x_2, \dots, x_m \}$  у вихідні  $Y = \{ y_1, y_2, \dots, y_m \}$ , використовуючи для цього двійковий нормальний код [10, 11].

Виготовляемі електронною промисловістю програмуємі інтегральні мікросхеми (ПЛІС) мають у собі базову структуру логічної матриці, яка включає матрицю кон'юнкторів (матриця "І") і матрицю диз'юнкторів (матриця "АБО"[5]. Принцип побудови таких ПЛМ розглянемо на ПЛІС серії К556РТ1 [5]. Структурна схема даної ПЛІС приведена на рис. 3.1.1

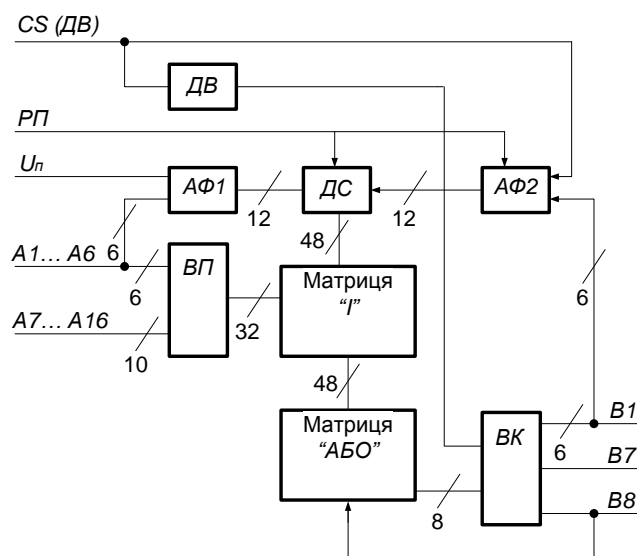


Рис 3.1.1. Структурна схема ПЛІС

Дана ПЛІС включає матрицю кон'юнкторів (матрицю «I») матрицю диз'юнкторів (матриця «АБО»), блок вхідних підсилювачів (ВП), блок вихідних каскадів (ВК), схему дозволу виборки кристалу (ДВ), програмуємий дешифратор, програмуємі адресні формірователі (АФ1, АФ2). Вхідні підсилювачі формують прямі і інверсні значення вхідних змінних по всім шістнадцяти входам (А1...А16).

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

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 входити 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, кожен із яких може бути вибірково з'єднаний з будь-яким із сорока восьми кон'юнкторів.

Програмуємім елементом матриці «I» 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.

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



Така ПЛІС в режимі обробки інформації працює так. Вхідні змінні A1...A16 через блок вхідних підсилювачів в прямому і інверсному значенні поступають на матрицю «I» де за допомогою діодів Шоттки і плавких ніхромових перемичок утворюють кон'юнкції P1...P48, які сумірюються матрицею «АБО», утворюючи проміжні логічні функції S1...S8. Дані функції надходять до вихідних каскадів для подальшого їх перетворення і видачі на виходи В1...В8 ПЛМ.

Умовне графічне позначення ПЛМ К556РТ1 приведено на рис. 3.1.2,

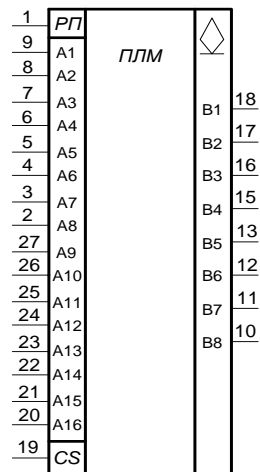


Рис. 3.1.2. Умовне графічне позначення ПЛМ К556РТ1

де входи і виходи мікросхеми визначають:

- 1 – вхід програмування РП;
- 2...9 – входи підключення вхідних змінних A1...A8;
- 10...13 – виходи отриманих функцій В8...В5;
- 14 – спільний вихід (вихід подачі «0» В);
- 15...18 – виходи отриманих функцій В4...В1;
- 19 – вхід дозволу роботи (вибору) мікросхеми;
- 20...27 – входи підключення вхідних змінних A16...A9;
- 28 – вхід подачі джерела живлення (+5В).

### 3.2. Розробка схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка»

Виходячи із логічних рівнянь роботи електронної схеми пристрою, ПЛМ повинна відповідати наступним даним. Кількість диз'юнкторів у ній повинно бути не менше

2, вхідних змінних не більше 16, вихідних змінних 21 (4 - для управління  $RS$  - тригерами і 17– для управління виконавчими механізмами).

Найближчою до таких даних є мікросхема ПЛМ [5, 11], мікросхема серії K556PT1, яка має входи для 16 змінних, 8 виходів для реалізації восьми функцій і 48 кон'юнкторів. Згідно отриманих функцій  $Z_{c1}^3, Z_{c2}^3, Z_{c3}^3, Z_{c4}^3, Z_{c1}^k, Z_{c2}^k, Z_{c3}^k, Z_{c4}^k, Z_1^n, Z_2^n, Z_3^n, Z_4^n, Z_4^l, Z_5^n, Z_6^n, Z_6^l, \Phi_1^1, \Phi_1^0, \Phi_2^1, \Phi_2^0$  присвоюємо номери їх кон'юнкторам:  $k_1 = K_m^2; k_2 = K_m^3; k_3 = K_m^1; k_4 = K_m^4; k_5 = D_3^n \cdot D_2^n \cdot D_1^n \cdot D_5^n \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_6 = D_1^n \cdot D_2^n \cdot D_3^n \cdot D_4^n \cdot D_5^n \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_7 = D_4^n \cdot D_6^n \cdot y_2 \cdot \bar{y}_1; k_8 = D_4^n \cdot D_6^n \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1$  - для ПЛМ1 і  $k_9 = y_1; k_{10} = y_2 \cdot \bar{y}_1; k_{11} = \bar{y}_2; k_{12} = y_2 \cdot \bar{y}_1; k_{13} = \bar{D}_1^n \cdot \bar{y}_1; k_{14} = \bar{D}_1^n \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_{15} = \bar{D}_2^n \cdot \bar{y}_2; k_{16} = \bar{D}_3^n \cdot \bar{y}_2 \cdot \bar{y}_1; k_{17} = \bar{D}_4^n \cdot y_2; k_{18} = \bar{D}_5^n \cdot \bar{y}_2 \cdot y_1; k_{19} = \bar{D}_6^n \cdot y_2$  - для ПЛМ2.

.Використовуючи [11], програмуємо отримані функції і їх результати заносимо у табл. 3.2.1 і табл. 3.2.2 відповідно.

Таблиця 3.2.1. Таблиця програмування функцій ПЛМ1

$k_i^1$	Кон'юнктори												Рівень активності							
	Вхідні змінні												1	1	1	1	1	1	1	1
	$K_m^1$	$K_m^2$	$K_m^3$	$K_m^4$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$y_1$	$y_2$	Вихідні функції							
	Номер програмує мого входу												$\Phi_1^1$	$\Phi_1^0$	$\Phi_2^1$	$\Phi_2^0$	$Z_{c1}^3$	$Z_{c2}^3$	$Z_{c3}^3$	$Z_{c4}^3$
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
$k_1$		1											A			A				
$k_2$			1										A			A				
$k_3$	1													A	A					
$k_4$				1										A	A					
$k_5$					0	1	1		1		0	0					A			
$k_6$					0	1	1	1	1		1	1						A		
$k_7$									1		1	0	1						A	
$k_8$									1		1	1	0							A

Таблиця 3.2.2. Таблиця програмування функцій ПЛМ2

$k_i$	Кон'юнктори												Рівень активності							
	Вхідні змінні												1	1	1	1	1	1	1	1
	$K_m^1$	$K_m^2$	$K_m^3$	$K_m^4$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$y_1$	$y_2$	Вихідні функції							
	Номер програмує мого входу												$Z_{c1}^K$	$Z_{c2}^K$	$Z_1^L$	$Z_2^n$	$Z_3^n$	$Z_4^n$	$Z_5^n$	$Z_6^n$
A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	
$k_9$											1	$A$								
$k_{10}$											0	1	$A$							
$k_{11}$											0		$A$							
$k_{12}$											0	1	$A$							
$k_{13}$					0						0			$A$						
$k_{14}$					0						1	0		$A$						
$k_{15}$						0					0				$A$					
$k_{16}$							0				0	0				$A$				
$k_{17}$								0				1					$A$			
$k_{18}$									0		0	1						$A$		
$k_{19}$										0			1						$A$	

Електронна схема пристрою при керуванні рухом маневрового потягу на станції «Вирівка» із застосуванням ПЛМ1 і ПЛМ2, наведена на рис. 3.2.1.

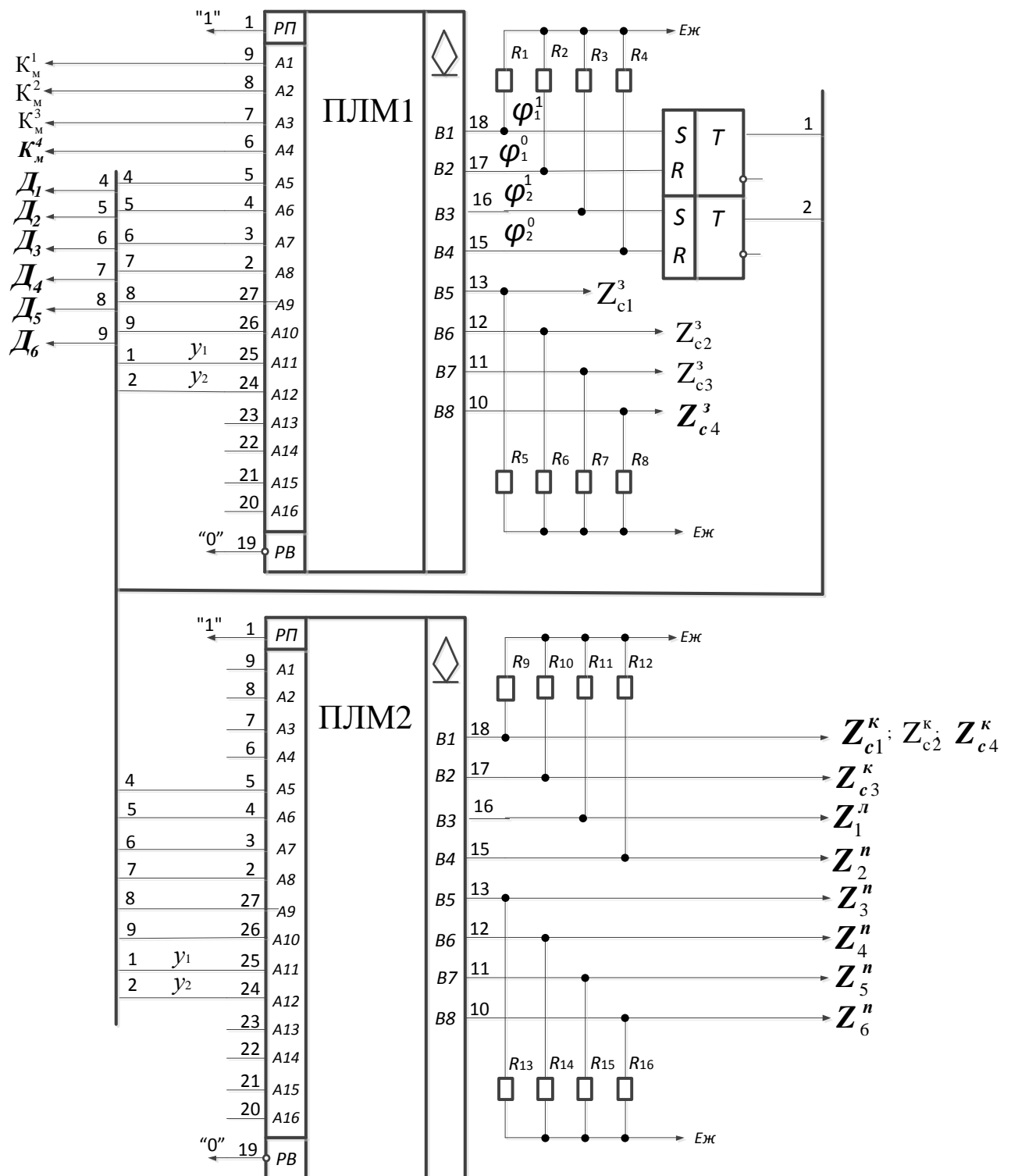


Рис. 3.2.1. Електронна схема пристрою при керуванні рухом маневрового потягу на станції «Вирівка»

## ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі було поставлене завдання розробити схеми керування вантажними маневровими потягами на станції «Вирівка»

використанням сучасних засобів мікроелектроніки. Дана схема електронного пристрою розроблена з використанням теорії автоматів, теорії комп'ютерної логіки та теорії алгоритмів і графів для фрагменту керування маневровим потягом на станції «Вирівка».

На підставі використання алгоритмічного та математичного забезпечення була спроектована схема електронного пристрою для управління маневровим потягом при його слідуванні по станції «Вирівка». У процесі розробки були використані абстрактна та структурна математичні моделі на основі яких, використовуючи теорію автоматів, отримані логічні рівняння роботи схеми електронного пристрою.

Аналіз отриманих логічних рівнянь показав, що їх реалізацію найкраще виконати, використовуючи програмуємі логічні матриці (ПЛМ). У кваліфікаційній роботі показано, що у якості ПЛМ необхідно застосувати мікросхему К556РТ1. На основі цих мікросхем (їх було використано дві) була розроблена схема електронного пристрою для управління маневровим потягом при його слідуванні на станції «Вирівка». Даний пристрій запрограмований на мові програмування використаних ПЛМ.

Розробка даної кваліфікаційної роботи показала можливість проектування електронного пристрою для управління маневровим потягом при його слідуванні на станції «Бахмач» з використанням теорії автоматів і комп'ютерної логіки, що в свою чергу дало можливість застосовувати сучасну елементну базу мікроелектроніки.

Застосування даної роботи дозволить у значній мірі підвищити надійність роботи схеми електронного пристрою для управління маневровим потягом при його слідуванні по станції «Вирівка».

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Правила технічної експлуатації залізниць України. Київ. 2003р. 133с.
2. Інструкція з сигналізації на залізницях України . Київ. 2009р. 160с.
3. *Матвієнко М.П.* Проектування цифрових пристроїв / *Матвієнко М.П.* К: «Ліра-К», 2018 - 364с.

4. *Баранов С. И.* Синтез микропрограммных автоматов / *Баранов С. И.* – Ленинград; Энергия, 1979 – 232с.
5. *Матвієнко М.П.* Комп'ютерна логіка / *Матвієнко М.П.* К: «Ліра-К», 2012 - 286с.
6. *Матвієнко М.П.* Пристрої цифрової електроніки / *Матвієнко М.П.* К: «Ліра-К», 2015 - 392с.
7. *Блейкли Т. Р.* Проектирование цифровых устройств с малыми и большими интегральными схемами/ *Блейкли Т. Р.* – К: Вища школа, 1981 – 336с.
8. *Жабін В.І., Жуков І.А., Клименко І.А., Ткаченко* Прикладна теорія цифрових автоматів/ *Жабін В.І.*-К: Видавництво НАУ ,2007 -364с.
9. *Жабин В.И. и др.* Логические основы и схемотехника ЭВМ. Практикум./ *Жабин В.И.* - К: ВЕК+,1999 – 128с.
10. *Жураковський Ю.П., Полторак В.П.* Теорія інформації та кодування/ *Жураковський Ю.П.* К: «Вища школа» , 2001 – 255с.
11. Отраслевой стандарт. ОСТ 11.340.915-82. Микросхеми інтегральні серії 556(556РТ1, 556РТ2), Р556(Р556РТ1, Р556РТ2). Руководство по применению ОКП. 623 000.-51с.