

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 ПРІЗВИЩЕ)

\_\_\_\_\_ 2023 р.

### КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 171Електроніка

(код та назва)

освітньо-професійної програми Електронні інформаційні системи

(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: Розробка електричної схеми пристроїв керування рухом маневрових потягів на станції Бахмач

Здобувача групи ЕІ-91к

(шифр групи)

Рикова Дениса Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

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

(підпис)

Денис РИКОВ

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник викладач, кандидат технічних наук, доцент

Микола МАТВИСНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Конотоп – 2023

## АНОТАЦІЯ

*Обґрунтуванням актуальності теми є:* перспективи використання автоматизованих систем електричної централізації та радіозв'язку на станціях для оптимальної організації маневрової роботи.

*Мета роботи полягає у:* аналізі правил і вимог ПТЕ по організації маневрової роботи на станції Бахмач, таблиць основних, ворожих та допоміжних маневрових маршрутів, зайнятості стрілок і світлофорів на станції. Також розгляді варіантів оптимізації виробничого процесу складання маневрових маршрутів.

*Відповідно до мети вирішуються такі задачі:* проводиться аналіз алгоритмів складання таблиць для світлофорів і стрілок під час маневрової роботи, опис блок-схем та алгоритмів функціонування автоматизованої системи при ЕЦ, аналізі можливих шляхів удосконалення організації маневрової роботи, розрахунок основних параметрів операційного підсилювача ІЧ-датчика та синтез неповного 4х розрядного дешифратора.

*При виконанні роботи використовувалися методи:* систематизації, синтезу, розрахунку, узагальнення, закріплення теоретичних знань, математичного аналізу, аналізу літературних джерел.

У результаті проведених досліджень проаналізували безпечність та продуктивність організації маневрової роботи по станції Бахмач.

*Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є:* оптимальна організація маневрової роботи по станції м. Бахмач.

*Предмет досліджень:* маневрові роботи на станції Бахмач.

Робота викладена на 33 сторінках, у тому числі включає 23 рисунки, 1 таблиця, список цитованої літератури із 17 джерел.

**Ключові слова:** ЕЛЕКТРИЧНА ЦЕНТРАЛІЗАЦІЯ, МАРШРУТ, ВСТАНОВЛЕННЯ, ЗАМИКАННЯ, РОЗМИКАННЯ МАРШРУТУ, СТРІЛКА, ПІДРАХУНКУ КОЛІСНИХ ПАР, ПРАВИЛА ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ (ПТЕ), ІЧ-ДАТЧИК, РАДІОСИСТЕМА КЕРУВАННЯ ПОЇЗДАМИ АТА

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	С. 4
<b>РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СТАНЦІЙНИХ СИСТЕМ</b>	
<b>АВТОМАТИКИ</b> .....	5
1.1 Основні поняття організації маневрової роботи.....	5
1.2 Організація маневрової роботи за допомогою штучного інтелекту .	7
<b>РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ СТРІЛКОЮ ТА</b>	
<b>МАРШРУТОМ</b> .....	12
2.1 Маршрутизація пересувань по станції Бахмач.....	12
2.2 Керування поїздами на основі DTG-R зв'язку .....	16
2.3 Розробка алгоритму керування маршрутами по станції Бахмач .....	19
<b>РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ</b>	
<b>ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ</b> .....	23
3.1 Розрахунок нормувального пристрою (ОП) датчика .....	23
3.2 Синтез неповного декодера у автоматичних системах керування ...	28
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	30
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	31
<b>ДОДАТОК А. СЛАЙДИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ РОБОТИ</b> .....	33

## ВСТУП

Розвиток залізничних технологій має на меті задовольнити зростаючі вимоги та потреби населення. Наступне очікування збігається з еволюцією цифровізації. Широке використання систем автоматичного блокування на залізничних станціях дозволяє інтегрувати, обчислити та передбачити завдання маршруту завдяки обробці накопичених даних. Це змушує задуматися про майбутню роль штучного інтелекту на залізниці. [1-3]

Маневрова робота на станціях має виконуватися відповідно до встановленого технологічного процесу роботи станції і за планом, що забезпечує:

- потребу в технологічних перевезеннях і безперебійне обслуговування виробничих підрозділів підприємства та контрагентів;
- своєчасну подачу рухомого складу під вантажні операції та забирання його після закінчення вантажних операцій;
- безперебійне приймання поїздів на станцію та їх розформування;
- своєчасне формування і відправлення поїздів;
- раціональне використання маневрових засобів і технічних пристроїв;
- безпеку руху, безпеку людей, схоронність рухомого складу і вантажу, що перевозиться, захист навколишнього середовища. [4,5]

На залізничній станції м. Бахмач, в залежності від колійного розвитку, характеру і обсягу маневрової роботи, залізничні колії поділяються на маневрові райони. Межі маневрових районів і порядок роботи в кожному з них встановлюються в ТРА станції або інструкції про порядок обслуговування і організації руху на залізничних шляхах незагального користування. [4]

Електрична централізація стрілок і сигналів (ЕЦ) – станційний комплекс пристроїв залізничної автоматики, що забезпечує централізоване управління стрілками і світлофорами та автоматичний контроль на пульті керування за положенням централізованих стрілок, станом світлофорів та рейкових кіл. [5]

Метою переддипломної практики є збір і аналіз даних про основні принципи організації маневрової роботи по залізничній станції м. Бахмач.

## **РОЗДІЛ 1**

### **ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ СТАНЦІЙНИХ СИСТЕМ АВТОМАТИКИ**

#### **1.1 Основні поняття організації маневрової роботи**

Всі дії, що виконуються на станціях, за обсягом й характером роботи поділяються на проміжні, дільничні, сортувальні, пасажирські й вантажні. Для гарантування безпеки поїзних і маневрових пересувань на станціях між основними компонентами транспортного процесу (стрілками, світлофорами й рухомими одиницями) повинні забезпечуватися чіткі взаємозалежності, суть яких зводиться до того, щоб сигнальний прилад приводився у дозвільний стан тільки після переведення стрілок у необхідне положення й фактичне виконання основних вимог безпеки руху поїзду.

Система електричної централізації м. Бахмач призначена для чергових по станції - ДСП з єдиного поста стрілками й світлофорами з метою забезпечення процесу перевезень у межах всієї станції або окремої її горловини.

Системи ЕЦ, насамперед, дозволяє значно підвищити безпеку руху рухомого складу та забезпечує:

- прискорення в десятки разів часу задання маршруту;
- приблизно в 1,5÷2 рази підвищення пропускної спроможності горловин;
- інтенсифікування поїзної та маневрової роботи;
- скорочення штату працівників тощо. [1-3, 12]

Основні поняття ЕЦ: маршрут, його встановлення, замикання й розмикання.

Маршрутом називається частина колійного розвитку станції, підготовлена для проходження рухомого складу. Починається маршрут від світлофора, за яким дозволяється відповідне пересування (вхідного, вихідного, маршрутного або маневрового), а закінчується елементом колійного розгалуження станції або перегону залежно від категорії маршруту, що задає. Схема, яка показує базову

архітектуру фіксованої блочної системи автоматичного керування поїздами (АТС) із трьома основними компонентами: АТР (автоматичний захист поїздів), АТО (автоматична робота поїздів) і АТС (автоматичний нагляд за поїздами) наведена на рис.1.1.1

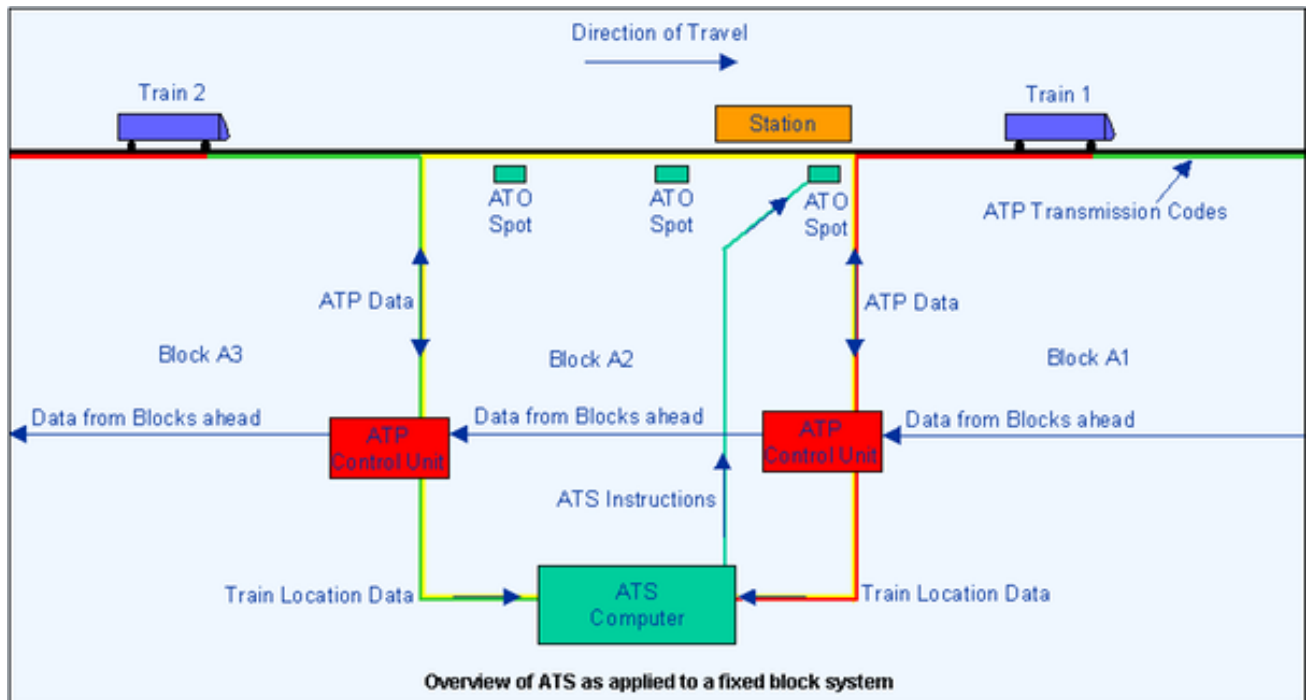


Рис. 1.1.1 Архітектура організації маршруту фіксованої блочної системи автоматичного керування поїздами [1]

За категоріями розрізняють маршрути поїзні й маневрові, причому поїзні маршрути поділяються на маршрути приймання, відправлення й передачі. Процес підготовки колійного розвитку станції для проходження рухомого складу поїзним або маневровим порядком називають завданням (встановленням) маршруту. Завдання (встановлення) маршруту здійснюється в такій послідовності:

- переведення ходових і охоронних стрілок у необхідне положення;
- перевірка умов безпеки руху по всіх елементах маршруту;
- замикання маршруту;
- включення на відповідному світлофорі дозволяючого сигналу. [4,5]

Поняття «замикання маршруту» містить у собі два моменти:

- замикання стрілок, тобто виключення можливості їхнього переведення в інше положення;

- замикання секцій маршруту, тобто виключення можливості їхнього одночасного використання в іншому маршруті. Розрізняють попереднє й остаточне (повне) замикання маршруту. У загальному випадку попереднє замикання настає при відкритті світлофора, якщо на ізольованій ділянці перед світлофором (на ділянці наближення) відсутній рухомий склад. При вступі рухомого складу на ділянку наближення настає остаточне (повне) замикання. Вид замикання визначає витримку часу при скасуванні маршруту. Попередньо замкнутий маршрут (і отже, його розмикання) скасовується, як правило, з малою витримкою часу 6-7 с, що необхідно для захисту від втрати шунта на ділянці наближення. Скасування остаточно замкнутого поїзного маршруту виконується з витримкою часу більше 3 хв (для різних станцій може бути різним), а остаточно замкнутого маневрового маршруту – з витримкою часу 75 с. Ця витримка враховує необхідність зупинки поїзда, що рухається з максимальною швидкістю, на замкнутих стрілках. При русі рухомого складу по трасі маршруту, системи ЕЦ забезпечують автоматичне розмикання маршрутів. Для захисту від передчасного розмикання при випадковому накладенні й знятті шунта на рейкові кола, фактичний рух поїзда встановлюється шляхом перевірки послідовного заняття й звільнення рейкових ділянок, що входять у маршрут . [1-3]

## **1.2 Організація маневрової роботи за допомогою штучного інтелекту**

Штучний інтелект (ШІ) для будь-якої системи потребує величезної кількості зв'язаних даних. На індійських залізничних станціях використовуються автоматизовані системи зі штучним інтелектом SCADA, тому доступна велика кількість операційних даних для моделювання та навчання.

Інфраструктура – оцифровані версії залізничної інфраструктури також мають бути легкодоступними. Колії та рухомий склад – дані для прогнозного обслуговування колій або поїздів є доступними для ШІ. [2]

Історію сигналів і зв'язку подій в системах станційної автоматики можна отримати з реєстраторів даних системи блокування. Це може допомогти спланувати рух поїздів, а також керувати машинними операціями.

Незважаючи на те, що є достатньо даних, головним завданням інтелектуальної системи буде розробка структури системи автоматики, що керується штучним інтелектом. Для цього необхідно забезпечити узгодження параметрів станційних систем та систем на перегонних ділянках. Типовий сценарій інтеграції показаний на рис. 1.2.1. [3]

Існує широкий спектр послуг, які ШІ може надати залежно від рівня ефективності та потреби. Здійсненість основних вимог залізниць, які може забезпечити штучний інтелект – це формування маршрутів та розкладу поїздів на станції. Усі правила сигналізації передбачають, що колії на станціях зайняті щонайбільше одним поїздом. Це забезпечується за допомогою алгоритмів, імітаційних моделей, графіків і систем керування з необхідним ступенем штучного інтелекту.

Інформація, яку можна отримати від ШІ, включає:

- тривалість часу від задання маршруту до його скасування;



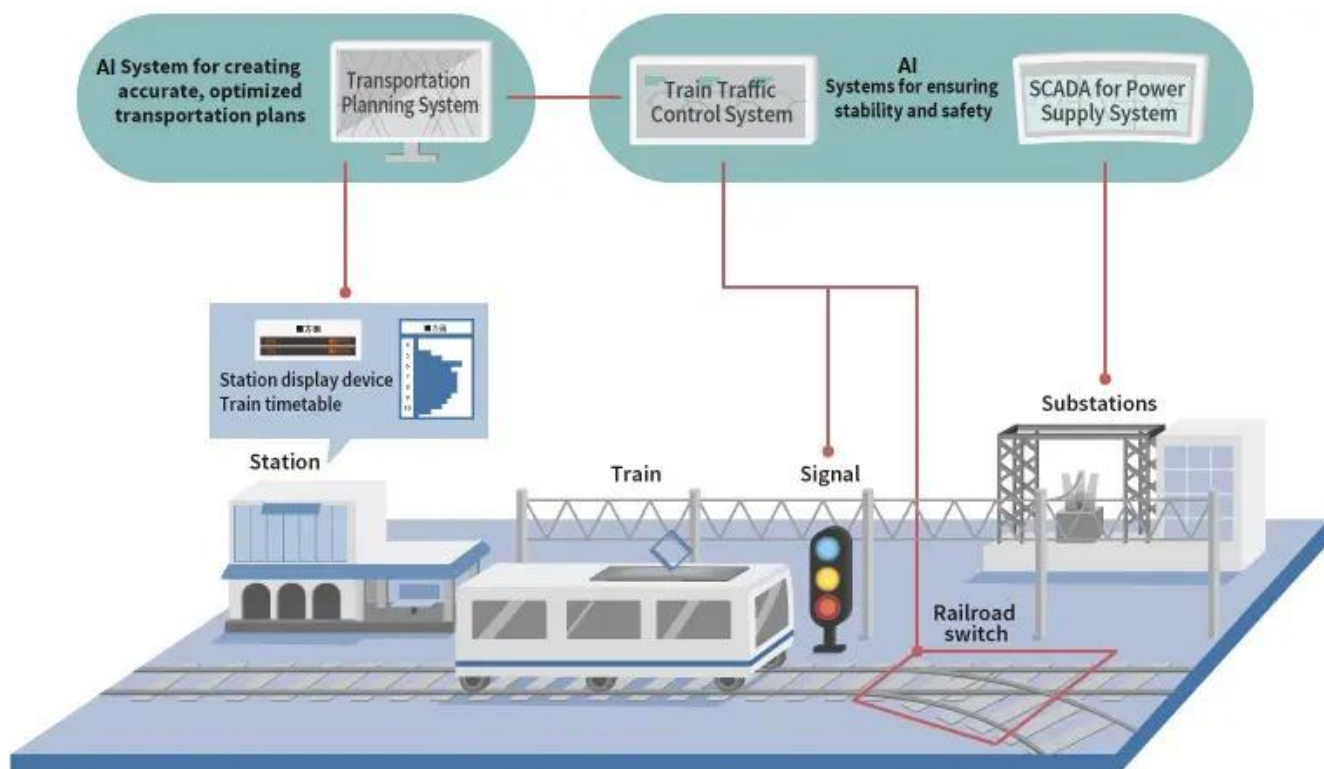


Рис. 1.2.1. Інтеграція систем автоматики на залізничній станції [3]

- загальний або середній час руху поїздів по станції;
- час руху поїздів, зважений за пріоритетністю;
- стійкість розкладу до відхилень та їх комбінацій;

Це дозволить перекоонатися в тому, що ділянка колії між двома станціями зайнята щонайбільше одним поїздом. Часто на залізничних станціях не використовуються автоматизовані алгоритми для цієї функції. Натомість вони покладаються на досвід диспетчерів для прийняття рішень., що збільшує час затримки рухомого складу по станції. Але вищезазначений підхід дозволить створити розклади та графіки руху поїздів високого рівня. ШІ вказуватиме колії, які будуть зайняті, час, необхідний для перемикаання колій, і вимоги до сигналізації. А параметри безпосереднього конфлікту маршрутів можна оцінити в режимі реального часу. Таким чином, можна миттєво приймати рішення щодо планування, створюючи мікроскопічні графіки.

За допомогою штучного інтелекту можна розробити ітераційні підходи до оптимізації або моделі на основі графіків для обчислення розкладів низького рівня з підтримкою прийняття рішень у реальному часі (рис.1.2.2) [1, 2].

Штучний інтелект також пропонує спосіб навчання алгоритмів для швидкого реагування на потребу задання маршруту, при цьому видає оптимальні рішення. Можлива архітектура автоматизованої системи залізничної станції по організації маневрової роботи та для управління рухом поїздів на основі ШІ наведена на рис.1.4.

Центр керування операціями, як показано на рис. 1.2.3, який містить центральний сервер для моніторингу руху та управління всією ділянкою залізниці. Радіостанція, встановлена на колії, передає інформацію про місцезнаходження та сигнал до поїзда через бортові датчики та антену. Ця інформація разом зі станом поїзда надсилається через модуль моніторингу поїзда на основі ШІ до модуля зв'язку. Цей модуль також збирає інформацію про маршрут, несправність колії або перешкоду на маршруті, від маршрутного процесора та надсилає її до АЛС.

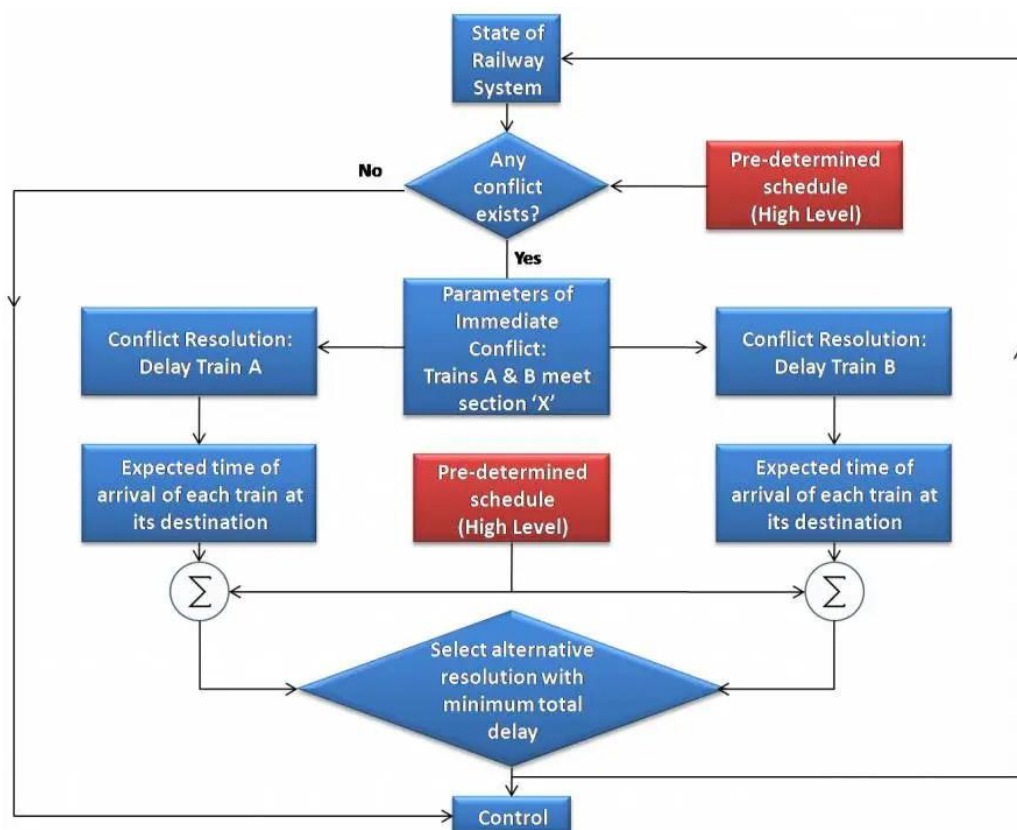


Рис. 1.2.2 Типовий алгоритм планування з використанням штучного інтелекту в залізничних системах автоматики [2]

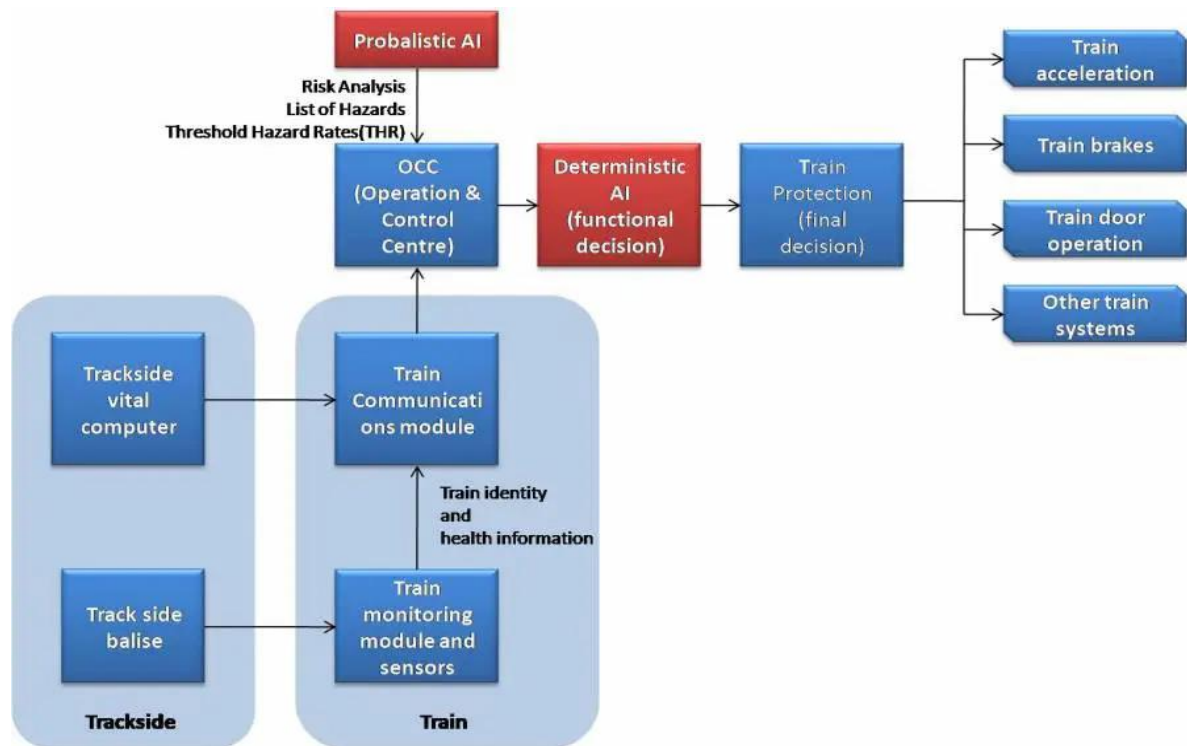


Рис.1.2.3 Блок-схема організації маневрової роботи на станції за допомогою ІІІ [2]

З іншого боку, АІС також отримує результати аналізу ризиків від ймовірнісних модулів штучного інтелекту та передає накопичену інформацію детермінованим алгоритмам штучного інтелекту для прийняття остаточного рішення. Висновок передається на екран машиніста, і результатом є автоматична миттєва реакція у вигляді прискорення, гальмування, закриття або відкриття дверей тощо.

Якщо лінія оснащена простою системою АТР, яка автоматично зупиняє поїзд при прослідуванні ним повз червоний сигнал, то система АТР не зможе запобігти зіткненню з поїздом який стоїть безпосередньо за сигналом (рис. 1.2.4). [6-9].

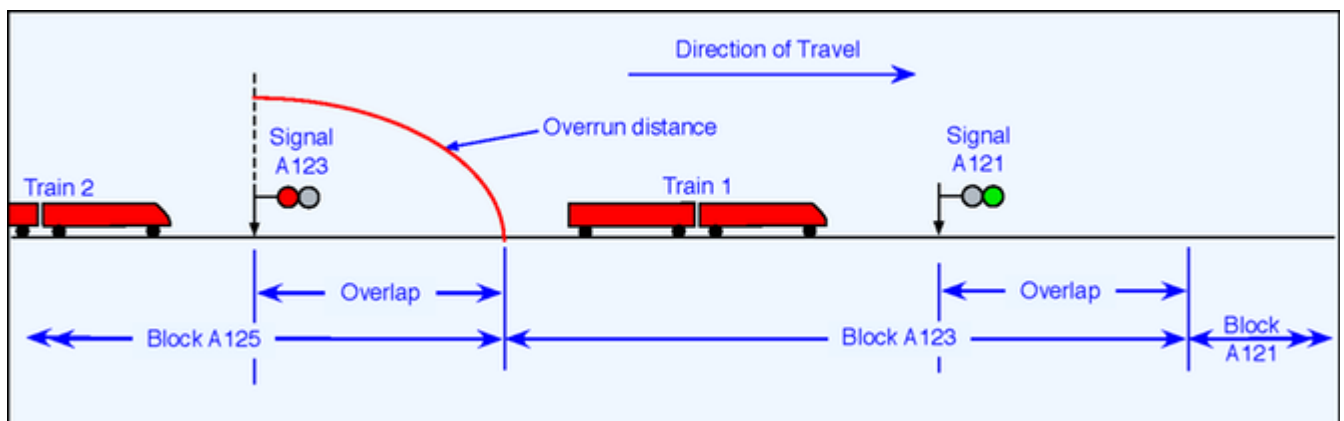


Рис. 1.2.4 Діаграма сигналу, що надається з перекриттям [6]

Тому повинно бути місце для гальмування поїзда до зупинки (рис.1.2.4). Цей термін відомий як «безпечний гальмівний шлях», і поза кожним сигналом передбачено простір для його розміщення. Насправді, сигнал розміщується позаду входу в блок, а відстань між ним і блоком називається «перекриттям». Перекриття сигналів розраховуються для забезпечення безпечного гальмівного шляху поїздів, що прямують цим маршрутом. Звичайно, довжина залежить від місця розташування; нахилу, максимальної швидкості поїзда та гальмівної здатності поїзда.

## РОЗДІЛ 2

### АНАЛІЗ АЛГОРИТМІВ КЕРУВАННЯ СТРІЛКОЮ ТА МАРШРУТОМ

#### 2.1 Маршрутизація пересувань по станції Бахмач

Всі поїзні пересування на станції Бахмач по прийманню, відправленню й передачі поїздів з парку в парк обов'язково маршрутизуються, тобто здійснюються тільки за дозвільними показниками світлофорів при замкненому стані всіх вхідних у маршрут стрілок. Маневрові пересування також маршрутизуються, за винятком окремих районів станцій, де здійснюється сортувальна робота й стрілки передаються на місцеве керування. При розробці маршрутизації складаються таблиці поїзних (основних і варіантних) і маневрових маршрутів (табл. 2.1.1 - 2.1.3), у яких у графах «Напрямок» і «Найменування маршруту» записані всі маршрути станції. Маршрути нумеруються, кожному маршруту приділяється окремий рядок таблиці. У рядку дається технічне описання маршруту: вказується положення ходових і охоронних стрілок і літер світлофора, за яким дозволяється рух по даному маршруту. У таблиці основних поїзних маршрутів (табл. 2.1.2) послідовно перераховуються всі маршрути приймання й відправлення поїздів для кожного напрямку руху. При цьому розглянута станція Бахмач (рис. 2.1.1) має два напрямки руху: напрямок ст. Б і напрямок ст. А . [1-10]

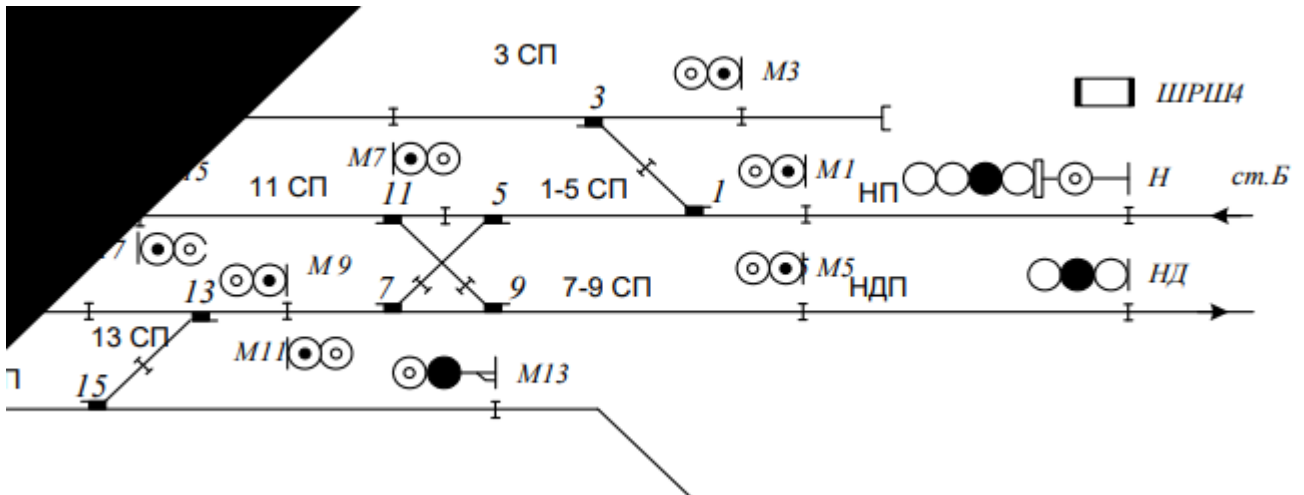


Рис. 2.1.1. Фрагмент схематичного плану горловини станції м. Бахмач

У таблиці варіантних поїзних маршрутів (табл. 2.1.2) вказуються всі можливі варіанти приймання, відправлення й передачі з парку в парк поїздів і положення тільки тих стрілок, які визначають напрямок маршруту, відмінного від основного.

Напрямок	Номер-маршруту	Найменування маршруту	Літера світлофора	Стрілки														
				1/3	5/7	9/11	13/15	17/19	21/23	25	27	29	31/33	35				
Поїзні маршрути	Напрямок А	Приймання	1	Приймання на I колію	Н	+	+	+		+	+			+	(+)			
			2	Приймання на 3 колію	Н	+	+	+		+	+				-	+		
			3	Приймання на 5 колію	Н	-	(+)									+		
			4	Приймання на 6 колію	Н	+	+	+		(+)	-			-				-
			5	Приймання на 8 колію	Н	+	-	(+)	-	(+)		+						
	Напрямок Б	Відправлення	6	Відправлення з II колії	ЧП		+	+	+	+	+		+					
			7	Відправлення з 4 колії	Ч4		+	+	+	+	+			-			+	
			8	Відправлення з 5 колії	Ч5		(+)	-		+	+				-	-		
			9	Відправлення з 6 колії	Ч6		+	+	+	+	+			-				-
			10	Відправлення з 8 колії	Ч8		+	+	-	(+)		+						

Таблиця 2.1.1. Перелік основних поїзних маршрутів станції Бахмач [6]

Напрямок			№ маршруту	Найменування маршруту	Стрілки, що визначають напрямок маршруту	Примітка
Поїзні маршрути	Напрямок А	Приймання	11	Приймання на I колію	-5/7 ; -17/19	
			12	Приймання на 3 колію	-5/7 ; -17/19	
			13	Приймання на 5 колію	+1/3 ; +5/7	
			14	Приймання на 5 колію	-5/7 ; -17/19	
			15	Приймання на 6 колію	-5/7 ;	
	Напрямок Б	Відправлення	16	Відправлення з II колії	-9/11 ; -21/23	
			17	Відправлення з 4 колії	-9/11 ; -21/23	
			18	Відправлення з 5 колії	-17/19 ;	
			19	Відправлення з 6 колії	-9/11 ; -21/23	

Таблиця 2.1.2.Перелік варіантних поїзних маршрутів станції Бахмач [6]

У таблиці маневрових маршрутів (рис.. 2.4) записуються маневрові маршрути від кожного світлофора до першого попутного маневрового світлофора (наприклад, від М1 до М9), а при відсутності попутного маневрового світлофора – за маневровий світлофор зустрічного напрямку, що обгороджує безстрілочну ділянку (наприклад, від М1 за М7).

Якщо маршрут починається від світлофора, що дозволяє маневри із приймально-відправної колії, то замість літери світлофора в таблиці можна вказати номер колії, з якої він встановлений (наприклад, з II колії до М11) [6-9]

Напрямок		№ маршруту	Найменування маршруту	Стрілки, що визначають напрямок маршруту	Примітка
1		2	3	4	5
Маневрові маршрути	Від світлофора	M1	За світлофор M7		
			До світлофора M9		
			До світлофора M15		
		M3	До світлофора M29		
		M5	До світлофора M9		
			До світлофора M15		
		M7	За світлофор M1		
			За світлофор M3		
		M9	До світлофора M19		
			До світлофора M21		

Таблиця 2.1.3 Приклад переліку маневрових маршрутів [7]

Розробка маршрутизації закінчується складанням таблиці, що показує в компактній формі найважливіші залежності міжмаршрутами, стрілками й світлофорами на станції. Ці залежності в обов'язковому порядку повинні виконуватися для гарантування безпеки пересувань. Тому таблиця залежностей є основним документом як для проектування електричних принципових схем релейної централізації, так і для розробки програмного забезпечення мікропроцесорних систем ЕЦ.

Таблиця залежностей для станції, зображеної на табл. 2.1.4, у повному обсязі являє собою досить об'ємний документ. Тому для розуміння суті таблиці обмежимося окремим її фрагментом, що стосується основних поїзних маршрутів. [1-7]

На відміну від таблиць маршрутів (табл. 2.1.1-2.3) таблиця залежностей додатково містить поле взаємних залежностей маршрутів, розташоване в графі «Маршрути» (табл. 2.1.4). Встановлений маршрут на полі ворожості показується чорним колом, а ворожі маршрути - косими хрестиками.

Напрямок		маршрутівНомера	Найменування маршрутів	Маршрути											
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Б	Приймання	1	На колію II П	•	X	X			X						
		2	“ ” 4 П	X	•	X			X						X
		3	“ ” 3 П	X	X	•	X	X	X					X	
	Відправлення	4	3 колії I П			X	•	X	X						
		5	“ ” 3 П			X	X	•	X						
		6	“ ” 4 П	X	X	X	X	X	•						
А	Відправлення	7	3 колії II П							•	X	X			X
		8	“ ” 4 П							X	•	X			X
		9	“ ” 3 П							X	X	•			X
	Приймання	10	На колію I П									X	•	X	X
		11	“ ” 3 П			X						X	X	•	X
		12	“ ” 4 П		X					X	X	X	X	X	•

Таблиця 2.1.4. Таблиця залежностей маршрутів [7]

До ворожих маршрутів відносяться зустрічні маршрути приймання, приймання й маневрів на ту саму колію, маневрові маршрути на ту саму безстрілочну ділянку, маршрути, до складу яких входять ті самі стрілки в різних положеннях тощо. До неворожих маршрутів відносяться зустрічні маршрути приймання на різні колії, попутні маршрути приймання й відправлення, маршрути відправлення у різних напрямках з однієї й тієї ж колії тощо. [8]

## 2.2 Керування поїздами на основі DTG-R зв'язку

Велика частина зусиль щодо розробки нових систем сигналізації зосереджена на тому, щоб усунути залежність від обладнання, що базується на колії. Загалом цей



тип технології називають керуванням поїздом на основі зв'язку (АЛСН) і в цілому схожий на ETCS рівня 2 або навіть 3, оскільки звичайні колійні схеми не обов'язково потрібні для виявлення поїздів. Якщо поїзди не повідомляють про своє власне місцезнаходження за допомогою тахометрів, доплерівського радара та датчиків, виявлення може бути забезпечено додатково за допомогою комбінацій колійних кіл або за допомогою глобального супутникового позиціонування (GPS) або глобальної навігаційної супутникової системи (GNSS). Ці системи зменшують потребу в системах на основі стаціонарних колій, таких як колійні ланцюги та лічильники осей, і натомість покладаються на комбінацію даних про швидкість поїзда та місцезнаходження разом із GNSS. [12].

Деякі супутникові системи використовують радіоносії даних для передачі інформації про місцезнаходження поїздів на центральні керуючі комп'ютери.

Система Westinghouse Rail Systems (нині Siemens) DTG-R (Distance To Go - Radio), встановлена на лінії Victoria Line лондонського метро, є першим прикладом повної програми АТР, що використовує радіоносії даних у Великобританії і яку планується впровадити на станції Бахмач у рамках модернізації ЕЦ. Система заснована на фіксованому виявленні блок-поїзда з важливою передачею радіо-даних між кожною зоною блокування та поїздом. Вона працюватиме спільно з системою ЕЦ станції та замінить індукційну систему передачі, яка спочатку використовувалася на лінії (рис. 2.2.1).

Система зв'язку між колією та поїздом – це радіо, що використовує блок фіксованого зв'язку (FCU) на колії та бортовий блок мобільного зв'язку в поїзді. Передача здійснюється через колійну антену (ТАСС) і антену в поїзді (МАСС) [12].

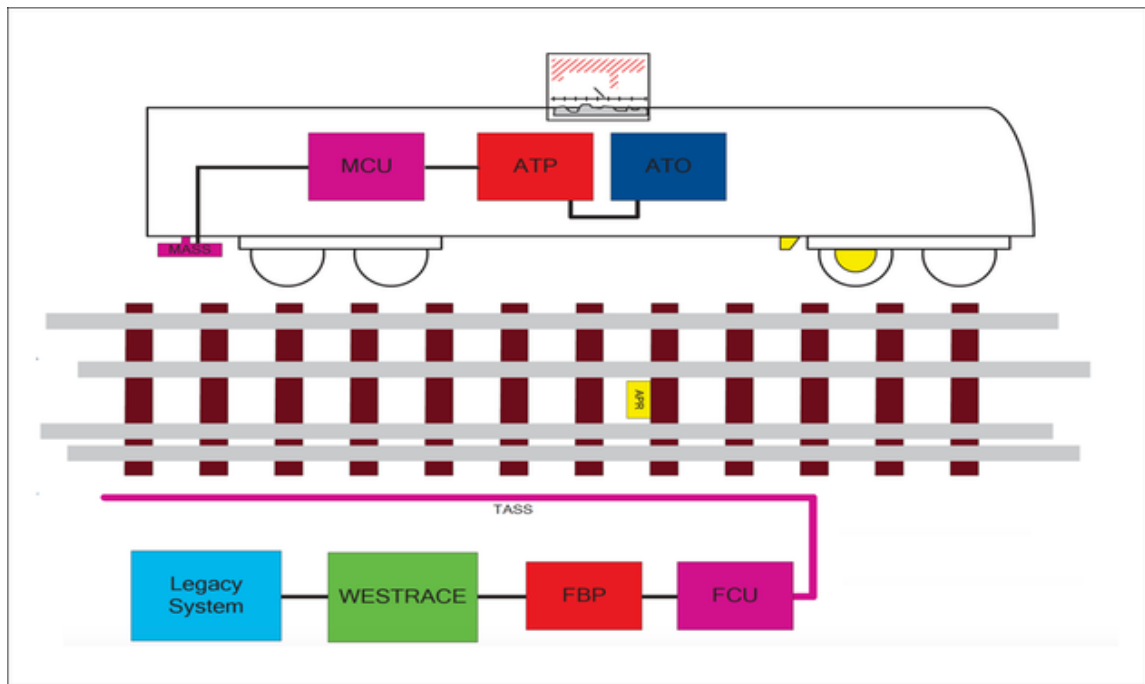


Рис. 2.2.1. Схематична діаграма системи DTG-R. Діаграма IRSE [12]

Система буде накладена на застарілу систему, а взаємозв'язані дані, згенеровані системою ЕЦ, передаватимуться до фіксованого блокового процесора (FBP). Оновлення бортової карти надаються за допомогою приладів абсолютного положення, встановлених на маршруті через регулярні проміжки часу.

У наведених прикладах дані ATP від колії до поїзда передаються за допомогою кодованих колійних кіл, що проходять через рейки. Вона відома як «безперервна» система передачі, оскільки дані передаються до поїзда весь час. Однак це має свої обмеження. Існують втрати передачі на довгих блоках, і це зменшує ефективну довжину колійного кола приблизно до 350 метрів. Обладнання також дороге та вразливе до поганой погоди, електронних перешкод, пошкоджень, тощо. Щоб подолати деякі з цих недоліків, було введено рішення, що використовує тональну дискретну передачу даних з використанням електронних маяків, розміщених з інтервалами вздовж маршруту [9-12].

На схемі (рис.2.2.2) перший маяк для червоного сигналу дає поїзду 2 можливість зупинитися. Поїзд 2 отримує команду зупинки завчасно, щоб зупинився до того, як досягне сигналу. Другий маяк спричиняє аварійну зупинку, якщо поїзд намагається проїхати, поки сигнал показує заборону.

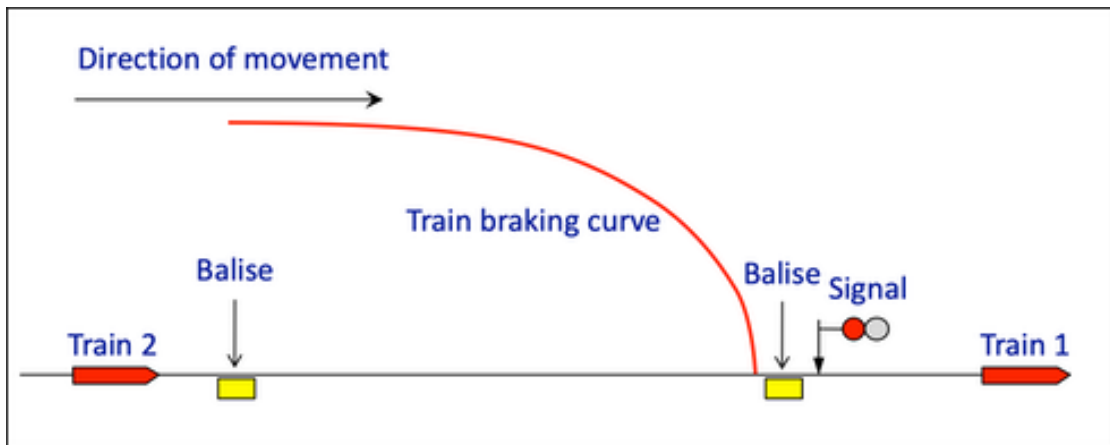


Рис. 2.2.2. Схема використання двох обмежуючих маяків [12]

Недоліком системи радіомаяків є те, що коли поїзд отримав повідомлення про зниження швидкості або зупинку, він зберігатиме це повідомлення, доки не пройде інший маяк або не зупиниться. Це означає, що якщо блок попереду буде звільнено до того, як поїзд 2 досягне точки зупинки, а сигнал зміниться на зелений, потяг все ще матиме повідомлення про зупинку та зупиниться, навіть якщо це не обов'язково. З цієї причини цей тип АТР зазвичай використовується в системах з ручним керуванням.

Щоб уникнути ситуації непотрібної зупинки, можна встановити проміжний маяк або, як показано на рис.2.2.3, петлю заповнення. Це оновлює потяг, коли він наближається до точки зупинки, і скасовує команду зупинки, якщо сигнал зник. За необхідності можна встановити більше одного проміжного маяка.

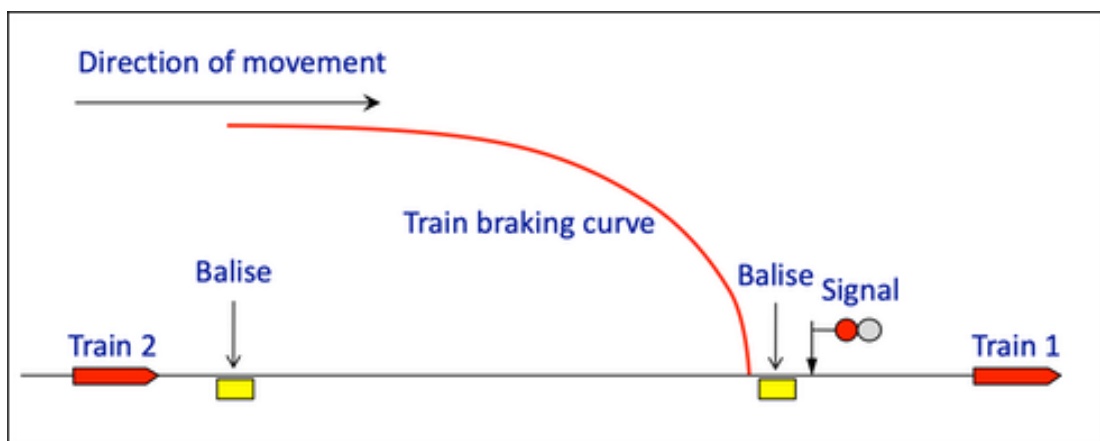


Рис. 2.2.3. Схема встановлення проміжного маяка [12]

### 2.3 Розробка алгоритму керування маршрутами по станції Бахмач

Принципи керування маршрутами визначаються нижченаведеними функціями, які повинні виконуватися будь-якою системою ЕЦ. Функції завдання маршруту:

- 1) переведення стрілок по маршруту в автоматичному (маршрутному) або індивідуальному режимах;
- 2) перевірка умов безпеки руху поїзда по маршруту (нижче буде описано більш докладно);
- 3) замикання стрілок і секцій колії маршруту (далі по тексту «Замикання маршруту»), у результаті чого на час існування маршруту виключається переведення стрілок і одночасне використання в різних маршрутах секцій колії;
- 4) відкриття світлофора [4,5] .

При цьому автоматично вибирається один або декілька дозвільних вогнів на світлофорі відповідно до характеру встановленого й замкнутого маршруту (приймання, відправлення, наскрізне пропускання, маневри). Функції розмикання стрілок і секцій колії маршруту (далі «Розмикання маршруту»):

- 1) автоматичне розмикання маршруту під впливом рухомого складу;
  - 2) неавтоматичне розмикання при скасуванні невикористаного маршруту. При цьому можливі два режими розмикання маршруту:
    - з витримкою часу, якщо рухомий склад до скасування маршруту вже вступив на ділянку перед світлофором;
    - без витримки часу, якщо ділянка перед світлофором до скасування маршруту залишалася вільною;
  - 3) штучне розмикання – неавтоматичне розмикання окремих секцій маршруту, які не розімкнулися автоматично, при проходженні рухомого складу по маршруту.
- Крім перерахованих вище функцій, залежно від умов експлуатації й рівня елементної бази у системах ЕЦ все ширше реалізуються функції автоматизації керування станцією, контролю транспортного процесу й діагностики станційної автоматики. Перейдемо безпосередньо до розгляду принципів керування маршрутами (рис. 2.3.1). У вихідному стані («Початок») всі станційні світлофори

мають заборонні показання. Тому будь-яке пересування можливе тільки при завданні маршруту й відкритті відповідного світлофора. [8]

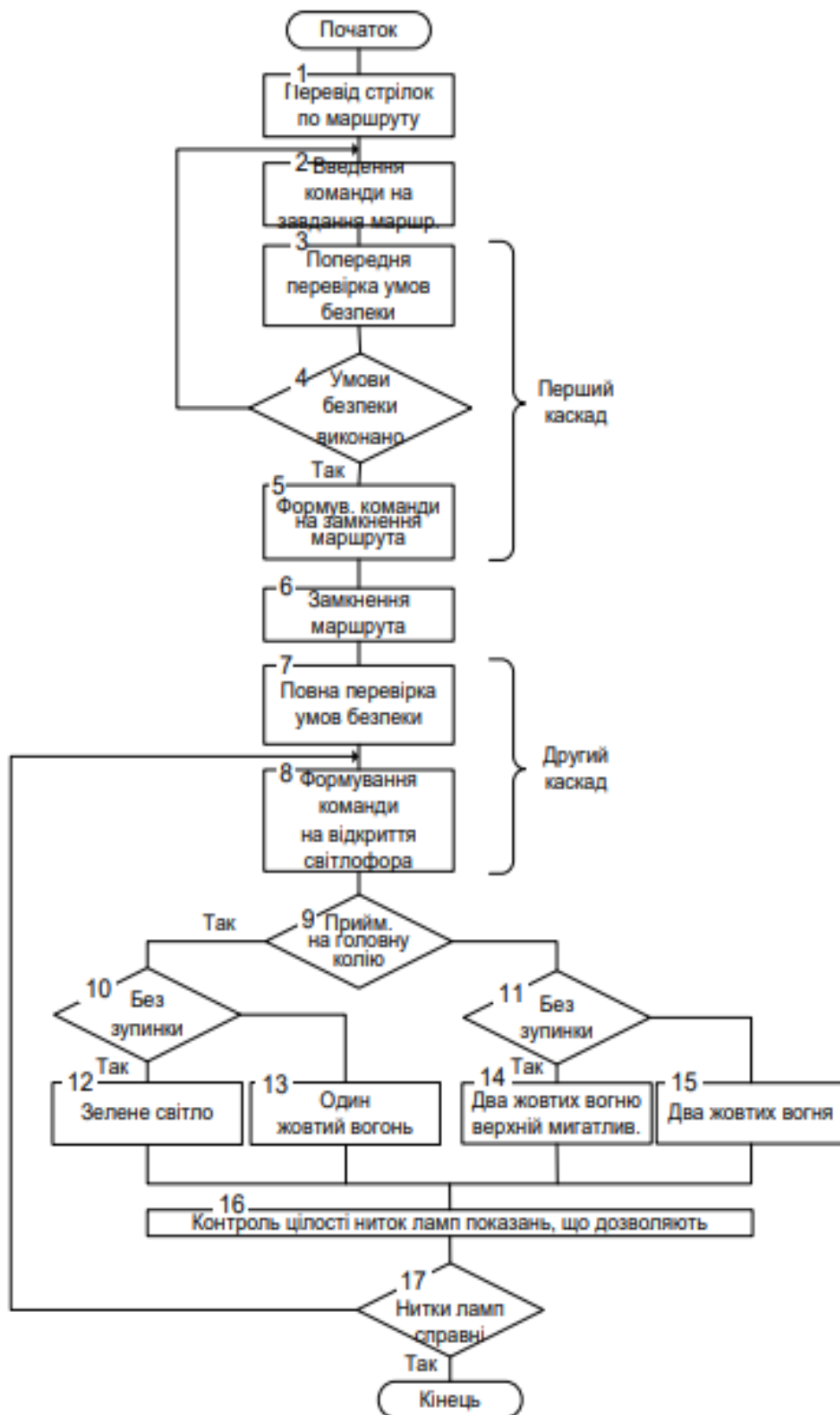


Рис. 2.3.1. Алгоритм керування маршрутами приймання [8]

Суть централізованого завдання маршруту полягає у тому, що пристрої ЕЦ автоматично встановлюють між стрілками, світлофорами й елементами колійного розгалуження такі залежності, які гарантують повну безпеку руху рухомого складу по маршруту й дозволяють увімкнути дозвільний вогонь на відповідному світлофорі. Процес завдання будь-якого маршруту, поїзного і маневрового, будується за двокаскадним принципом. До цих умов, для маршрутів приймання, відносяться:

- 1) правильне положення ходових і охоронних стрілок;
- 2) вільність колійних і стрілочних секцій, які потрібні для маршруту;
- 3) вільність колії приймання;
- 4) відсутність ворожих маршрутів;
- 5) відсутність горіння на світлофорі місячно-білого запрошувального вогню.

Умови 1), 2), 4) контролюються також при завданні маневрових маршрутів і маршрутів відправлення. При завданні маршрутів відправлення додатково контролюється умова відсутності на перегоні господарського поїзда із ключем-жезлом, а також умова вільності не менш однієї блок-ділянки віддалення на перегоні при автоматичному блокуванні або всього перегону при напівавтоматичному блокуванні. Умова 5) контролюється у випадку, коли на вихідному світлофорі передбачений запрошувальний вогонь. . [6-12]

Якщо після попередньої перевірки перераховані вище умови готування маршруту не виконуються (завдання маршруту в цей момент не можливе), то алгоритм повертається у початковий стан.

У протилежному випадку формується команда на замикання маршруту (оператор 5). Замикання маршруту відбувається за окремим алгоритмом (блок оператора 6), що у цьому випадку не розглядається. У другому каскаді, що настає відразу після замикання маршруту, відбувається повний контроль умов безпеки (оператор 5). До нього відносяться умови попередньої перевірки, які контролювалися у першому каскаді, доповнені контролем замкнутого стану маршруту. Необхідність двох каскадів пояснюється тим, що при одному каскаді умови безпеки перевірялися б тільки один раз повністю після замикання маршруту, і

у випадку невиконання хоча б однієї умови завдання маршруту стало б неможливим. При цьому виникла б необхідність у штучному розмиканні. Враховуючи, що такі випадки не були б рідкістю, штучне розмикання маршруту стало б нормальним явищем. Але це не припустимо, оскільки штучне розмикання є відповідальною операцією, яка підлягає суворому обліку. [9]

Після виконання умов другого каскаду, коли гарантується можливість повної безпеки руху поїзда, формується команда на відкриття вхідного світлофора (оператор 8). Вибір дозвільного показання в існуючих системах ЕЦ здійснюється на основі перевірки трьох логічних умов:

- приймання поїзда здійснюється на головну або на бокову колію (оператор 9);
- поїзд прямує по станції без зупинки або із зупинкою (оператори 10 і 11);
- поїзд прямує по боковій колії станції по звичайних або пологих стрілках.

Залежно від умов 1 і 2 (з метою спрощення алгоритму умова 3 не враховується) можливі чотири дозвільні показання вхідного світлофора:

- зелений вогонь (оператор 12) – наскрізний пропуск по головній колії;
- один жовтий вогонь (оператор 13) – приймання на головну колію із зупинкою;
- два жовтих вогні, з яких верхній мигає (оператор 14) – безупинне пропускання по боковій колії;

- два жовтих вогні (оператор 15) – приймання на бокову колію із зупинкою.

Якщо команда на відкриття вхідного світлофора виконана і контрольована цілісність ниток ламп дозвільних вогнів (оператори 16 і 17), то робота алгоритму на цьому закінчується. У протилежному випадку алгоритм зациклюється (вихід «Ні» оператора 17) і світлофор залишається у закритому стані.

На малих станціях знайшла застосування система ЕЦ із центральними залежностями й місцевими джерелами живлення, основними класифікаційними ознаками якої є індивідуальне керування об'єктами й загальне замикання (розмикання) маршрутів. У якості апарата, за допомогою якого черговий по станції може керувати стрілками й світлофорами, використовується уніфікований пульт - табло з точковою індикацією. [10-13]

## РОЗДІЛ 3

### РОЗРАХУНОК ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕМЕНТІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЦЕНТРАЛІЗАЦІЇ

#### 3.1 Розрахунок нормувального пристрою (ОП) датчика

АТАС — це нова радіосистема керування поїздами, яка відстежує місцезнаходження поїздів, що знаходяться в експлуатації, без необхідності колійних ланцюгів і використовує для керування ними радіозв'язок. Інформація збирається за допомогою сучасних датчиків (рис.3.1.1)

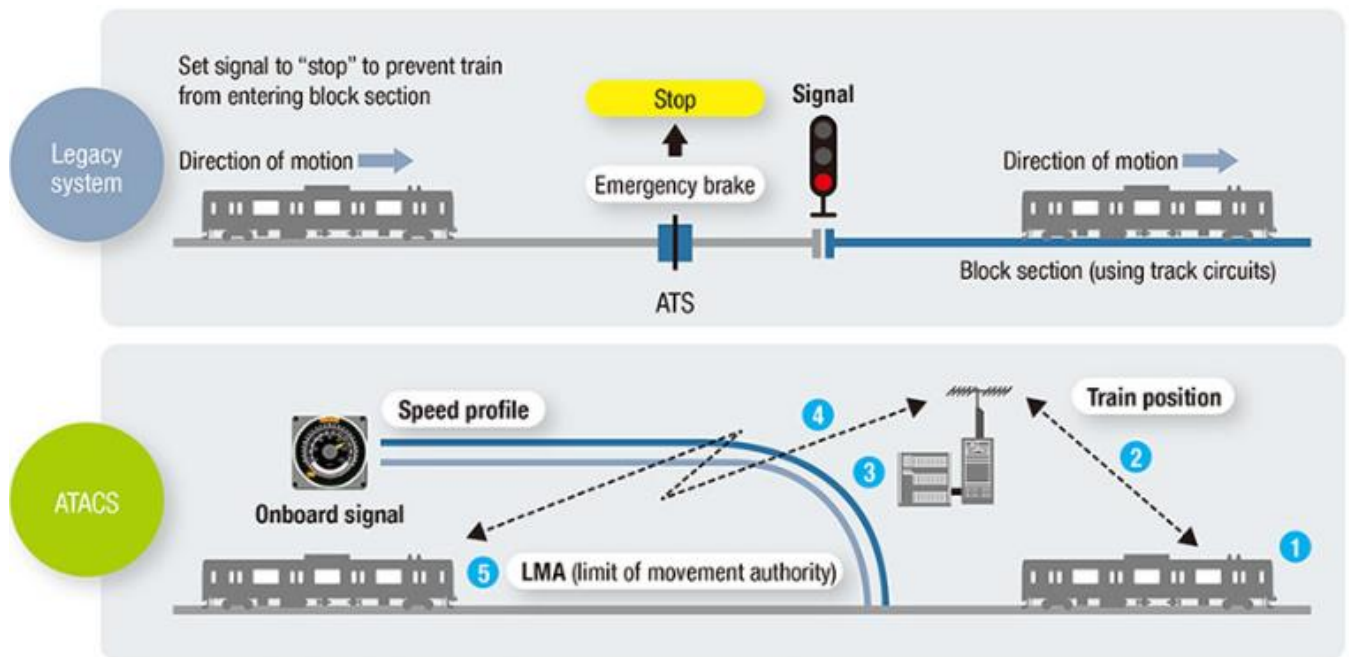


Рис. 3.1.1. Порівняння роботи класичної ЕЦ з АТАС [12]

Зовнішні системи (рис.3.1.2) включають обладнання для спостереження за існуванням поїзда, термінал керування системою та наземний контролер. Залізниці відіграють усе більш важливу роль в інфраструктурі мобільності, а підвищення безпеки під час маневрової роботи є одним із викликів, які виникли разом із покращенням пропускної здатності. Для цього використовують в керуючій частині ЕЦ станцій МК, кодери, декодери та інші цифрові елементи (рис.3.1.3). [10-13]



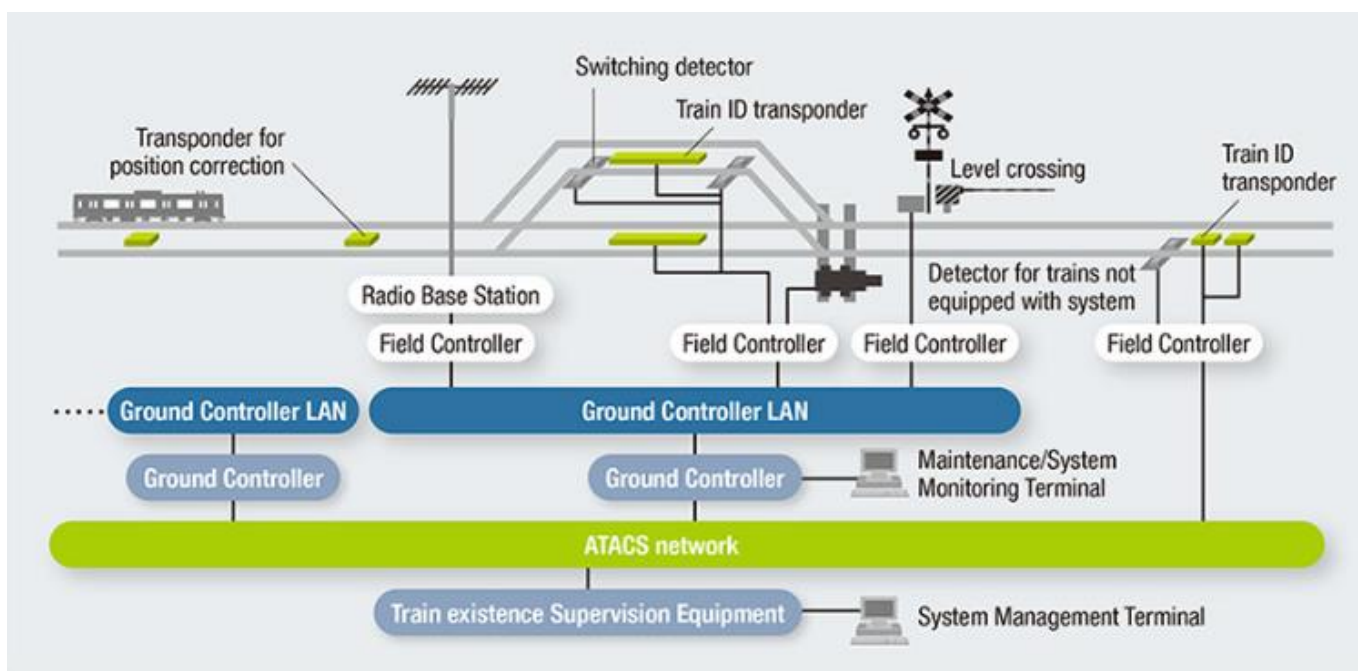


Рис. 3.1.2. Зовнішні системи керують наземним обладнанням [11]

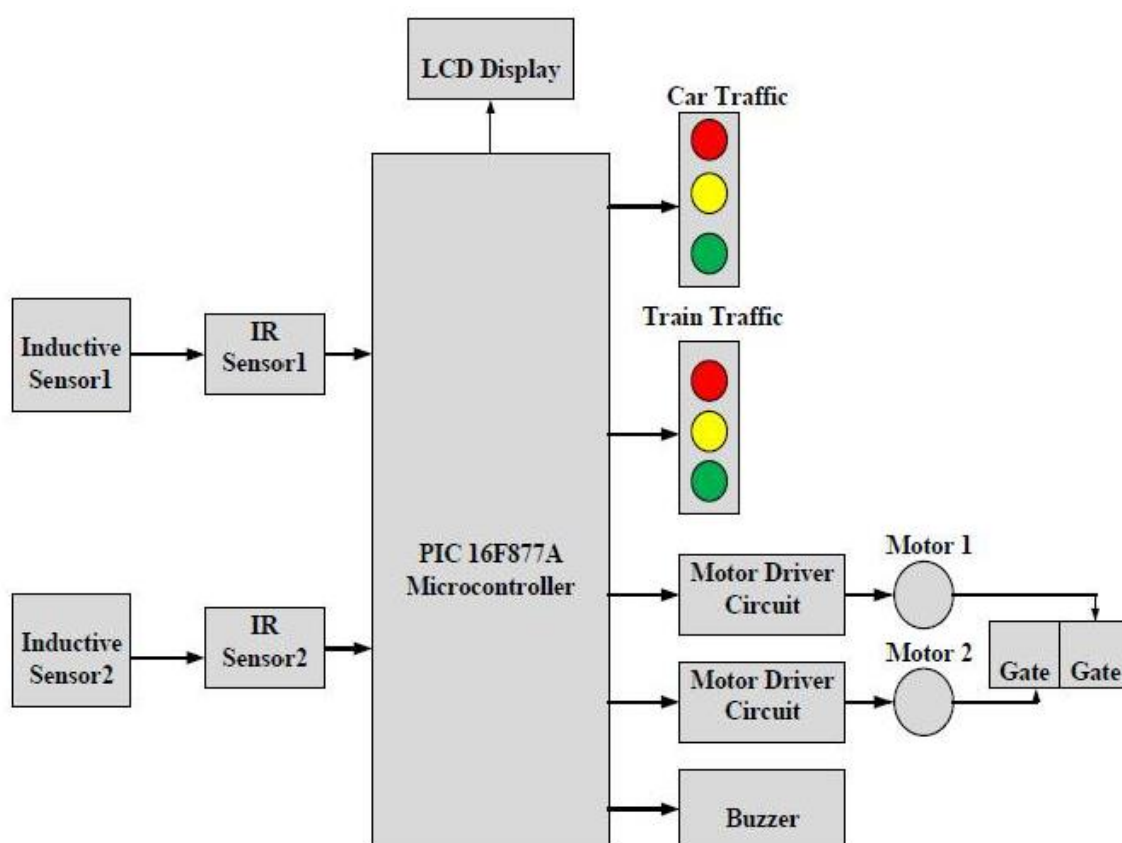


Рис. 3.1.3. Автоматична система керування залізничними шлагбаумом за допомогою МК [12]

Важливість використання датчиків на залізничній станції важко переоцінити. Від їх надійності залежить безпека маневрової роботи та пасажирів залізничного транспорту. [13]

Тому пропонуємо розрахунок параметрів операційного підсилювача (ОП) для датчиків підрахунку колісних пар. Для розрахунку нормувального пристрою сенсора приймаємо за:

- вхідну напругу:

$$U_{ВХ} = 60 / 100 = 0,6 \text{ В.} \quad (3.1)$$

- вихідну напругу:

$$U_{Н} = 79 \approx 80 / 10 = 8 \text{ В.} \quad (3.2)$$

Вважаємо опір навантаження:  $R_{Н} = 2 \text{ кОм}$ . Розрахуємо струм навантаження:

$$I_{Н} = U_{Н} / R_{Н} = 8 / (2 * 10^3) = 4 \text{ мА.} \quad (3.3)$$

Струм вхідного кола:

$$I_1 = 0,04 * I_{Н} = 4 * 0,04 = 0,16 \text{ мА.} \quad (3.4)$$

Коефіцієнт підсилення:

$$K = U_{Н} / U_{ВХ} = 8 / 0,6 = 13,3. \quad (3.5)$$

На рис. 3.4 наведена схема інвертуючого ОП. Розрахуємо  $R_1$  та  $R_2$ :

$$R_1 = U_{ВХ} / I_1 = 0,6 / (0,16 * 10^{-3}) = 3,75 \text{ кОм.} \quad (3.6)$$

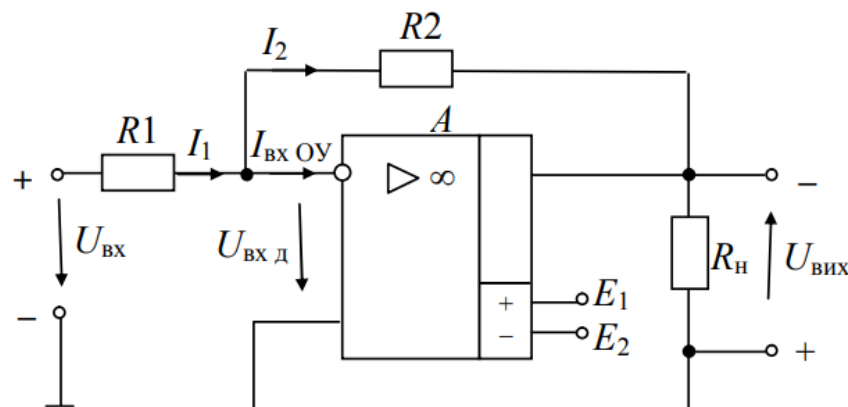


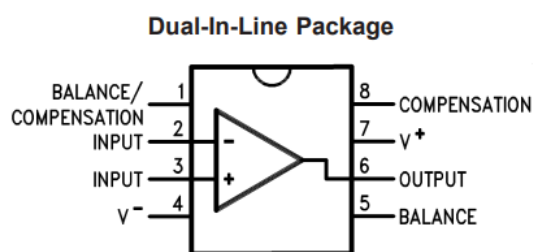
Рис. 3.1.4. Інвертуючий підсилювач напруги [12]

Обираємо резистор  $R_1$  з ряду E24 номіналом 3,9 кОм.

$$R_2 = U_H / I_H = 8 / (4 \cdot 10^{-3}) = 2 \text{ кОм.} \quad (2.7)$$

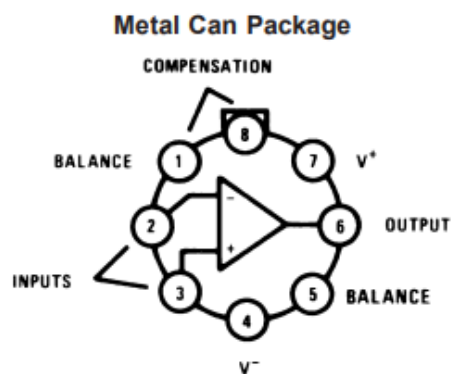
Обираємо резистор  $R_2$  з ряду E24 номіналом 2,2 кОм. Пропонуємо використати ОП типу LM301A (рис.3.1.5 -3.1.7), даташит якого наведено в джерелі [14].

### Connection Diagrams (Top View)



DS007752-4

Order Number LM101AJ, LM101J/883 (Note 1),  
LM201AN or LM301AN  
See NS Package Number J08A or N08E



DS007752-2

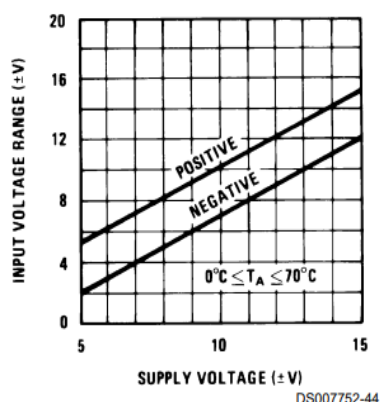
Note: Pin 4 connected to case.

Order Number LM101AH, LM101AH/883 (Note 1),  
LM201AH or LM301AH  
See NS Package Number H08C

Рис. 3.1.5. Схеми підключення LM301AH [14]

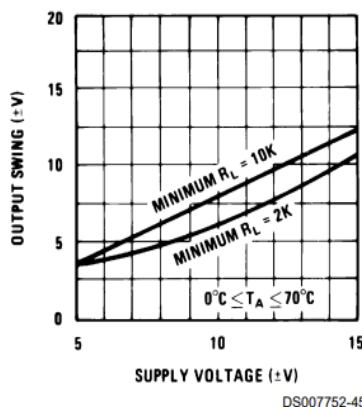
### Guaranteed Performance Characteristics LM301A

#### Input Voltage Range



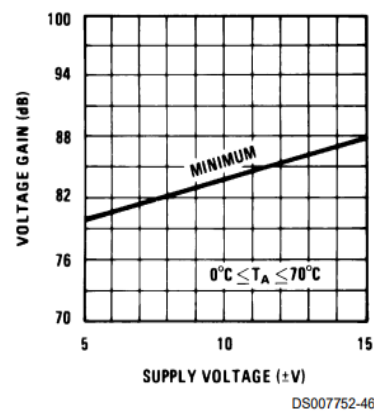
DS007752-44

#### Output Swing



DS007752-45

#### Voltage Gain



DS007752-46

Рис.3.1.6. Довідкові характеристики даташиту LM301AH [14]

Таким чином, коефіцієнт підсилення  $K$  визначається тільки зовнішніми елементами схеми й не залежить від коефіцієнта підсилення операційного підсилювача  $K_{OP}$ . Знак мінус свідчить про інверсію сигналу. За умовчужанням, під коефіцієнтом підсилення розуміють його модуль.

Parameter	Conditions	LM101A/LM201A			LM301A			Units	
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
Input Offset Voltage	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $R_S \leq 50\text{ k}\Omega$		0.7	2.0		2.0	7.5	mV	
Input Offset Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		1.5	10		3.0	50	nA	
Input Bias Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$		30	75		70	250	nA	
Input Resistance	$T_A = 25^\circ\text{C}$	1.5	4.0		0.5	2.0		M $\Omega$	
Supply Current	$T_A = 25^\circ\text{C}$	$V_S = \pm 20\text{V}$		1.8	3.0				mA
		$V_S = \pm 15\text{V}$					1.8	3.0	mA
Large Signal Voltage Gain	$T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_S = \pm 15\text{V}$ $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ , $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	50	160		25	160		V/mV	
Input Offset Voltage	$R_S \leq 50\text{ k}\Omega$			3.0			10	mV	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage	$R_S \leq 50\text{ k}\Omega$		3.0	15		6.0	30	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$	
Input Offset Current				20			70	nA	
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current	$25^\circ\text{C} \leq T_A \leq T_{MAX}$ $T_{MIN} \leq T_A \leq 25^\circ\text{C}$		0.01	0.1		0.01	0.3	nA/ $^\circ\text{C}$	
			0.02	0.2		0.02	0.6	nA/ $^\circ\text{C}$	
Input Bias Current				0.1			0.3	$\mu\text{A}$	
Supply Current	$T_A = T_{MAX}$ , $V_S = \pm 20\text{V}$		1.2	2.5				mA	

Parameter	Conditions	LM101A/LM201A			LM301A			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 15\text{V}$ , $V_{OUT} = \pm 10\text{V}$ $R_L \geq 2\text{ k}\Omega$	25			15			V/mV
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 15\text{V}$	$R_L = 10\text{ k}\Omega$	$\pm 12$	$\pm 14$		$\pm 12$	$\pm 14$	V
		$R_L = 2\text{ k}\Omega$	$\pm 10$	$\pm 13$		$\pm 10$	$\pm 13$	V
Input Voltage Range	$V_S = \pm 20\text{V}$	$\pm 15$						V
	$V_S = \pm 15\text{V}$		+15, -13		$\pm 12$	+15, -13		V
Common-Mode Rejection Ratio	$R_S \leq 50\text{ k}\Omega$	80	96		70	90		dB
Supply Voltage Rejection Ratio	$R_S \leq 50\text{ k}\Omega$	80	96		70	96		dB

**Note 2:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating ratings indicate for which the device is functional, but do no guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.

**Note 3:** For supply voltages less than  $\pm 15\text{V}$ , the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.

**Note 4:** Continuous short circuit is allowed for case temperatures to  $125^\circ\text{C}$  and ambient temperatures to  $75^\circ\text{C}$  for LM101A/LM201A, and  $70^\circ\text{C}$  and  $55^\circ\text{C}$  respectively for LM301A.

**Note 5:** Unless otherwise specified, these specifications apply for  $C_1 = 30\text{ pF}$ ,  $\pm 5\text{V} \leq V_S \leq \pm 20\text{V}$  and  $-55^\circ\text{C} \leq T_A \leq +125^\circ\text{C}$  (LM101A),  $\pm 5\text{V} \leq V_S \leq \pm 20\text{V}$  and  $-25^\circ\text{C} \leq T_A \leq +85^\circ\text{C}$  (LM201A),  $\pm 5\text{V} \leq V_S \leq \pm 15\text{V}$  and  $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$  (LM301A).

**Note 6:** Refer to RETS101AX for LM101A military specifications and RETS101X for LM101 military specifications.

**Note 7:** Human body model,  $100\text{ pF}$  discharged through  $1.5\text{ k}\Omega$ .

Активация Windows

Рис. 3.7. Скріншот електричних параметрів операційного підсилювача LM301A [14]

Перевагою операційних підсилювачів є те, що при використанні симетричного двополярного живлення, якщо сигнал не містить постійної складової, то й вихідний

сигнал також не буде містити постійної складової.

Це суттєво спрощує каскадне з'єднання таких підсилювачів, тому що немає необхідності використовувати розділювальні конденсатори між каскадами. Потрібний коефіцієнт підсилення забезпечують вибором значень опорів R2 [14].

### 3.2 Синтез неповного декодера у автоматичних системах керування

Дешифратори бувають повні та неповні. Повним є дешифратор, який має  $n$  входів і  $2^n$  виходів. [15]. Проведемо синтез неповного дешифратора, номери збуджуючих виходів (номер стрілки) якого є: 3, 6, 10, 11, 13, 14, 15. Таблиця відповідності неповного дешифратора наведена в табл. 3.2.1.

$X_3$	$X_2$	$X_1$	$X_0$	$F_3$	$F_6$	$F_{10}$	$F_{11}$	$F_{13}$	$F_{14}$	$F_{15}$
0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1

Таблиця 3.2.1 Таблиця відповідності неповного дешифратора

Мінімізацію визначених функцій проведемо за допомогою карти Карно (рис. 3.2.1).

$X_0 X_1$		$X_2 X_3$			
		00	01	11	10
$X_2 X_3$	00			$F_3$	
	01		$F_{10}$	$F_{11}$	
	11		$F_{14}$	$F_{15}$	$F_{13}$
	10		$F_6$		

Рис. 3.2.1 Карта Карно для неповного дешифратора

За картою Карно запишемо кінцеві рівняння:

$$F_3 = \bar{X}_2 \bar{X}_3$$

$$F_6 = X_2 \bar{X}_3$$

$$F_{10} = \bar{X}_2 \bar{X}_0$$

$$F_{11} = \bar{X}_2 X_0 X_3$$

$$F_{13} = \bar{X}_1 X_0$$

$$F_{14} = \bar{X}_0 X_2 X_3$$

$$F_{15} = X_0 X_1 X_2$$

Знайдені функції використовуються для побудови схеми дешифратора, наведеної на рис.3.2.2 Вона складається з дво-, три-, чотири вхідних логічних елементів І, тобто в цьому випадку використовуються елементи І з меншим числом входів. [16, 17].

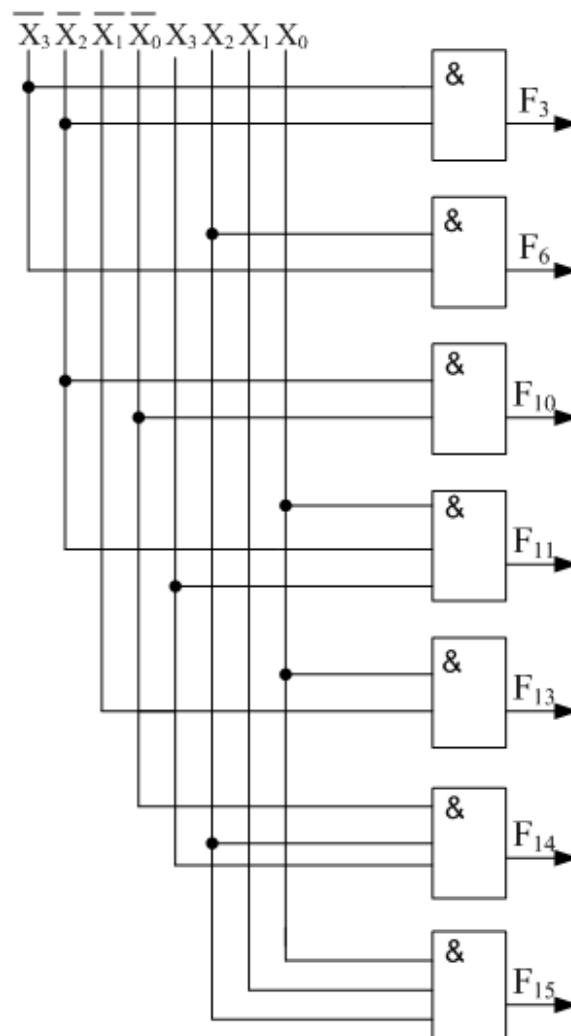


Рис. 3.1.2. Схема неповного дешифратора номери збуджуючих виходів якого є: 3, 6, 10, 11, 13, 14, 15.

## ВИСНОВКИ

1. Під час виконання кваліфікаційної роботи було зібрано та проаналізовано інформацію про будову колії, кількість світлофорів, стрілок тощо станції м. Бахмач, систему ЕЦ для станції

2. Для належної організації маневрової роботи по станції м. Бахмач було досвід організації маневрової роботи за кордоном та в Україні та запропоновано таблицю переліку основних поїзних маршрутів, перелік варіантних поїзних та маневрових маршрутів, таблицю залежностей маршрутів відповідно до діючих норм і вимог ПТЕ.

3. Запропоновано відповідно до вимог, які пред'являються до систем ЕЦ, алгоритми керування стрілками та керування маршрутами приймання по м. Бахмач.

4. Розраховано параметри інвертуючого ОП для датчика підрахунку колісних пар по станції:  $U_{ВХ} = 0,6 \text{ В}$ ;  $U_{Н} = 8 \text{ В}$ ;  $I_{ВХ} = 0,16 \text{ мА}$ ,  $I_{Н} = 4 \text{ мА}$ , розраховали та обрали номінальні значення резисторів:  $R_1$  з ряду E24 номіналом  $3,9 \text{ кОм}$  та  $R_2$  з ряду E24 номіналом  $2,2 \text{ кОм}$ . Пропонуємо в якості ОП використати мікросхему LM301A. Таким чином, коефіцієнт підсилення  $K$  визначається тільки зовнішніми елементами схеми й не залежить від коефіцієнта підсилення операційного підсилювача  $K_{ОП}$ .

5. Визначено, що залізничне сполучення відіграє важливу роль в інфраструктурі мобільності, і для підвищення безпеки та надійності під час маневрової роботи для та покращення пропускну здатності станції, доцільно використовувати в керуючій частині ЕЦ станцій МК, кодери, декодери та інші цифрові елементи. Тому запропоновано синтез неповного дешифратора, номери збуджуючих виходів якого є: 3, 6, 10, 11, 13, 14, 15 на логічних елементах І-НЕ, який використовується для формування заданого маршруту по станції за заданих умов.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.electronicshub.org/automatic-railway-gate-controller/> - Automatic Railway Gate Controller, дата доступу: 02.03.2023 р.
2. <https://www.electroduino.com/automatic-railway-gate-control-system-using-arduino-ir-sensor/> - Automatic Railway Gate Control System Using Arduino, IR Sensor, дата доступу: 09.03.2023 .
3. <https://readwrite.com/the-penetration-of-artificial-intelligence-in-indian-railways/> - Feasibility of Artificial Intelligence in Indian Railways, дата доступу: 10.03.2023 р.
4. Правила технічної експлуатації залізниць України. Київ. 2003р. 133с.
5. Інструкція з сигналізації на залізницях України . Київ. 2009р. 160с.
6. <https://impulse.ua/index.php/ua/mpts-ua/> МПЦ-У – Система мікропроцесорної централізації, дата доступу: 04.04.23 р.
7. Mirovec, B.; Kocijancic, S. A USB-based data acquisition system designed for educational purposes. Int. J. Eng. Educ. 2004, 20, 24–30
8. Управління експлуатаційною роботою. Графік руху поїздів: навч. посібник / А. В. Прохорченко, О. А. Малахова, Г. М. Сіконенко та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2021. – 262 с.
9. Інструкція з розрахунку наявної пропускної спроможності залізниць України ЦД-0036. Затв. наказом Укрзалізниці від 14.03.2001 р. № 143/Ц. Київ: Транспорт України, 2002. 375 с.
10. Методичні вказівки з розрахунку норм часу на маневрові роботи, які виконуються на залізничному транспорті. Затв. наказом Укрзалізниці від 25.03.2003 р. № 073-ЦЗ. Київ: Транспорт України, 2003. 81 с.
11. Vromans M. J. C. M. Reliability of Railway Systems / The Erasmus Research Institute of Management (ERIM). 2005. 245 p.
12. Stability evaluation of a railway timetable at station level / Xavier Delorme, Xavier Gandibleux, Joaquin Rodriguez. European Journal of Operational Research. 2009.



Vol. 195 (Iss. 3). P. 780-790.

13. Інструкція з обліку і аналізу виконання графіка руху пасажирських, приміських і вантажних поїздів (ЦД–ЦЧУ–0024). Затв. наказом Укрзалізниці від 18.11.2010 р. № 747-Ц. Київ, 2010..

14. <https://pdf1.alldatasheetru.com/datasheet-pdf/view/8594/NSC/LM301.html>. – Даташит LM101, дата доступу: 25.04.23р.

15. Матвієнко М.П. Комп'ютерна логіка/ Матвієнко М.П. К: «Ліра-К», 2012 - 286с.

16. Матвієнко М.П. Проектування цифрових пристроїв/ Матвієнко М.П. К: «ЛіраК», 2018 - 364с.

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