

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

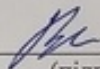
Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка


до кваліфікаційної роботи
на здобуття освітнього ступеня магістр

на тему: Модернізація автошлагбаумів залізничних переїздів
за освітньою програмою «Системи керування рухом поїздів»
зі спеціальності: 273 «Залізничний транспорт»

Виконав: студент групи СК2221

 / Василь БЕШЛЮЄВ /
(підпис студента)

Керівник: доцент кафедри АТ

 / Тетяна СЕРДЮК /
(підпис керівника)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень
з праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент


(підпис студента)

Дніпро – 2024 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technology
Faculty of Computer Technologies and Systems
Department of Automation and Telecommunication

Explanatory Note

to Master's Thesis

master

(higher education degree)

on the topic: Modernization of automatic barriers at railway crossings
according to educational curriculum «Train traffic control systems»

in the Specialty: 273 Railway transport

Done by the student of the group: CK2221

/Vasyl BESHLIUIEV/

Scientific Supervisor: Associate Professor

/ Tetiana SERDIUK /

Dnipro – 2024

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Комп'ютерних технологій і систем
Кафедра: Автоматика та телекомунікації
Рівень вищої освіти: Магістр
Освітня програма: Системи керування рухом поїздів
Спеціальність: 273 Залізничний транспорт

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТ

_____ **Володимир ГАВРИЛЮК**

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

« _____ » _____ 202__ р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу _____ магістра
(ступінь вищої освіти)

студенту Бешлюєв, Василь Олександрович
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: Модернізація автошлагбаумів залізничних переїздів

Керівник роботи: Сердюк Тетяна Миколаївна, к.т.н., доцент
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від _____ " 21 " 11 2022 р. № 1151 ст

2. Строк подання студентом роботи: 15.01.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1. Аналіз залізничних переїздів і шляхи підвищення функціональної безпеки в пристроях СЦБ

4.2. Математична модель електродвигуна постійного струму з постійними магнітами

4.3. Особливості обладнання переїздів на залізничних ділянках з прискореним і швидкісним рухом

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Класифікація технічних засобів авто шлагбаумів залізничних переїздів;

Статистика дорожньо-транспортних пригод на переїздах за 2010-2022 рр;

Математична модель двигуна постійного струму з постійними магнітами;

Переїзди високошвидкісним магістралей

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Аналітична частина	Сердюк Т.М	01.09.2023	
Основна частина	Сердюк Т.М.	01.09.2023	

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ (Актуальність. Мета роботи. Методи дослідження. Практична значення отриманих результатів)	15.09.2023	10%
2	Розділ 1. Аналіз залізничних переїздів і шляхи підвищення функціональної безпеки в пристроях СЦБ	01.10.2023	20%
3	Розділ 2. Математична модель електродвигуна постійного струму з постійними магнітами	05.11.2023	25%
4	Розділ 3. Особливості обладнання переїздів на залізничних ділянках з прискореним і швидкісним рухом	15.12.2023	25%
5	Висновки	15.12.2023	20%
6	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.2023	
7	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	24.01.2024	100%

Студент

_____ (підпис)

Василь БЄШЛЮЄВ

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Тетяна СЕРДЮК

_____ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

62 сторінок, 11 рисунок, 4 таблиць, 21 джерел літератури.

Об'єкт розробки – автошлагбауми залізничних переїздів.

Мета роботи – моделювання і розробка методики проектування електроприводів автошлагбауму на основі двигунів постійного струму за еквівалентною схемою заміщення.

Методи дослідження – теорія електротехніки, теорія електричних кіл залізничної автоматики і лінії, теорія автоматичного управління.

У першому розділі виконано аналіз сучасних методів контролю та методів підвищення функціональної безпеки в пристроях СЦБ.

У другому розділі удосконалено математичну модель електродвигуна постійного струму з постійними магнітами, який пропонується використовувати замість існуючих приводів СЛ-571к і АИР 56В4Б43 в автошлагбаумах залізничних переїздів.

В третьому розділі показано особливості залізничних переїздів на залізничних ділянках з прискореним і швидкісним рухом.

Висновок. Запропоновано модернізований варіант автошлагбауму з електродвигунами постійного струму і постійними магнітами в якості обмотки збудження.

Ключові слова: АВТОШЛАГБАУМ, ЗАЛІЗНИЧНИЙ ПЕРЕЇЗД, ДВИГУН ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ (ДП з ПМ), ПЕРЕЇЗНА СИГНАЛІЗАЦІЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДІВ І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В ПРИСТРОЯХ СЦБ.....	9
1.1. Залізничні переїзди як один із методів перетинання залізниць	9
1.2 Експлуатаційний стан переїзної автоматики.....	16
1.3 Вимоги безпеки залізничних переїздів і автошлагбаумів.....	21
1.4 Методи контролю засобів переїзної сигналізації	25
1.5. Категорії, габарити та норми при встановленні пристроїв переїзної сигналізації.....	27
1.6. Технічне обслуговування залізничних переїздів.....	31
1.7 Висновки до розділом.....	34
2 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ.....	36
2.1 Двигун постійного струму з постійними магнітами	36
2.2 Розробка методики визначення параметрів двигуна постійного струму з постійними магнітами за паспортними даними	40
2.3 Перевірка удосконаленої математичної моделі на адекватність	45
2.4. Висновки за розділом.....	49
3 БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ ПІД ЧАС РОБОТИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	50
3.1. Залізничні переїзди зі скорим і прискореним рухом	50
3.2 Забезпечення довжини сповіщення наближення поїзда до переїзду.....	53
3.3. Висновки за розділом	57
ВИСНОВОК.....	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	60

ВСТУП

Актуальність. Залізничні переїзди відіграють важливу роль у транспортно-логістичній мережі залізниць будь-яких країн. Вони забезпечують системне та безпечне регулювання транспортних потоків на перехрестях із залізницями на одному рівні. Збільшення маси поїздів до 7-12 тис. т., запровадження швидкісних поїздів, повсюдне використання великовагових автомобільних тягачів із вагою напівпричепів до 40-60 т. внесли істотні зміни до часових інтервалів роботи автоматичної переїзної сигналізації. У зв'язку зі збільшеним потоком автотранспорту та інтенсивністю руху поїздів ситуація із забезпеченням безпеки на переїздах останніми роками стала особливо гострою. Однією з основних причин порушення безпеки є те, що суттєво зріс час закритого стану переїзду через те, що збільшилася довжина ділянки наближення. Водії автомобілів, які заздалегідь прогнозують тривалу стоянку біля закритого переїзду, або вже значний час чекають на відкриття переїзду, небезпечно маневруючи, намагаються об'їхати опущений шлагбаум або проїхати на вогонь переїзного світлофора, що забороняє. При цьому необхідно відзначити, що важливу роль відіграє психологічний фактор: водії неадекватно оцінюють ступінь ризику, за невидимості поїзда, що наближається до переїзду, і не можуть розрахувати час його прибуття до переїзду. Тому до основних причин порушення безпеки на переїзді належать: 86% – проїзд світлофорів, що забороняють; 12% – об'їзд водіями шлагбаумів.

Існуючі системи не інформують водіїв про час до приходу поїзда на переїзд, відсутня інформація про напрям руху поїзда до переїзду, про поїзну ситуацію на переїзді - про одночасний рух поїздів іншими шляхами при русі поїзда ближньою колією, т.к. він закриває видимість інших шляхів. Крім того, у них жорсткий алгоритм управління – при вступі на рейкове коло поїзда, дискретно

відбувається закриття переїзду для руху автомобілів, незалежно від швидкості поїзда.

Одним із науково-технічних пріоритетів визначено підвищення рівня безпеки виробничих процесів та експлуатаційної готовності, а одним із завдань, спрямованих на досягнення поставленої мети є «Розробка комплексу технічних засобів для різних класів залізничних переїздів, які забезпечують підвищений рівень захисту, безперервний моніторинг».

Тому тема магістерської роботи, яка пов'язана із модернізацією автошлагбаумів залізничних переїздів є *актуальною науково-технічною задачею*.

Мета магістерської роботи полягає у моделюванні і розробці методики проектування електроприводів автошлагбауму на основі двигунів постійного струму із паралельним збудженням і від постійних магнітів за еквівалентною схемою заміщення. Ця методика спрямована на підвищення електротехнічних характеристик електроприводів автошлагбаумів залізничних переїздів.

1. АНАЛІЗ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПЕРЕЇЗДІВ І ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ В ПРИСТРОЯХ СЦБ

1.1 Залізничні переїзди як один із методів перетинання залізниць

Автоматичні шлагбауми є необхідним елементом на переїздах залізниць, доповнюючи автоматичну світлофорну переїзду сигналізацію. В закритому стані вони блокують в'їзд транспортних засобів на переїзд, перекриваючи проїжджу частину дороги загороджувальним брусом. При наближенні поїзда автошлагбаум спочатку подає заборонний сигнал, а потім, після закінчення 7-8 секунд (час подачі сигналів світлофорам), брус починає повільно опускатися протягом 10 секунд. Цей час необхідний для звільнення місця для проходження транспортного засобу та опущення бруса в горизонтальне положення.

На залізницях України використовуються автоматичні шлагбауми 26065У.00.00, які вироблялися до 1986 року, мають вагу 511 кг; АШ-06 вагою 260 кг, та ПАШ-1 вагою 220 кг. Для них використовуються електричні двигуни постійного струму паралельного збудження типу СЛ-571К з щітково-колекторним механізмом. Однак це обмежує їхню довговічність та може бути джерелом радіоперешкод. Важливо відзначити, що двигун виходить з-під контролю, якщо струм індуктора падає до нуля. Характеристики таких двигунів включають корисну потужність 95 Вт, напругу 24 В (+5 / -0%), частоту обертання 2200 об/хв, робочий струм 2,5 А, максимальний момент на вихідному валу 165 Н·м, струм при роботі електродвигуна на фрикцію не більше 8,4 А.

Для пристроїв переїзної сигналізації автошлагбаумів використовуються асинхронні трифазні двигуни з короткозамкненим ротором типу АИР 56 В4Б. Напруга живлення - змінний струм 220/380 В (+5 / -10%), 50 Гц. Характеристики електродвигуна при підйомі бруса включають струм не більше 1 А та потужність 180 Вт, частоту обертання 1350 об/хв. Проте асинхронні

двигуни мають свої недоліки, такі як малий пусковий момент, зменшення обертового моменту при збільшенні швидкості, низький коефіцієнт потужності та значний пусковий струм. Додатково, схеми управління використовують двигун як однофазний для ПАШ-1 і трифазний для АШ-06.

Ступінь розробленості теми дослідження. Питання теорії та практики створення автоматизованих систем управління рухом на залізничних переїздах та забезпечення безпеки функціонування систем інтервального регулювання поїздів розроблено у працях відомих учених Брилеєва А.М., Кравцова Ю.А., Лісенкова В.М., Бестем'янова П.Ф. І.В., Сапожнікова В.В., Сапожнікова Вл. Ст, Годяєва А.І., Алексєєва В.М., Котляренко Н.Ф., Гаврилюка В.І., Возняка О.М. та ін. Аналіз літературних джерел показує, що вирішення зазначеної в роботі проблеми здійснюється за рахунок модернізації різних компонентів комплексу автоматичної переїзної сигналізації. До них можна віднести значну глибину дослідження принципу керування сигналізацією з жорстким алгоритмом функціонування із фіксованою довжиною ділянки наближення. Спроба зміни довжини ділянки наближення та, відповідно, часу очікування залежно від швидкості поїзда методами зондування рейкових ліній короткими імпульсами нашоувхується на технічну складність системи з невисокою надійністю. Оскільки завдання підвищення безпеки на залізничних переїздах особливо актуальне і, з урахуванням того, що наявні теоретичні та практичні розробки недостатньо повно вирішують завдання з мінімізації часу закритого стану переїздів, особливо своєчасні роботи, присвячені вирішенню локальних завдань з безперервного визначення координати та швидкості поїзда. і, відповідно, управління переїзною сигналізацією за алгоритмом мінімального часу закритого стану

Залізничні переїзди є найпоширенішим типом перетину залізниць з автомобільними дорогами.

Основними видами залізничних переїздів є ті, де залізниця перетинає головну дорогу і ті, де залізниця перетинає бічну дорогу, паралельну головній дорозі.

Залізничні переїзди можуть бути небезпечними, якщо:

- погана видимість до сигнального дисплея або поїздів, що наближаються;
- керування рухом неадекватне;
- автомобілі стоять у черзі на коліях через пробки;
- не вистачає пішохідних зон;
- тротуар не обслуговується;
- залізниця знаходиться на віражах, що призводить до нерівного дорожнього покриття;
- сигнальне обладнання розташоване надто близько до дороги.

Ризик на залізничних переїздах залежить від типу залізниці, швидкості поїзда, частоти руху поїздів та схеми переїзду. Вищий пріоритет модернізації та більш досконалі заходи контролю будуть потрібні для магістральних залізниць, основних приміських залізниць, доріг з інтенсивним рухом, великої кількості вантажівок та автобусів та несприятливих схем перетину.

Залізничні переїзди можна контролювати за допомогою пасивних або активних систем. Пасивні системи управління забезпечують попередження за допомогою символів та лінійної розмітки. Вони не реагують на присутність поїзда, що наближається.

Системи активного управління дорожнім рухом попереджають учасників дорожнього руху про поїзди, що наближаються. Це попередження складається з миготливих вогнів, змінних попереджувальних знаків та звуків (у поєднанні зі статичними елементами управління, такими як знаки та розмітка тротуару), які спрацьовують при наближенні поїздів з використанням детекторів.

Інший рівень активного контролю досягається за рахунок встановлення бар'єру між транспортними засобами чи пішоходами та поїздами. Це робиться

за допомогою електромеханічних пристроїв, таких як пішохідні ворота, автомобільні шлагбауми, які використовуються у поєднанні з іншими активними та пасивними елементами керування.

Залізничні переїзди можуть бути обслуговуються та необслуговуються. На переходах, що обслуговуються, шлагбауми можуть керуватися вручну, з місцевим управлінням або автоматично. У разі безпілотних систем активного управління вони повинні супроводжуватися детекторами перешкод, камерами спостереження, камерами контролю, виділеними телефонами та гучномовцями тощо. Також бажано відображення номера телефону служби екстреної допомоги та ідентифікаційного номера переходу.

Можуть використовуватися повні або напівбар'єри, залежно від можливої відповідності та необхідного рівня стримування транспортних засобів, пішоходів чи тварин. Слід приділити належну увагу тому, щоб не застрягти на переході транспортний засіб або користувачі, що збився з шляху.

Переїзди з поділом рівнів є найбезпечнішим видом залізничних переїздів. Поділ рівнів - дуже дорогий варіант, який включає будівництво естакади чи підземного переходу для поділу залізничних колій та дороги. В інших випадках дорога може бути змінена, щоб покращити видимість на нерегульованих залізничних переїздах.

Знаки, маркування, посилене попередження та розмежування повинні систематично встановлюватись відповідно до місцевого контексту. Це може бути комбінація:

Знаки залізничного переїзду (перехресні знаки), знаки "Стоп", розмітка "Стоп", інформаційні знаки та знаки обмеження зупинки

Знаки «Готуйся до зупинки», які попереджають знаки для повітряних кабелів.

Знаки обмеження швидкості та заходи щодо зниження швидкості

Розмежування або фізичні заходи для запобігання обгону транспортних засобів на переході. Сигнали світлофора, що включають червоні миготливі вогні, камери червоного світла. Проблискові маячки для посилення попереджувальних та інформаційних знаків. Звукові сигнали для пішоходів. Освітлення дороги.

Перспективи модернізації авто шлагбаумів залізничних переїздів: створення системи управління огорожувальними пристроями з удосконаленим алгоритмом функціонування, що враховує координату та швидкість поїзда на ділянці наближення, і водіям, що оперативно надають інформацію про поїзну ситуацію на переїзді, є актуальним науково-технічним завданням і має важливе народно-господарське значення.

Практика демонструє наявність деяких недоліків у використанні переїздів, зокрема в обмеженні їх використання лише на ділянках, де присутні чергові, які можуть забезпечити надійну роботу механізмів підняття та опускання металевих плит [1, 2]. Серед інших важливих технічних заходів щодо забезпечення безпеки відзначається капітальний ремонт переїздів та заміна використовуваних на них технічних засобів. Окрім капітального ремонту, на переїздах також виконуються протиаварійні роботи в господарстві колії.

На залізничних ділянках приймаються заходи щодо підвищення технічного обладнання переїздів. До таких технічних пристроїв, які встановлюються на переїздах, належать, передусім, всі пристрої переїздної автоматики, призначені для вирішення різних завдань:

- подача на переїзд повідомлення про наближення поїзда та контроль вільного стану переїзду від рухомого складу;

- завчасне сповіщення водіїв про наявність переїзду та небезпеку заняття його транспортним засобом;

- запобігання несанкціонованому виїзду транспортних засобів на переїзд у небезпечній близькості до рухомого складу;

- огородження переїзду з боку залізниці;
- виявлення на переїзді завад для руху поїзда;
- контроль справного стану пристроїв переїздної автоматики [3].

Залежно від алгоритму функціонування апаратури при подачі сповіщення про наближення поїзда розрізняють системи з фіксованою довжиною ділянки наближення та з фіксованим постійним часом сповіщення. У першому випадку сповіщення на переїзд подається з моменту вступу поїзда на ділянку наближення, вибір довжини якої суттєво впливає на безпеку руху та пропускну здатність переїзду. Розрахункова довжина ділянки наближення визначається з умови забезпечення часу сповіщення, достатнього для повного звільнення переїзду транспортним засобом, який вступив на нього в момент увімкнення переїздної сигналізації.

Подача сповіщення на переїзд здійснюється при наближенні до нього поїзда, який рухається в будь-якому напрямку, незалежно від спеціалізації колій та напрямку дії колійного блокування. Відкриття переїзду для руху автотранспорту на одноколійних і двоколійних залізничних ділянках при прямуванні поїзда правильною або неправильною колією здійснюється після проходження всього складу за переїзд для встановленого напрямку руху. При прямуванні поїзда у не встановленому напрямку переїзд відкривається після проходження складу за ділянку наближення зустрічного напрямку.

Класифікацію технічних засобів авто шлагбаумів залізничних переїздів дає рис.1.1 [3].

Зараз на магістральному залізничному транспорті України переважно використовуються системи з фіксованою довжиною ділянки наближення. Це пояснюється простотою та відносно низькою вартістю їхньої апаратної реалізації та застосуванням алгоритмом управління. Однак значущим недоліком цього підходу є відсутність контролю за фактичною швидкістю та прискоренням наближаючого поїзда.

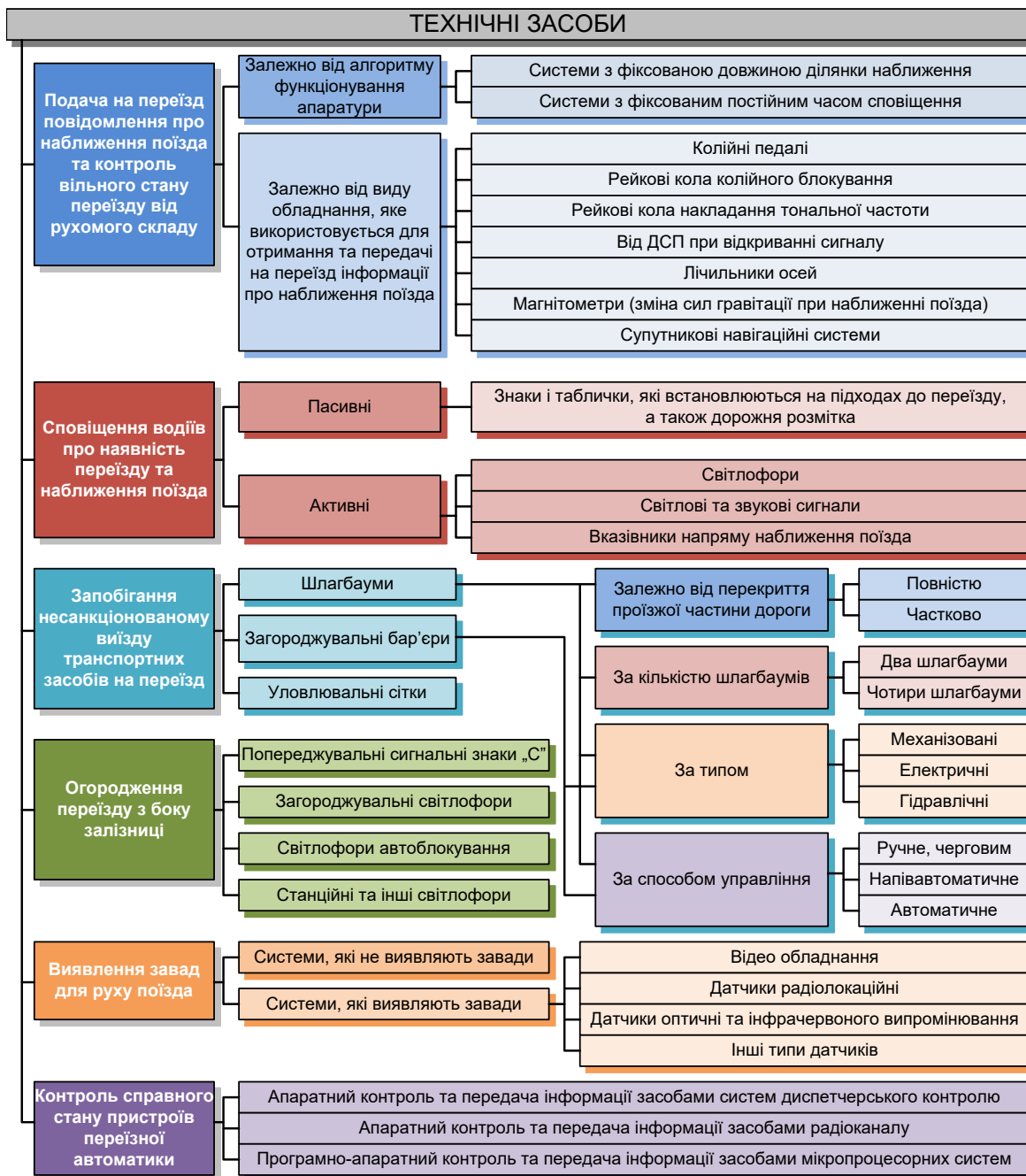


Рисунок 1.1 – Класифікація технічних засобів авто шлагбаумів залізничних переїздів

Це призводить до зайвої тривалості закриття переїзду в тих випадках, коли швидкість поїзда на ділянці наближення нижча максимальної або коли змінюється напрямок руху поїзда в межах цієї ділянки.

Вказаний недолік спричиняє подовження часу закриття переїзду, що, в свою чергу, викликає збільшення очікування автотранспорту перед закритим переїздом. Це може призвести до втрат часу та матеріальних збитків, а також має негативний вплив на безпеку дорожнього руху. Дослідження підтверджують, що занадто тривалий час закриття переїзду стимулює деяких водіїв порушувати правила руху, подолаючи переїзд незважаючи на сигнали, що може призвести до серйозних аварій в окремих випадках.

1.2. Експлуатаційний стан переїзної автоматики

Час, введення прискореного руху пасажирських поїздів вимагає від Державної адміністрації залізничного транспорту України підвищити безпеку руху, особливо на перетинах залізничних шляхів із автомобільними дорогами (залізничні переїзди).

На думку деяких науковців, безпека функціонування транспорту є одним з найважливіших компонентів національної безпеки.

Травматизм на залізничних переїздах – актуальна проблема забезпечення безпеки залізничного руху. Серед місць зосередження випадків травматизму на залізничному транспорті лідирують залізничні переїзди.

Британське відомство з безпеки та стандартизації на залізницях дорогах (RailSafety & Standards, RSSB) розробило модель оцінки ризиків з точки зору безпеки (SRM), яка враховує 122 фактори небезпеки від найпростіших (падіння) до важких (сход з рейок або зіткнення поїздів), які можуть призвести до подій з травмами або фатальними наслідками.

Найбільш поширеними причинами колізій на переїздах є помилки водіїв авто, порушення водіями правил дорожнього руху та інші (рис. 1.2). Близько 80% ДТП трапляються на переїздах без чергового працівника, обладнаних сигналізацією [3].

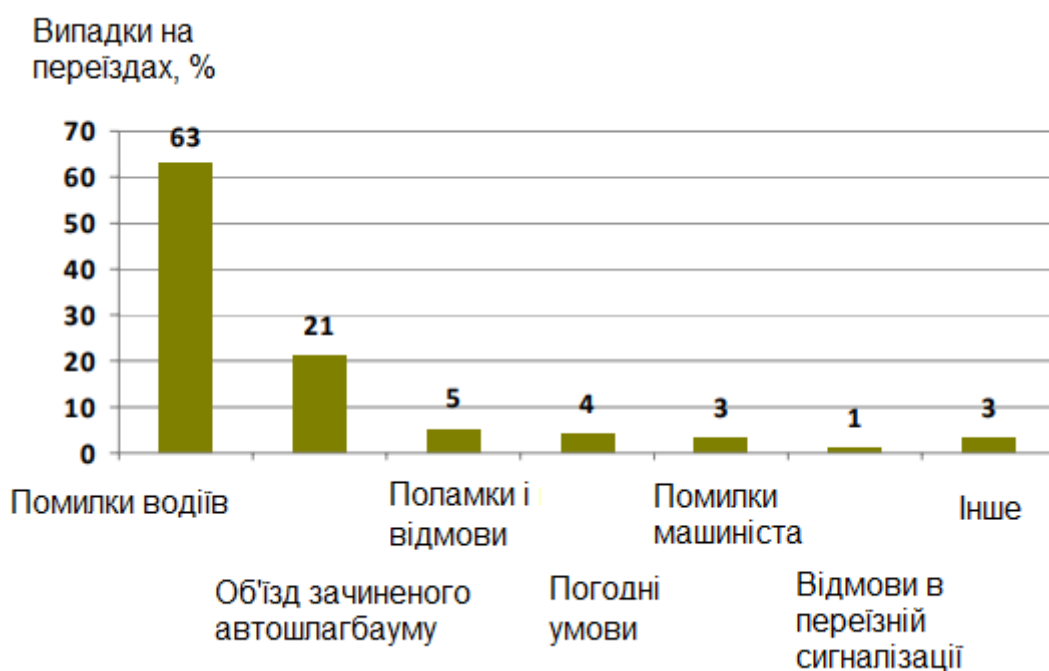


Рисунок 1.2 – Найбільш поширені випадки на переїздах

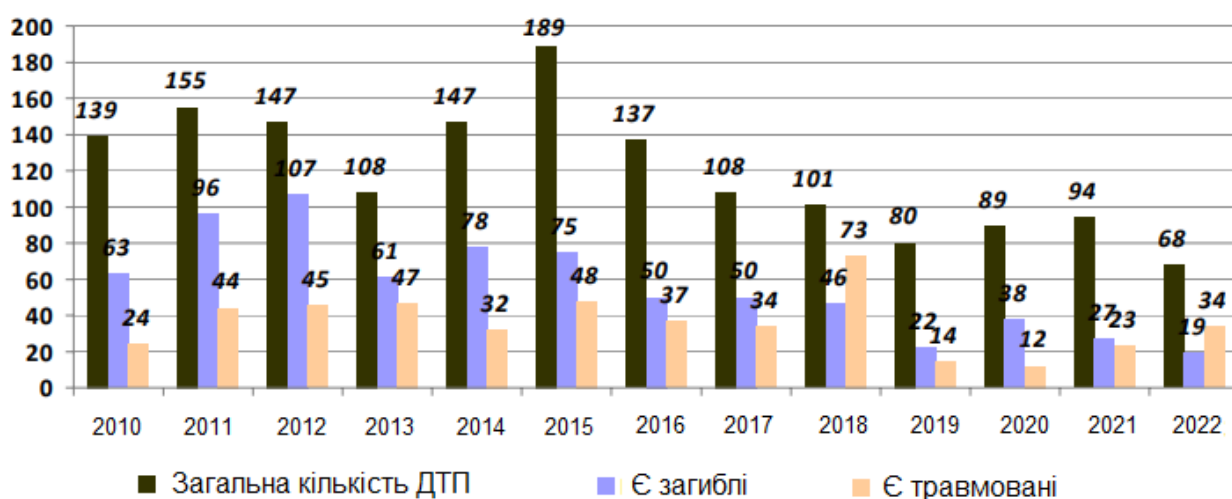


Рисунок 1.3 – Статистика дорожньо-транспортних пригод на переїздах за 2010-2022 рр.

Протягом 2023 року залізничні переїзди в Україні продовжували залишатись місцями підвищеної аварійності. Минулого року статистику підвела "Укрзалізниця": "На жаль, маємо і сумну статистику: протягом 2023 року на об'єктах Укрзалізниці сталося 63 дорожньо-транспортні пригоди, в яких 10

людей загинули та ще 10 отримали травми", - йдеться у повідомленні. "Кожна транспортна пригода на залізниці - це затримки у русі поїздів, запізнення тисяч пасажирів, тривала психологічна реабілітація локомотивних бригад, але найстрашніше - чиєсь життя та здоров'я", - зазначили в "Укрзалізниці" [5].

Залізничний переїзд може перебувати в наступних експлуатаційних станах [6-13]:

1. Переїзд відкритий для руху як автодорожніх транспортних засобів, так і для руху поїздів, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки справні (вихідний стан).

2. Переїзд відкритий для руху поїздів, закритий для руху автодорожніх транспортних, вільний від автодорожніх транспортних засобів, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки справні (стан нормального (безпечного) пропуску поїздів).

3. Переїзд закритий як для руху автодорожніх транспортних засобів, так і для руху поїздів через застряглий на переїзді автодорожній транспорт, переїзна апаратура залізничної автоматики і телемеханіки справні (стан повного закриття переїзду для руху).

4. Переїзд закритий як для руху автодорожніх транспортних засобів, так і для руху поїздів, переїзна апаратура залізничної автоматики і телемеханіки несправна (захисна відмова переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки);

5. Переїзд відкритий для руху поїздів, закритий для руху автодорожнього транспорту, але зайнятий автодорожнім транспортним засобом, який не встиг покинути його зону, переїзна апаратура залізничної автоматики і телемеханіки справна (стан контрольованого пропуску автодорожнього транспортного засобу).

6. Переїзд відкритий для руху поїздів, закритий для руху автодорожнього транспорту, переїзна апаратура залізничної автоматики і телемеханіки несправна (стан не контрольованого пропуску поїзда).

7. Переїзд відкритий для руху як автодорожніх транспортних засобів, так і для руху поїздів, переїзна апаратура залізничної автоматики і телемеханіки несправна (небезпечний стан).

Переїзна апаратура залізничної автоматики і телемеханіки повинна за встановленим технічним регламентом рівнем безпеки організувати виконання таких функцій щодо забезпечення безпеки руху поїздів при реалізації переважного права проходження поїздів через регульований переїзд:

1. Функція контролю вільності (зайнятості) поїздами ділянок наближення (видалення):

а) на регульованих переїздах, розташованих на перегонах залізничної лінії реалізується шляхом застосування декількох (не менше чотирьох) незалежних датчиків, що фіксують наявність поїзда в зоні переїзду;

б) на регульованих переїздах, розташованих на станціях залізничної лінії, обладнаних системами централізації стрілок і світлофорів, реалізується за допомогою технічних засобів цих систем.

2. Функція огороження переїзду з боку автомобільної дороги світлофорами. Реалізується шляхом установки перед переїздом з боку автодороги спеціальних переїзних світлофорів. Переїзні світлофори управляються або автоматично відповідними пристроями управління, або за командою операторів, керівних рухом поїздів на ділянці залізничної лінії, або черговим по переїзду. Сигнали світлофорів забороняють проходження переїзду автодорожнім транспортом при вступі поїзда на відповідну ділянку наближення до переїзду.

3. Функція загородження переїзду з боку автомобільної дороги шлагбаумами. Реалізується шляхом установки на переїзді автоматичних,

напівавтоматичних або електричних шлагбаумів. Шлагбауми управляються або автоматично відповідними пристроями управління, або по команді операторів, які керуються рухом поїздів на ділянці залізничної лінії, або черговим по переїзду. Бруси шлагбаумів додатково оснащуються сигнальними ліхтарями і світлоповертаючими пристроями, зверненими убік автомобільної дороги.

4. Функція загородження переїзду з боку автомобільної дороги пристроями загородження від несанкціонованого в'їзду автодорожніх транспортних засобів. Реалізується шляхом установки на переїзді з боку автодороги пристроїв загородження від несанкціонованого в'їзду на переїзд транспортного засобу, який управляється автоматично відповідними пристроями управління, або командами операторів, які керують рухом поїздів на залізничній ділянці, або черговим по переїзду.

5. Функція огороження переїзду з боку залізничних колій. Реалізується шляхом установки перед переїздом з боку залізничних колій спеціальних загороджувальних світлофорів, які управляються або відповідними автоматичними пристроями, або за командами операторів, керівних рухом поїздів на ділянці залізничної лінії, або черговим по переїзду;

6. Функція контролю вільності переїзду від автодорожніх транспортних засобів. Реалізується шляхом установки на переїзді відповідних датчиків контролю, оснащених пристроєм управління, або візуально черговим по переїзду.

7. Функція вимірювання швидкості і прискорення поїзда, що наближається до переїзду. Реалізується шляхом установки на залізничних коліях у зоні переїзду відповідних датчиків і пристроїв обробки надходять від них інформації.

8. Функція зв'язку переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки з іншими засобами залізничної автоматики і телемеханіки і операторами, керівними рухом поїздів на цій ділянці залізничної лінії. Реалізується шляхом

створення спеціальних лінійних кіл, що пов'язують переїзну апаратуру залізничної автоматики і телемеханіки з іншими засобами залізничної автоматики і телемеханіки, а також з операторами, керівними рухом поїздів на цій ділянці залізничної лінії;

9. Функція повідомлення учасників дорожнього руху про початок процедури закриття переїзду. Реалізується шляхом установки на переїзді пристрої дзвінкової сигналізації.

10. Функція інформування пішоходів, які по пішохідній доріжці перетинають переїзд, про наближення поїзда. Реалізується шляхом установки на переїзді пристрої мовного інформатора.

11. Функція контролю стану переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки. Реалізується шляхом оснащення переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки відповідними датчиками і засобами індикації.

1.3. Вимоги безпеки залізничних переїздів і автошлагбаумів

Одним із факторів, який визначає безпеку руху автотранспорту через переїзд є стан залізничного покриття. Чинне положення про технічні умови, яким повинні відповідати перетину залізничних ліній з дорогами загального користування та їх розташування, на жаль, не визначає вимог та будівельних норм щодо дорожнього покриття в районі переїзду, зосереджуючись лише на вимогах у галузі геометрії колії, шлагбаумів, світлофорів, освітлення та умов видимості.

Настил переїздів може бути залізобетонною, дерев'яною та гумокордової конструкції. Рекомендації Інструкцій [6-13] про те, що на переїздах I та II категорій перевагу необхідно віддавати більш прогресивним типам настилу не є достатніми.

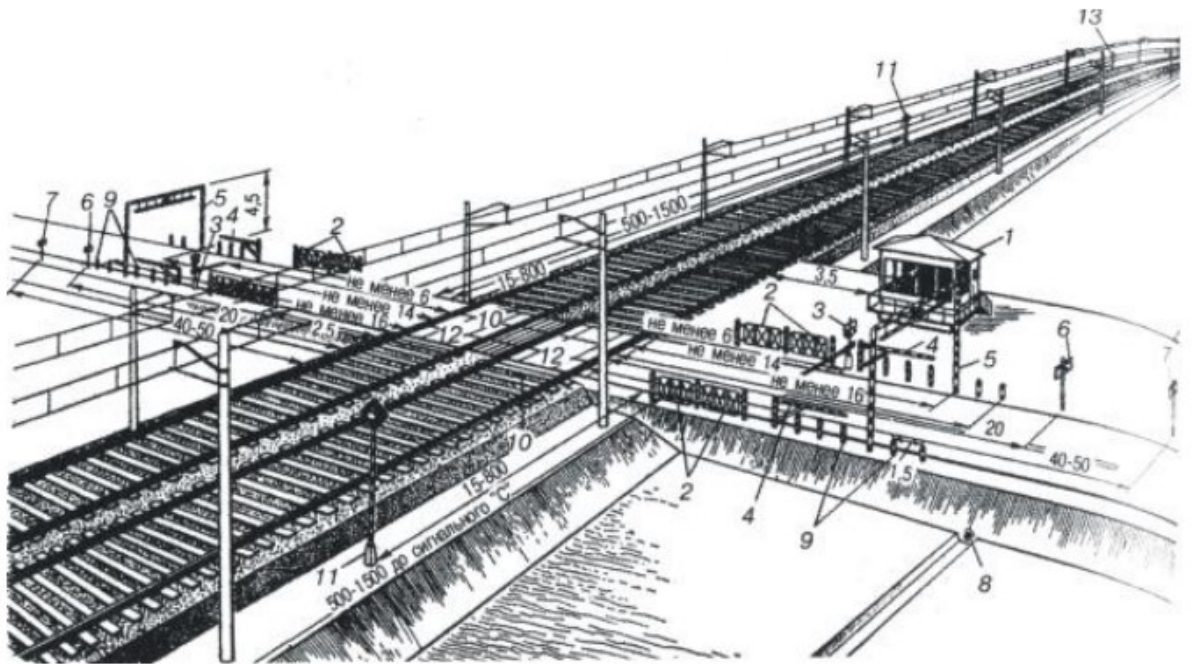


Рисунок 1.4 – Залізничний переїзд I-II категорій: 1 – приміщення переїзного посту; 2 – перила; 3 – автомобільний шлагбаум; 4 – запасні ручні шлагбауми; 5 – габаритні ворота; 6 та 7 – попереджувальні знаки; 8 – водопропускна труба; 9 – огорожувальні стовпчики; 10 – трубка для переносних сигналів; 11 – світлофор; 12 – настил; 13 – сигнальний знак

Залізничний переїзд повинен забезпечувати безпеку наступних функцій і їх реалізовувати [6-13]:

1. Знову розроблений засіб повинен виконувати свої функції у всіх передбачених при його розробці і проектуванні умовах і режимах, не створюючи при цьому перешкод для функціонування як інших переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки, так і решти об'єктів інфраструктури залізничної лінії.

2. Конструкція технічних засобів, призначених для розміщення безпосередньо біля залізничних колій (надольних пристроїв), повинна забезпечувати вимоги габариту рухомого складу і габариту наближення споруд.

3. Якщо проектом обладнання переїзду залізничної лінії засобами залізничної автоматики і телемеханіки передбачено застосування раніше розроблених і виготовлених засобів (надалі - відомих засобів), то повинні виконуватися наступні вимоги щодо забезпечення їх експлуатаційної сумісності з іншими пристроями і системами:

а) обладнання залізничного переїзду засобами залізничної автоматики і телемеханіки повинно здійснюватися згідно з його видом, відповідно до переліку і порядку, встановлених Федеральним органом виконавчої влади в галузі транспорту, в оптимальному поєднанні функцій, які виконуються засобами залізничної автоматики і телемеханіки;

б) при наявності у відомих засобів залізничної автоматики і телемеханіки функцій, що перешкоджають виконанню іншими переїзними засобами залізничної автоматики і телемеханіки передбачених для них операцій, виконання яких у відомих засобах повинно бути заблоковано за умовами найбільшої відповідності цілям проекту;

в) за наявності у відомих засобах залізничної автоматики і телемеханіки функцій, які дублюють функції інших переїзних пристроїв залізничної автоматики і телемеханіки. Такі функції у відомих засобах повинні використовуватися як інструмент резервування, за винятком випадку, коли таке дублювання знижує ефективність комплексу переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки. В останньому випадку виконання дублюючих функцій повинно бути заблоковано за умовами найбільшої відповідності цілям проекту, із забезпеченням можливості зняття блокування при настанні незворотного захисного стану відповідного засобу залізничної автоматики і телемеханіки, які до цього виконували зазначені функції;

г) обладнання переїздів знову розробленими переїзним засобами залізничної автоматики і телемеханіки повинно здійснюватися із забезпеченням їх

інформаційної сумісності з діючими на даній ділянці залізничної лінії засобами залізничної автоматики і телемеханіки;

д) в конструкції технічних засобів залізничної автоматики і телемеханіки, які відповідно до проекту, повинні бути механічно з'єднані між собою, повинна бути передбачена можливість такого з'єднання;

4. Переїзний засіб залізничної автоматики і телемеханіки має бути розроблений і виготовлений таким чином, щоб у всіх передбачених проектом умовах і режимах роботи, при дотриманні всіх вимог, встановлених в його експлуатаційній документації, забезпечувалася відповідність цих засобів такому: засіб залізничної автоматики і телемеханіки повинний дозволити реалізацію однією або декількох функцій щодо забезпечення безпеки руху поїздів протягом встановленого для нього терміну служби.

5. Одиночна відмова і (або) збій, послідовність відмов або накопичена сукупність відмов технічних і (або) програмних переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки, помилкові дії операторів, які керують рухом поїздів, або чергового по переїзду, які можуть переводити цей засіб в небезпечний стан, повинні виявлятися з встановленою при проектуванні ймовірністю до настання небезпечної відмови. Після виявлення такої відмови і (або) збою, послідовності або сукупності відмов, помилкових дій, переїзний засіб залізничної автоматики і телемеханіки має переходити в необоротний захисний стан.

6. Коефіцієнт готовності переїзного засобу залізничної автоматики і телемеханіки будь-якого виду повинен бути не менше 0,94.

7. Значення середнього напрацювання на відмову переїзного засобу залізничної автоматики і телемеханіки будь-якого виду, за умови дотримання періодичності його технічного обслуговування та ремонту, встановлених у відповідній технічній документації, повинно бути не менше 25 000 год.

8. При переході переїзного засобу залізничної автоматики і телемеханіки будь-якого виду в непрацездатний стан, повинна бути забезпечена можливість

відновлення його працездатності протягом часу, що не перевищує одну годину з урахуванням наступних часових складових:

- а) сповіщення про порушення його нормальної роботи;
- б) пошуку місця дефекту;
- в) доставки технічних та (або) програмних засобів, необхідних для усунення дефекту; опробування відремонтованого засобу;
- г) оформлення виконавцем відповідної документації.

9. Середній термін служби переїзного засобу залізничної автоматики і телемеханіки будь-якого виду повинен бути не менше 15 років.

10. Інтенсивність небезпечних відмов переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки, при виконанні ними встановлених проектом функцій, повинен бути не більше $1 \cdot 10^{-9}$ 1 / год.

1.4. Методи контролю засобів переїзної сигналізації

Контроль відповідності переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки вимогам безпеки повинен проводитись методами, що дозволяють з достатнім рівнем повноти та достовірності підтвердити відповідність системи цим вимогам [6-10]. Технологія та організація методів контролю, а також залучення до них відповідних коштів повинні враховувати прийняту послідовність розробки [11-13].

Основними методами контролю є:

- а) оцінка відповідності пристрою і його складових частин вимогам безпеки у формах експертиз регламентованої документації (проектної, конструкторської, технологічної, програмної, експлуатаційної).

Експертизи проводяться з цілями:

- виявлення видів загроз безпечного стану пристрою і (або) його складових частин (у тому числі види небезпечних відмов);

- вивчення причин, механізмів, умов виникнення та розвитку з метою визначення можливості прийняття оперативних рішень або відповідних заходів захисту;

- вивчення наслідків відмов шляхом якісного оцінювання можливого збитку при його виникненні;

- визначення критичних елементів, тобто таких елементів, відмова яких може за несприятливих обставин перевести пристрій і (або) його складову частину з безпечного стану в небезпечне;

- визначення переліку пристроїв і (або) його складових частин, при відхиленні яких від заданих значень виникають або розвиваються небезпечні процеси. Оцінці піддається кожна складова частина пристрою. Дослідження кожного відхилення встановлених параметрів від заданих значень проводяться як в прямому напрямку (тобто до яких наслідків ці відхилення можуть привести), так і у зворотному напрямку (тобто які можуть бути причини виникнення цих відхилень);

- формування правил поведінки персоналу в аварійних ситуаціях, обумовлених можливими відмовами системи, і внесення цих правил в експлуатаційну документацію;

- проведення аналізу можливих помилок персоналу при експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті пристрою і (або) його складових частин, оцінка можливих наслідків таких помилок, розробки людино-машинних інтерфейсів, спрямованих на зведення до мінімуму потенційного збитку внаслідок помилки оператора;

- оцінки результатів випробувань пристрою і його складових частин на всіх стадіях і етапах їх життєвого циклу.

- аналіз результатів кількісної оцінки безпеки виконуваної на передпроектних стадіях, на стадіях технічної пропозиції, ескізного, технічного і робочого проектування;

в) оцінка відповідності пристрою і його складових частин вимогам безпеки у формах випробувань (автономні, комплексні, в реальних умовах експлуатацію).

Автономним випробуванням піддаються окремі елементи системи, у тому числі і програмні компоненти. За результатами цих випробувань визначається відповідність отриманих характеристик цих елементів необхідним значенням, а також готовність переходу до етапу комплексних перевірок [3, 6-13].

Комплексні випробування можуть бути розпочаті з групою засобів, що утворюють автономну підсистему, з постійним нарощуванням складу засобів до повного комплекту, відповідної випробовуваної системі. Комплексні випробування в основному спрямовані на:

- перевірку взаємодії між собою частин програм і апаратури інтегрованих на даному етапі розробки,
- оцінку ефективності системи захисту від збоїв і відмов апаратних засобів,
- перевірку роботи системи контролю та локалізації відмов,
- можливості реконфігурації системи і забезпечення захисного стану,
- перевірку роботи системи при зовнішніх впливах.

Експлуатаційні випробування проводяться з метою підтвердження заявлених вимог в реальних умовах і режимах експлуатації, технічного обслуговування і ремонту [10].

1.5. Категорії, габарити та норми при встановленні пристроїв переїзної сигналізації

Переїзди поділяються за місцем розташування: на переїзди загального користування (розташовані на перетині залізничних колій загального користування з автомобільними дорогами загального користування) і не загального користування (розташовані на перетині залізничних колій з автомобільними дорогами окремих підприємств чи організацій).

Перетин залізничних колій у межах території підприємств (складів, депо, елеваторів тощо) і станцій дорогами, призначеними для забезпечення технологічного процесу роботи даного підприємства, відносяться до технологічних проїздів та обліку як переїзди не підлягають. Безпека руху рухомого складу та транспортних засобів на них забезпечується адміністрацією підприємства.

Переїзди, за інтенсивністю руху ними поїздів і автотранспорту, діляться на чотири категорії.

До I категорії належать переїзди, які розташовані на перетинах:

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 16 поїзд./добу та автомобільних доріг з інтенсивністю більше 7 000 авт./добу (у розрахунках інтенсивності руху через переїзд поїздів та транспортних засобів береться сумарна кількість їх за добу в обох напрямках руху);

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 100 поїзд./добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 3 000 авт./добу;

залізничних колій з рухом поїздів зі швидкістю більше 120 км/год незалежно від інтенсивності руху транспортних засобів.

До II категорії належать переїзди, які розташовані на перетинах:

залізничних колій з інтенсивністю руху до 16 поїзд./добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 7 000 авт./добу;

станційних та під'їзних колій і автомобільних доріг з інтенсивністю руху більше 7 000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 17...100 поїзд./добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3 001...7 000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 100 поїзд./добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 1 001...3 000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 200 поїзд./добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 201...1 000 авт./добу.

До III категорії належать переїзди, які розташовані на перетинах:

залізничних колій з інтенсивністю руху до 16 поїзд./добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3 001...7 000 авт./добу;

станційних та під'їзних колій і автомобільних доріг з інтенсивністю руху 3 001...7 000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 17...100 поїзд./добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 1 001...3 000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху 101...200 поїзд./добу та автомобільних доріг з інтенсивністю руху 201...1 000 авт./добу;

залізничних колій з інтенсивністю руху більше 200 поїзд./добу і автомобільних доріг з інтенсивністю руху до 200 авт./добу.

До IV категорії належать усі інші переїзди.

Усе сказане подано у вигляді табл. 1.1. Переїзди, на яких інтенсивність руху транспорту не охоплена в табл. 1.1, відносяться до IV категорії.

Таблиця 1.1 – Залежність категорії переїздів від інтенсивності руху транспорту

Інтенсивність руху		Автомобілів за добу				
		до 200	201–1000	1001–3000	3001–7000	більше 7000
Поїздів за добу	до 16	IV	IV	IV	III	II
	17–100	IV	IV	III	II	I
	101–200	IV	III	II	I	I
	більше 200	III	II	II	I	I
Швидкість більше 120 км/год		I	I	I	I	I

Рейкова колія. У межах переїздів, розташованих на прямих ділянках колії, різниця в рівнях головок рейок суміжних колій не повинна бути більше 40 мм

при міжколіній відстані до 5000 мм, 50 мм – при міжколіній відстані більше 5000 мм. При розташуванні переїздів на кривих ділянках колії настил переїзду встановлюється з ухилом, обумовленим піднесенням зовнішньої рейки над внутрішнім [11]

Шлагбауми. Стійки шлагбаумів слід розташовувати на відстані не менше 0,75 м від крайки проїзної частини [12].

Шлагбауми встановлюються з правого боку на узбіччі автодороги з обох боків переїзду, при закритому положенні повинні розташовуватися на висоті 1...1,25 м від поверхні проїжджої частини. При цьому шлагбауми (АШ, ПАШ, ЕШ) розташовуються на відстані не менше 6, 8, 10 м від крайньої рейки залежно від довжини загороджувального бруса (4, 6, 8 м), [12].

Запасні горизонтально-поворотні шлагбауми встановлюються на відстані не менше 1 м від основних шлагбаумів. Вони повинні перекривати проїжджу частину дороги не менш ніж основні. Ці шлагбауми повинні мати пристосування для закріплення їх у відкритому і закритому положеннях і навішування сигнального ліхтаря [12].

Загороджувальні бруси шлагбаумів забарвлюються чергуються смугами червоного і білого кольору, похилими (з боку автодороги) вправо по горизонталі під кутом 45-50°. Ширина смуги 500...600 мм. Кінець загороджувального бруса повинен мати червону смугу шириною 250...300 мм. Бруси шлагбаумів повинні бути забезпечені світлоповертаючими пристроями червоного кольору [12].

Шлагбауми повинні перекривати не менше половини проїжджої частини автодороги з правого боку по ходу руху транспорту. Лівий бік дороги шириною не менше 3 м не перекривається [12].

1.6. Технічне обслуговування залізничних переїздів

В обслуговуванні переїздів беруть участь три дистанції: ПЧ (дистанція колії), ШЧ (дистанція сигналізації та зв'язку) і ЕЧ (дистанція електропостачання) [6-13].

Дистанція колії забезпечує справне утримання ділянки автомобільної дороги в межах переїзду, настилів, проїжджої частини, міжколії переїзду, ізолюючих стиків, рейкових з'єднувачів, габаритних воріт перед штучними спорудами, під якими дозволений проїзд транспортних засобів, та інших колійних споруд в межах переїзду [11].

Дистанція сигналізації та зв'язку забезпечує справне утримання і роботу шлагбаумів, світлоповертачів на брусах, переїзної і загороджувальної сигналізації, телефонного (радіо) зв'язку, заміну шлагбаумів зі світлоповертачами на них [12].

Дистанція електропостачання забезпечує безперебійне електропостачання переїздів, справність зовнішніх мереж, прожекторних установок, автоматичне включення і відключення зовнішнього освітлення, отримання і заміну електроламп зовнішнього освітлення, у тому числі і в прожекторних установках [12].

Раптові перевірки роботи чергових по переїзду проводять ПЧ та їх заступники 1 раз на квартал; книга приймання і здавання чергувань та огляду пристроїв повинна перевірятися дорожнім майстром не рідше 2-х разів на місяць, бригадиром не рідше 4-х разів на місяць, а також при кожному відвідуванні ними переїзду. Про результати перевірки має бути зроблений запис у зазначеній книзі. При обслуговуванні переїзду працівниками служби перевезень таку роботу повинні здійснювати також і керівники станції [12].

Начальник виробничої дільниці СЦБ робить перевірку стану пристроїв на переїздах, розташованих на перегоні не рідше 2-х разів на рік, на станції не

рідше 1 разу на квартал [10-13]; ст. електромеханік - на перегонах не рідше 1 раз на квартал, на станції не рідше 1 раз на місяць. [10-13].

Перевірка параметрів пристроїв переїзної автоматики 1 раз в третьому році і при зміні наказу про встановлені швидкості руху [6-13]. Перший примірник акта, затверджений керівництвом дистанції сигналізації та зв'язку зберігається в папці перевірки залежності в ШЧ, другий - у старшого електромеханіка, третій - на залізничному переїзді.

Комплексне обслуговування і перевірка дії пристроїв [13].

При цьому проводиться перевірка: стану акумуляторної батареї з вимірюванням напруги і щільності електроліту кожного акумулятора; стану та взаємодії частин електроприводу при закритті і відкритті шлагбаума, а також їх чистка і змазування; стан колектора і щіток електродвигуна, контактних пружин і монтажу; вимір струму, споживаного електродвигуном при роботі на фрикцію; справності роботи звукових сигналів; частоти миготіння і видимості переїзних світлофорів; стан щитка управління з відкриттям і закриттям шлагбаума від кнопок в т.ч. від кнопки аварійного відкриття; стан перемичок від кабельних стійок і дросель-трансформаторів рейкових кіл; справність дії схеми контролю АПС у ДСП найближчій станції.

На переїздах, що не обслуговуються черговим працівником, справність пристроїв яких не контролюється у ДСП, ШН, ШЦМ перевіряють 1 раз на два тижні із записом в ШУ-2.

На переїздах, що обслуговуються черговим працівником, і на переїздах без чергового працівника, пристрої яких контролюються у ДСП, ШН, ШЦМ перевіряють 1 раз на чотири тижні, запис ШУ-2, ПУ-67, ШУ-63, ШУ-66.

Перевірка стану і дії автоматики на переїздах, видимості вогнів загороджувальних і переїзних світлофорів при живленні змінним і постійним струмом, а також перевірка дії загороджувальної сигналізації на світлофорах,

суміщених з поїзними і маневровими, контролюють ШН, ПД один раз на квартал із записом в ШУ-2, ПУ-67 [13].

Комплексна перевірка роботи пристроїв загородження на переїзді, що проводиться бригадиром колії [10-13] ПДБ, ШН перевіряють один раз на місяць і роблять запис в ПУ-67.

Заміна ламп і вимірювання напруги на лампах загороджувальних і переїзних світлофорів [6-13]:

- одностикових і двостикових ламп без перемикачів на резервну нитку і не мають контролю перегорання у чергового працівника (ДСП, диспетчера ШЧ);

- лампи переїзних світлофорів перевіряє ШН два рази на рік, запис ПУ-67, ШУ-61;

- лампи загороджувальних світлофорів перевіряє ШН один раз на рік, запис ПУ-67, ШУ-61;

- двостикових з перемикачем на резервну нитку і мають контроль перегорання основної нитки у чергового працівника (ДСП, диспетчера ШЧ) - ШН до перегорання основної нитки, запис ПУ-67, ШУ-61;

Комплексна перевірка стану пристроїв, справності їх дії і визначення необхідності заміни окремих вузлів електроприводу шлагбаума; перевірка опору ізоляції монтажу електроприводу; заміна мастила редуктора. ШНС, ШН, ШЦМ - один раз на рік, запис в ШУ-2, ПУ-67 [6 - 13].

Зовнішня і внутрішня перевірка стану електроприводів пристрою загородження переїзду (УЗП), чистка локаторів датчиків виявлення транспортного засобу (при наявності); зовнішній огляд механічних конструкцій (КЗК). ШН, ШЦМ - один раз на чотири тижні, запис в ШУ-2.

Вимірювання сили струму і напруги електродвигунів при нормальному підйомі і опусканні кришки пристроїв УЗП і при роботі на фрикцію (сила струму фрикції в електродвигунів змінного струму не вимірюється) ШН, ШЦМ – один раз в квартал, запис в ШУ-2, ПУ-67 (п.7.6. ЦШ / 720).

Перевірка вихідних параметрів блоку базового контролю (ББК) і перевірка справності датчиків виявлення транспортних засобів [13] здійснюють ШН, працівник РТУ - два рази на рік, запис в ШУ-2, ПУ-67.

Участь у комплексній перевірці роботи пристроїв загородження на переїзді, що проводиться бригадиром колії здійснюється ПДБ, ШН - один раз на місяць, запис в ПУ-67 [6].

Лінійний електромеханік радіозв'язку зобов'язаний проводити огляд і перевірку дії стаціонарних пристроїв радіозв'язку (1 раз на 4-е тижні). При цьому одночасно проводити інструктаж осіб, які користуються радіозв'язком, про порядок і правила поводження з пристроями ПРС [6-13].

1.7. Висновки за розділом

Отже, сформульовані вимоги до пристроїв переїздної сигналізації, методи та періодичність контролю стану і правильності їх функціонування з розподілом обов'язків по дистанціям колії, сигналізації та зв'язку і електропостачання з метою забезпечення безпеки руху на залізничних ділянках, обладнаних наново розробленим устаткуванням. Проаналізовані експлуатаційні стани переїздної сигналізації.

Аналізуючі усе вище викладене розробка методики проектування електроприводів на базі двигунів постійного струму (ДП) з постійними магнітами (ПМ), що дозволить з достатньою гнучкістю забезпечити розрахунок, побудову та аналіз основних вихідних характеристик, варіювання фізичних властивостей матеріалів, що використовуються, а також магнітних властивостей складових полюсів.

Мета моделювання – дати наукове обґрунтування впровадженню електроприводів автошлагбауму на базі двигунів постійного струму з збудженням від постійних магнітів.

Завданням дослідження є:

- удосконалити схему заміщення та методику розрахунку ДП із ПМ, що дозволяє розраховувати параметри двигунів з однокомпонентними магнітами;
- дати рекомендації щодо проектування та розробки нових електроприводів на базі ДП з використанням однокомпонентних магнітів;
- розглянути особливості обладнання переїздів на залізничних ділянках з прискореним і швидкісним рухом.

2. МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЕЛЕКТРОДВИГУНА ПОСТІЙНОГО СТРУМУ З ПОСТІЙНИМИ МАГНІТАМИ

2.1. Двигун постійного струму з постійними магнітами

Двигун постійного струму з постійними магнітами має незалежне збудження. Необхідно розглянути і удосконалити його схема заміщення для визначення параметрів. Передаточна функція Електроприводи, виконані на базі двигунів постійного струму з постійними магнітами (ДП з ПМ), знаходять все більш широке застосування в різних областях техніки. В якості магнітних матеріалів, завдяки дешевизні і недефіцитності матеріалу, найбільш вживаними є магнітотверді ферити барію і, останнім часом ферити стронцію.

Необхідність задоволення постійно зростаючим вимогам, що пред'являються до технічних характеристик електродвигунів, їх економічним і експлуатаційним показникам, змушує виробників ДП з ПМ шукати нові конструкційні рішення, які дозволять підвищити конкурентоспроможність їхньої продукції.

Встановлювані в автошлагбауми електродвигуни постійного та змінного струму відрізняються великою вартістю і габаритами. Також до недоліків двигунів постійного струму з паралельним збудженням слід віднести те, що двигун виходить з під контролю, якщо струм індуктора падає до нуля. До недоліків асинхронних двигунів, що використовуються в авто шлагбаумах слід віднести малий пусковий момент, зменшення обертального моменту при збільшенні швидкості й низький коефіцієнт потужності, значний пусковий струм.

Традиційні методи проектування і розрахунку не дозволяють з достатньою точністю розраховувати ДП з збудженням від постійних магнітів, також не дозволяють з найбільшою точністю врахувати всі фактори, що впливають на не тільки технічні, але й економічні показники ДП.

Впровадження у практику проектування методів математичного моделювання електромагнітних процесів в електричних машинах сприяє значному розширенню спектра конструктивних виконань ДП, піддаються досить точному розрахунку.

В даний час промисловістю використовується безліч пакетів прикладних програм для розрахунку та аналізу всіляких електричних і електронних схем. Розробка програм для розрахунку та аналізу електромагнітних процесів і характеристик проєктованих машин постійного струму з постійними магнітами, вимагає удосконалення існуючих (Simulink Matlab) і синтезу з іншим програмним продуктом, з тим, щоб реалізувати розрахунок, з можливістю варіювання конструктивними і обмотувальними параметрами проєктованих ДП з ПМ і подальшого побудови робочих характеристик.

У зв'язку з вищевикладеним, є актуальною розробка методики проектування електроприводів на базі ДП з ПМ, що дозволяє з достатньою гнучкістю забезпечити розрахунок, побудову та аналіз основних вихідних характеристик, варіювання фізичних властивостей використовуваних матеріалів, а також магнітних властивостей складових полюсів.

Мета моделювання. Розробка методики проектування електроприводів автошлагбауму на базі двигунів постійного струму зі збудженням від постійних магнітів по еквівалентній схемі заміщення, що дозволяє підвищити споживчі властивості електроприводів.

Завданням дослідження є:

- запропонувати схему заміщення та методику розрахунку ДП з ПМ, які дозволять розраховувати конструкції двигунів з однокомпонентними магнітами.

- апробувати запропоновану схему заміщення та методику розрахунку на прикладі сучасного електроприводу, виконаного на базі ДП з ПМ.

- дати рекомендації з проектування та розробки нових електроприводів на базі ДПТ із застосуванням магнітів однокомпонентних.

Для отримання математичної моделі необхідно отримати систему диференціальних рівнянь (СДР), яка описує роботу системи електроприводу. Опис об'єкта у вигляді СДР є найбільш загальним, бо з нього, як окремий випадок, можна отримати рівняння для статичних режимів, прирівнявши похідні функцій до нуля.

Удосконалена математична модель заданої електричної машини (ЕМ) складається з рівнянь електричної рівноваги всіх контурів і рівняння руху обертової частини (якорю).

Для ДП з ПМ схема заміщення має дуже простий вигляд (рис.3.1).

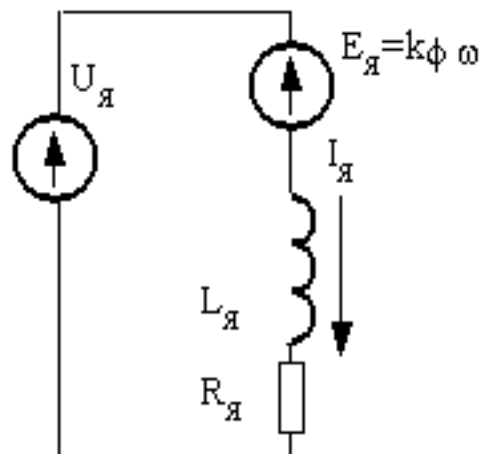


Рисунок 2.1 – Схема заміщення кола якорю двигуна постійного струму з постійними магнітами

Будемо вважати, що всі параметри схеми заміщення постійні величини, і $k_\phi = \text{const}$. Рівняння рівноваги за другим законом Кірхгофа таке:

$$U = k_\phi \cdot \omega + IR_{\text{я}} + L_{\text{я}} \frac{dI}{dt} \quad (2.1)$$

Рівняння руху ДП з ПМ:

$$J \frac{d\omega}{dt} = k_{\phi} \cdot I - M_c \quad (2.2)$$

Або в канонічній формі:

$$\begin{aligned} L_{я} \frac{dI}{dt} &= U - k_{\phi} \cdot \omega - IR_{я} \\ J \frac{d\omega}{dt} &= k_{\phi} \cdot I - M_c \end{aligned} \quad (2.3)$$

де M_c - момент навантаження, Н·м.

Ця система рівнянь лінійна і допускає аналітичне рішення.

Перепишемо рівняння в операторній формі і отримаємо передаточні функції між напругою, струмом, моментом і швидкістю, де

$$T_{\omega} = \frac{L_{я}}{R_{я}}. \quad (2.4)$$

$$\begin{aligned} W_i(p) &= \frac{I(p)}{U(p) - E(p)} = \frac{1}{R_{\Sigma} T_{\omega} p + 1}; \\ W_{\omega}(p) &= \frac{\omega(p)}{M(p) - M_c(p)} = \frac{1}{Jp}. \end{aligned} \quad (2.5)$$

$$T_{\omega} = \frac{9,717 \cdot 10^{-3}}{0,31} = 0,03135 \text{ Гн} / \text{ Ом}, \quad R_{\Sigma} = 0,31 \text{ Ом}$$

$$M_c = 0,06 \text{ Нм}$$

Ці передаточні функції покладемо в основу удосконаленої моделі двигуна постійного струму з постійними магнітами (рис.3.2). Цю математичну модель дуже зручно і легко використовувати для дослідження роботи електричної машини під навантаженням і обчислення її електромеханічних характеристик.

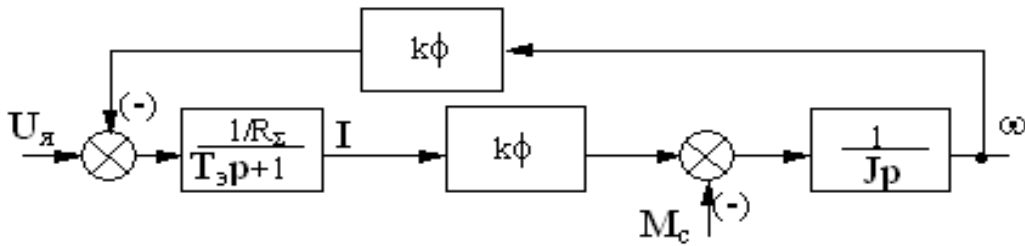


Рисунок 2.2 – Удосконалена модель двигуна постійного струму з постійними магнітами

2.2. Розробка методики визначення параметрів двигуна постійного струму з постійними магнітами за паспортними даними

Дуже часто паспортних даних, які вказані в документації на даний прилад (об'єкт тощо) є недостатніми для побудови електромеханічних характеристик двигуна і більш глибоких досліджень залежності його функціонування від навантаження і умов праці. Тому, виникає потреба розробити спеціальну методику визначення параметрів двигуна постійного струму з постійними магнітами типу ЕС020.120 за паспортними даними.

Розглянемо більш детально методику визначення швидкості обертання і механічних характеристик двигунів.

Основним елементом двигунів постійного струму є якор. Електромагнітні процеси в колі якоря визначають характер і якість перетворення енергії. Найважливішою з характеристик, що зв'язує дві головні параметра електромеханічного перетворювача з обертовим рухом – швидкість n або частота обертання ω і електромагнітний момент M , $n(M)$ є механічною характеристикою (або $\omega(M)$). Вона показує вплив механічного навантаження (моменту) на валу двигуна на швидкість обертання, що особливо важливо знати при виборі та експлуатації двигунів.

Сучасні приводи зазвичай являють собою автоматизовані системи, призначені для вирішення складних технологічних завдань, більшість з яких вимагають управління процесом перетворення енергії в двигуні і, зокрема,

керування швидкістю його обертання. Тому крім механічної характеристики розробникам і користувачам необхідно знати можливості та особливості регулювання, які описуються регулювальною характеристикою $n(V)$, де V - керуюча величина.

Механічні характеристики можуть бути природними і штучними. Під природними характеристиками розуміють характеристики отримані при номінальних параметрах джерела живлення і відсутності будь-яких регулювальних пристроїв в колах якоря і збудження. Всі інші характеристики називаються штучними.

Рівняння механічної характеристики машини постійного струму можна отримати з рівняння Кірхгофа для кола якоря

$$U = I_a R_a + E_a, \quad (2.6)$$

де U – напруга на якорі, R_a – опір якоря, а E_a – проти-ЕРС, I_a – струм якорю.

Підставляючи вираз для проти-ЕРС одержимо рівняння швидкісної або електромеханічної характеристики $n(I_a)$

$$n = \frac{U - I_a R_a}{C_E \Phi}, \quad (2.7)$$

Виражаючи струм якоря через електромагнітний момент, одержимо рівняння механічної характеристики

$$n = \frac{U}{C_E \Phi} - \frac{R_a}{C_E C_M \Phi^2} M, \quad (2.8)$$

Електрорушійна сила і електромагнітний момент.

При обертанні якоря в провідниках його обмотки наводиться ЕРС, яка дорівнює $e = Blv$. Середнє значення цієї ЕРС за половину періоду визначатиметься за формулою $E_{cp} = B_{cp}lv = \frac{\Phi}{\tau}lv = \frac{\Phi v}{\tau}$, де B_{cp} - середнє значення магнітної індукції в зазорі, τ - відстань між осями полюсів, Φ - магнітний потік, l - довжина активної частини провідника, v - швидкість перетинання провідниками магнітного поля статора. Тоді повна ЕРС всіх витків обмотки в одній паралельній гілці ($w_a = \frac{N}{2a}$, де N - число провідників в обмотці; a - число пар паралельних гілок), дорівнює ЕРС всій обмотки якоря і складатиме $E_a = E = \Phi \frac{v}{\tau} w_a = \Phi \frac{vN}{2a\tau}$ або, з урахуванням того, що $v = \frac{\pi Dn}{60}$, $\tau = \frac{\pi D}{2p}$, де D - діаметр якоря, p - число пар полюсів:

$$E = \frac{pN}{60a} \Phi n = C_E \Phi n, \quad (2.9)$$

де C_E електрична постійна (постійна ЕРС) – конструктивний коефіцієнт,

$$C_E = \frac{pN}{60a}.$$

Конструктивний коефіцієнт або постійна ЕРС в цьому виразі відповідає позасистемній одиниці швидкості обертання n - об/хв. Якщо замість швидкості обертання якоря використовувати кутову частоту $\Omega = 2\pi n$, то $C'_E = \frac{pN}{2\pi a}$ і $E = C'_E \Phi \Omega$.

Таким чином, ЕРС обмотки якоря пропорційна величині магнітного потоку головних полюсів і швидкості або частоті обертання.

Електромагнітний момент, який створюється взаємодією струмів обмотки якоря і магнітного поля машини можна визначити з виразу для електромагнітної сили, що діє на провідник зі струмом. Оскільки момент, створюваний усіма витками дорівнює $M = FN \frac{D}{2}$, а струм в них $i = \frac{I_{\text{я}}}{2a}$, де $I_{\text{я}}$ - струм в якорі, то остаточно для моменту отримаємо

$$M = \frac{pN}{2\pi a} \Phi n = C_M \Phi I_{\text{я}}, \quad (2.10)$$

де C_M – магнітна постійна.

В загалом, конструктивний коефіцієнт C_M або постійна моменту дорівнює постійної ЕРС C_E в системі одиниць СІ. Для позасистемної одиниці швидкості обертання $\frac{C_M}{C_E} = \frac{60}{2\pi} = 9,57$.

Вихідними даними для розрахунку параметрів двигуна постійного струму з постійними магнітами типу ЕС020.120 італійського виробництва фірми Альтера є паспортні дані:

Номінальна напруга живлення обмотки якорю $U=12$ В

Номінальний струм обмотки якорю $I_a = 2.6$ А

Номінальний момент обертання на валу двигуна $M=0,06$ Н·м

Число пар полюсів $p=1$

Номінальна швидкість обертання ротору $n = 2850$ об/хв.

Номінальна потужність $P_2 = 20$ Вт

Моделювання робочих і механічної характеристики двигуна постійного струму з постійними магнітами

Вихідними даними для розрахунку параметрів двигуна постійного струму з постійними магнітами типу ЕС020.120 італійського виробництва фірми Альтера є паспортні дані [12, 13]:

- номінальна напруга живлення обмотки якорю $U = 12$ В;
- номінальний струм обмотки якорю $I_{я} = 2,6$ А;
- номінальний момент обертання на валу двигуна $M = 0,06$ Н·м;
- число пар полюсів $p = 1$;
- номінальна швидкість обертання ротору $n = 2850$ об/хв;
- номінальна потужність $P_2 = 20$ Вт

Кількість параметрів, які визначають роботу двигуна, обмежена. Не вказані такі параметри, як опір і індуктивність обмотки якоря, номінальна величина магнітного потоку, тип обмотки якоря і інші. Все це ускладнює вибір двигуна та перевірку його властивостей щодо надійного функціонування приводу автошлагбауму. Нижче представлені результати моделювання потужностей, електромагнітного моменту та інших параметрів, необхідних для побудови характеристик.

Потужність, що споживається від мережі

$$P_1 = UI_{я} \quad (2.11)$$

Кутова швидкість обертання якоря

$$\omega = 2\pi n / 60 \quad (2.12)$$

Механічна потужність, що розвивається двигуном з постійними магнітами

$$P_M = M_{ном} \omega \quad (2.13)$$

Втрати в обмотці якоря

$$\Delta P_{я} = P_2 - P_M \quad (2.14)$$

З іншого боку втрати в обмотці якоря можна визначити за формулою

$$\Delta P_{\text{я}} = I_{\text{я}}^2 R_{\text{я}}. \quad (2.15)$$

Отже, $P_1=31,2$ Вт; $\omega = 298,451$ с⁻¹; $P_M=17,097$ Вт; $\Delta P_{\text{я}}=2,093$ Вт.

$$R_{\text{я}} = \frac{\Delta P_{\text{я}}}{I_{\text{я}}} = 0,31 \text{ Ом}.$$

$$C_E \Phi = \frac{U - I_{\text{я}} R_{\text{я}}}{n} = 3,928 \times 10^{-3} \text{ Вб}$$

Проти-ЕРС $E = 11,195$ В.

$$C_M \Phi = \frac{M_{\text{ном}}}{I_a} = 0,023$$

Відносний коефіцієнт $\frac{C_M}{C_E} = 5,875$

Індуктивність якоря

$$L_{\text{я}} = C \cdot \frac{U}{I_{\text{я}} n p}, \quad (2.16)$$

де C – коефіцієнт для двигунів без компенсаційних обмоток, $C=6$.

Результати моделювання електричні, механічні і робочі характеристики двигуна типу ЕС020.120 з постійними магнітами, дано на рис. 2.3 – 2.5.

2.3. Перевірка удосконаленої математичної моделі на адекватність

Перевірку математичної моделі на адекватність було здійснено за допомогою критерію Фішера. В якості оціночних параметрів було обрано два параметри, які використовувались для побудови електромеханічної характеристики, електромагнітний момент M і швидкість обертання якорю n .

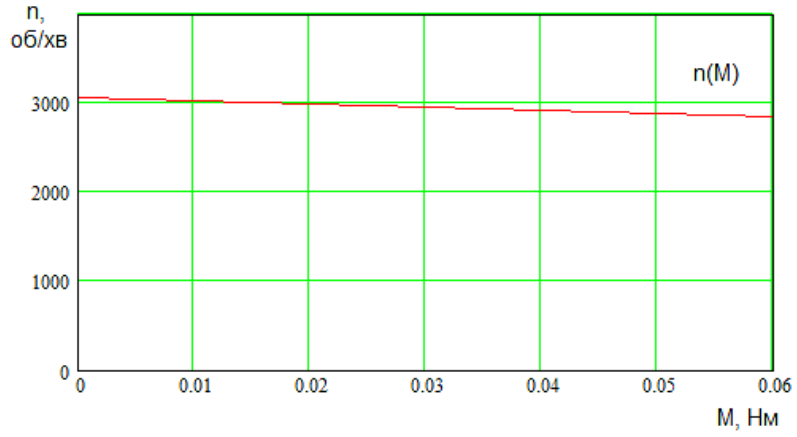


Рисунок 2.3 – Механічна характеристика ДП з ПМ

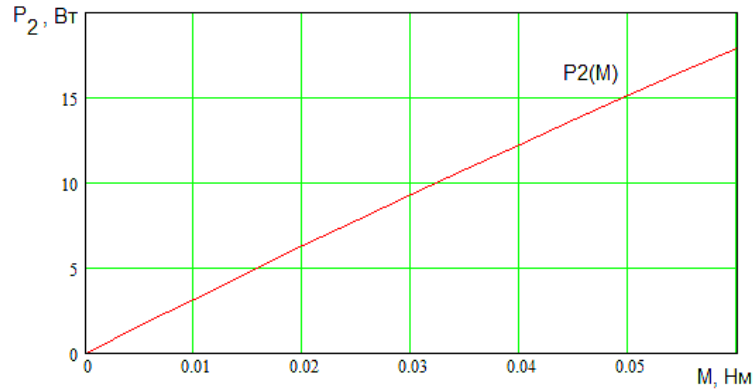


Рисунок 2.4 – Механічна характеристика двигуна постійного струму ДП з ПМ $P_2(M)$

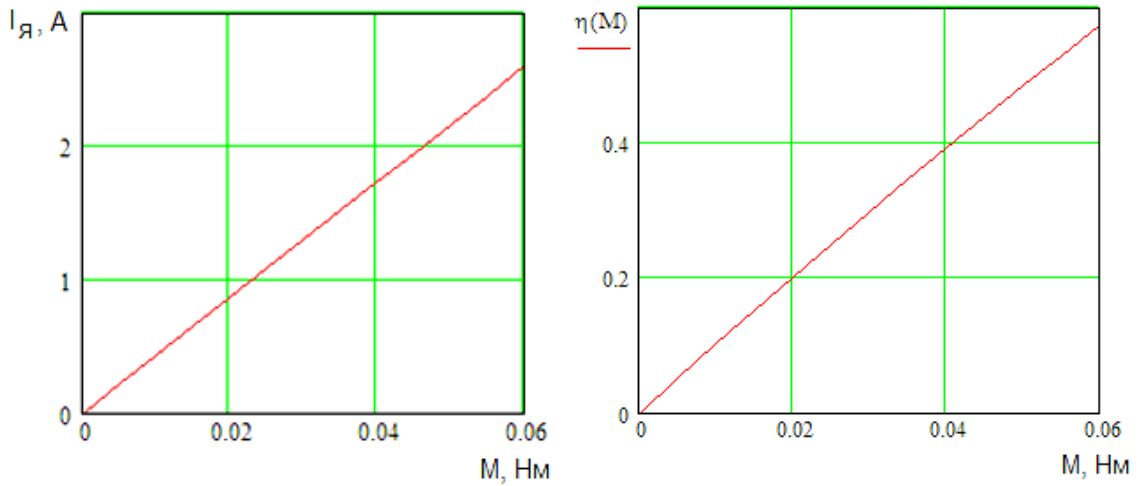


Рисунок 2.5 – Робочі хараткеритсики ДП з ПМ $I_{я}(M)$ і $\eta(M)$

Результати розрахунків параметрів механічної характеристики, статистичні дані для оцінювання дано в табл.2.1. Порівняння кривих механічної характеристики за розрахованими і паспортними даними ДП з ПМ дано на рис.2.6.

Таблиця 2.1 –Результати розрахунків статистичних даних механічної характеристики двигуна ДП з ПМ типу ЕС020.120

№	M, Нм	np, об/хв	n, об/хв	(n-np), об/хв	(Myp-np) ²	(My-n) ²
1	0	3054,99	3100	45,01	13636,606	6533,764
2	0,01	3020,677	3058,333	37,65	13636,606	15005,93
3	0,02	2986,363	3016,666	30,30	22827,937	26950,38
4	0,03	2952,05	2974,999	22,94	34374,073	42367,1
5	0,04	2917,737	2933,332	15,59	48275,012	61256,1
6	0,05	2883,423	2891,665	8,24	64530,755	83617,38
7	0,06	2849,11	2850	0,88	83141,303	109449,6
8	0,07	2814,797	2808,331	-6,46	104106,65	138756,8
9	0,08	2780,483	2766,664	-13,81	127426,81	171534,9
10	0,09	2746,17	2724,997	-21,17	153101,77	207785,3
11	0,1	2711,857	2683,33	-28,52	181131,53	247507,9

Критерій Фішера F обчислюється за формулою

$$F = S_y^2 / S_{y1}^2, \quad (2.17)$$

де S_y – більша дисперсія, S_{y1} – менша дисперсія розглянутих варіаційних рядів.

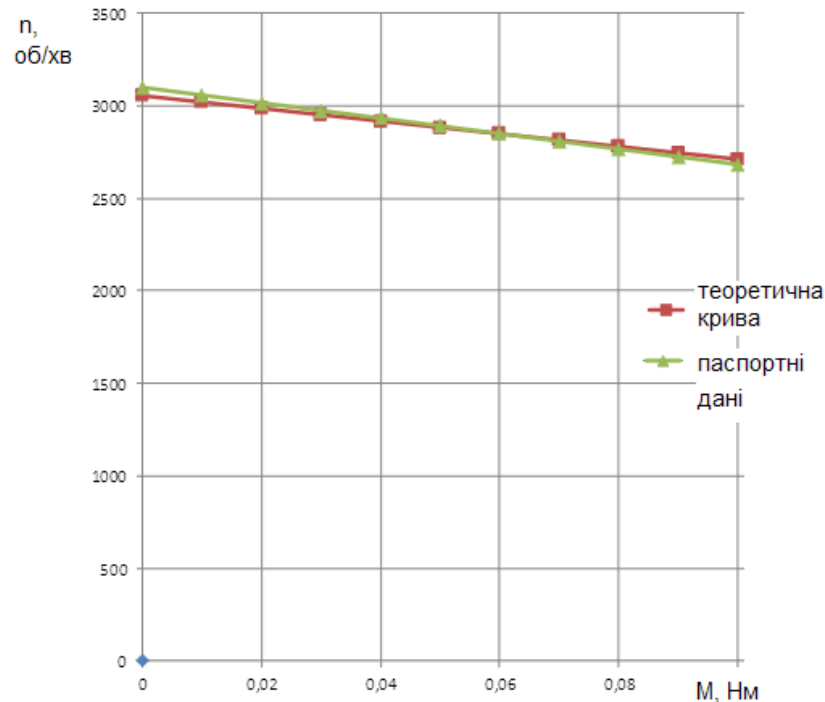


Рисунок 2.6 – Механічна характеристика, побудована за змодельованими і паспортними даними двигуна типу ЕС020.120

Математичного очікування, дисперсія і середньоквадратичне відхилення:

$$M_y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n-1}, S_y = \frac{\sum_{i=1}^n (M - y_i)^2}{n-1}, \sigma_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (M - y_i)^2}{n-1}}. \quad (2.18)$$

Область застосування гіпотези визначається нерівністю

$$F < F_{кр}. \quad (2.19)$$

Для числа ступенів свободи $k = n - 1 = 11 - 1 = 10$ (однакове для більшої і меншої дисперсії, де n – число випробувань, дорівнює 11).

Математичне очікування розрахованих і паспортних даних механічної характеристики двигуна

$$M_{yp} = \frac{\sum_{i=1}^n y_{pi}}{n-1} = 3171,8 \quad M_y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n-1} = 3180,83$$

$$M_y - M_{yp} = 3171,8 - 3180,83 = 9,07.$$

Дисперсія випадкової величини – є мірою розкиду даної випадкової величини, тобто її відхилення від математичного очікування.

Дисперсії, які були визначені за паспортними і експериментальними даними, дорівнюють $S_{yp} = 84618,4$; $S_y = 111076,4$.

Критерій Фішера

$$F = \frac{S_y^2}{S_{y1}^2} = \frac{111076,5}{84618,4} = 1,72 < 2,98$$

За при рівні $\alpha = 0.05$ значущості $F_{кр} = 2.98$.

Отже математична модель є адекватною.

2.4. Висновки за розділом

Запропонований двигун с постійними магнітами типу ЕС020.120 замість існуючих двигунів постійного струму типу СЛ-571к і змінного струму типу АИР 56В4Б43 дозволяють мінімізувати розміри й масу авто шлагбауму, є більш дешевими і надійними в експлуатації.

Дано наукове обґрунтування впровадженню двигунів постійного струму з постійними магнітами в автошлагбаумі залізничного переїзду.

Розроблено методику визначення первинних параметрів двигуна постійного струму з постійними магнітами обраного типу за паспортними даними.

3. ОСОБЛИВОСТІ ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕЇЗДІВ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ДІЛЯНКАХ З ПРИСКОРЕНИМ І ШВИДКІСНИМ РУХОМ

3.1. Залізничні переїзди зі скорим і прискореним рухом

Згідно статистичним даним, приведеним в розділі 1.3 не повною мірою забезпечується безпека руху поїздів на перегінних та станційних переїздах, зокрема, на переїздах, де застосовується прискорений рух і в перспективі можливий перехід до високої швидкості або при змішаному русі. Наприклад, включаючи пристрої сигналізації на пішохідних переходах. У цьому випадку передбачено низку додаткових вимог до переїздів: усі переїзди, що не охороняються, переобладнаються в охороняються, доповнюються автоматичними шлагбаумами, пристроями загородження переїзду (УЗП), засобами технологічної зв'язку з черговим станцією та поїзним радіозв'язком [3, 6-13]. Крім того, черговий по переїзду або працівник, який виконує його обов'язки, повинен перебувати в приміщенні переїзного посту, до кола його обов'язків входить контроль та забезпечення безпеки при пропуску швидкісних та високошвидкісних поїздів, при цьому переїзний пост повинен забезпечувати необхідну видимість рухомого складу [14-21].

До перебудови перетину в різних рівнях обов'язковою вимогою є забезпечення примусового закриття переїзду черговим працівником не менше ніж за 10 хв до проходження прискореного (швидкісного) поїзда, при цьому додатково вся проїжджа частина дороги перекривається технічними шлагбаумами, що замикаються на замок. У самих системах управління здійснюється дистанційний контроль керування переїзними пристроями та відкритого/закритого стану, включаючи моніторинг та діагностику переїзної автоматики. Також переїзд доповнюється прожекторами та системою відеоспостереження, а для оповіщення пішоходів про наближенні крім світлової сигналізації також включається сирена (рис. 3.1).

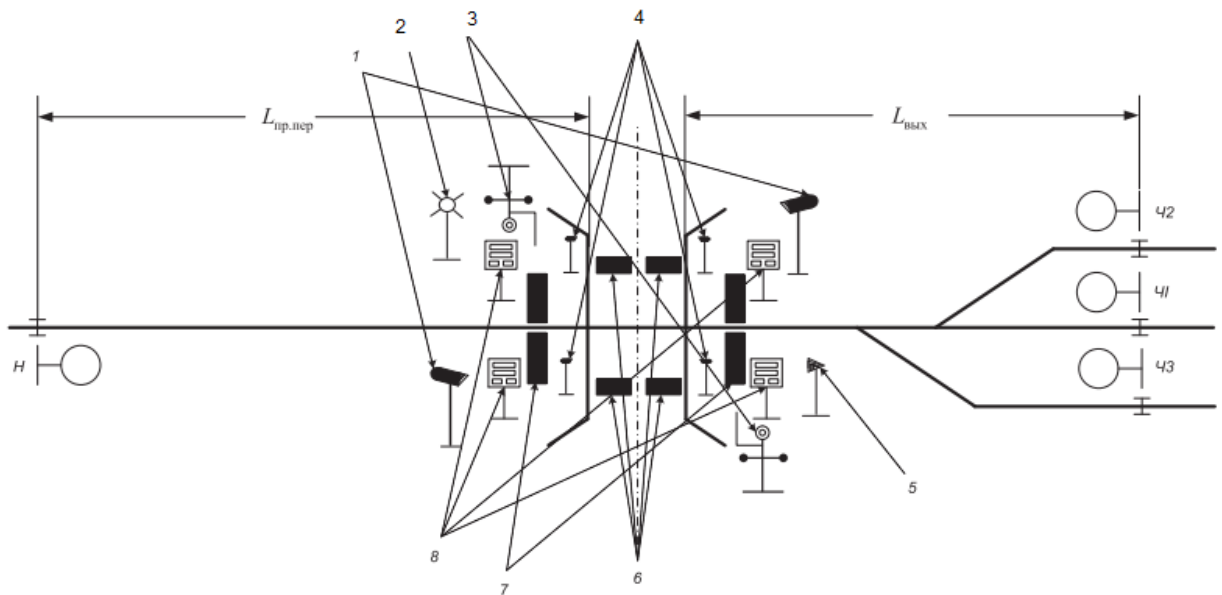


Рисунок 3.1 – Оснащення залізничного переїзду на лініях з прискореним і високошвидкісним рухом: 1 – відеокамери для запису пересування автотранспорту, пішоходів та поїздів; 2 – прожектор освітлення переїзду; 3 – переїзні світлофори та автошлагбауми; 4 – детектори, що сигналізують про відсутність автотранспорту; 5 – прилад звукового оповіщення (сирена); 6 – УЗП; 7 – пішохідні переходи; 8 – електронні інформаційні табло

Переїзди, розташовані у горловинах станцій, як правило, перетинають декілька залізничних колій, що ускладнює конструкцію дорожнього покриття у зоні переїзду [14-21]. Це, у свою чергу, призводить до зниження швидкості автотранспорту при перетині переїзду та, отже, до збільшення довжини ділянки наближення та часу повідомлення, а отже, до непродуктивних простоїв автомобільного транспорту [10].

Для визначення фактичної швидкості поїзда на переїзді встановлюється переїзне автоматичне контрольний пристрій, який спрацьовує під час проходження поїзда.

На рис. 3.1 наведено приклад оснащення технічними засобами загородження та контролю станційного переїзду.

Станції з прискореним рухом, магістралі, що мають переїзди, відрізняються від звичайних ліній, що мають залізничні переїзди, алгоритм встановлення маршрутів.

Маршрути на станції, що знаходиться на залізничних лініях, встановлюються таким чином:

- у режимі електричної централізації (ЕЦ) «звичайний рух» зайнятість ділянки наближення до станційного переїзду завжди означає, що його необхідно закрити, наприклад, якщо прийомо-відправний шлях, що є ділянкою наближення до переїзду, зайнятий складом, що стоїть. Оскільки поїзди та маневрові пересування станціями маршрутизуються, повідомлення на закриття переїзду повинен подаватися з відкриттям відповідного світлофора, що дозволяє рух поїзда через переїзд. Однак у цьому випадку потяг, що почав рух, може опинитися в зоні переїзду зарано, т. е. до його звільнення автотранспортом. Крім того, іноді пересування станцією проводиться без відкриття сигналів, наприклад, при несправностях пристроїв сигналізації централізації та блокування [10]. Ділянками наближення до переїзду можуть бути як головні, так і бічні прийомо-відправні шляхи, швидкості руху якими неоднакові, тому їх довжина для різних станційних шляхів може значно відрізнятись. Для виключення додаткового простою автотранспорту на таких переїздах це необхідно враховувати;

- у режимі ЕЦ «прискорений і швидкісний рух» (ВШМ) на станціях закриття переїзду не пов'язане із зайнятістю ділянки наближення. Організаційно передбачено його закриття за 10 хв до приходу ВШМ до переїзду, якщо швидкість ВШМ не перевищує 250 км/год, і за 15 хв, якщо швидкість ВШМ понад 250 км/год, щоб забезпечити безпека безперервного пропуску ВШМ через станцію (табл. 3.1, 3.2, рис. 3.1).

Таблиця 3.1 – Розрахункова довжина ділянки сповіщення при русі зі швидкістю 160-250 км/год і часі сповіщення 600 с (16,7 хв)

Максимальна швидкість, км/год	Довжина сповіщення, км	Максимальна швидкість, км/год	Довжина сповіщення, км
160	26,7	210	35,0
170	28,3	220	36,7
180	30,0	230	38,3
190	31,7	240	40,0
200	33,3	250	41,7

Таблиця 3.2 – Розрахункова довжина ділянки сповіщення при русі зі швидкістю 260-400 км/год і часі сповіщення 900 с (25 хв)

Максимальна швидкість, км/год	Довжина сповіщення, км	Максимальна швидкість, км/год	Довжина сповіщення, км
260	65	340	85
270	67,5	350	87,5
280	70	360	90
290	72,5	370	92,5
300	75,0	380	95
310	77,5	390	97,5
320	80,0	400	100
330	82,5		

3.2. Забезпечення довжини сповіщення наближення поїзда до переїзду

Забезпечення довжини сповіщення до переїздів при прискореному і русі з високою швидкістю і при змішаному русі залежить від швидкості ВСП та часу сповіщення для переїзду.

Швидкість поїздів при цьому береться максимально значенню. Максимальні швидкості руху поїздів на ділянці у різних напрямках можуть бути неоднаковими, окремо розраховується довжина непарного $L_{\text{пр.пер}}$ та парного $L_{\text{вих}}$ ділянок наближення до переїзду. На рис.3.1 для розрахунку довжини повідомлення до переїзду парної сторони слід враховувати марки хрестовин стрілочних переводів.

Максимальною швидкістю під час руху поїздів по стрілочним переказам з відхиленням приймається 50 км/год для переводів з маркою 1/11, 80 км/год – марки 1/18, 180 км/год – марки 1/46 [6, 10]. На лініях ВШМ наскрізний пропуск поїздів на станціях (роз'їздах) проводиться головними шляхами без відхилення за стрілками з граничними швидкостями для стрілочних переводів з маркою 1/11 – 250 км/год, марки 1/46 – 400 км/год. Якщо при цьому у маршруті є стрілочні переводи різних типів, якими відбувається рух з відхиленням, то для розрахунків приймається більше значення швидкості.

Виходячи з різних швидкостей наближення поїзда до переїзду, розрахункова довжина ділянки сповіщення на переїзд розраховується так [3, 9, 12]:

- розрахункова довжина ділянки повідомлення до переїзду під час руху поїзда для рівномірного руху визначається за формулою

$$l^p = \frac{v_x t_c^p}{3.6}, \quad (3.1)$$

де t_c^p – розрахунковий час повідомлення про наближення поїзда до переїзду, с; v_x – швидкість руху поїздів через станцію по головному шляхи v_r , або по бічному шляху v_b , або по стрілочний переводу з відхиленням $v_{\text{стр}}$, або швидкість маневрових пересувань v_m ;

- розрахункова довжина ділянки сповіщення до переїзду під час руху для рівноприскореного руху визначається за формулою

$$l^p = \frac{v_n t_c^p}{3.6} + \frac{a \cdot t_c^p}{2}, \quad (3.2)$$

v_n - початкова швидкість руху; a – прискорення локомотива.

В розрахунках прийнято такі припущення для спрощення розрахунків щодо визначення довжини ділянок сповіщення до переїзду у тих випадках, коли в межах цієї ділянки є зони з різними максимальними швидкостями руху [3, 12]:

- розрахунки виконуються для короткої рухомої одиниці (одиначного локомотива), що рухається з максимально допустимою швидкістю (до 140 км/год);

- при переході рухомої одиниці на ділянку з меншою допустимою швидкістю зміна швидкості приймається миттєвим;

- при переході рухомої одиниці на ділянку з більшою швидкістю, що допускається, набір швидкості відбувається до її більшого значення за умовами рівноприскореного руху з прискоренням: вантажні поїзди – $0,1-0,4 \text{ м/с}^2$,

пасажирські поїзди – $0,3-0,6 \text{ м/с}^2$, електропоїзди – $0,5-0,8 \text{ м/с}^2$, високошвидкісні поїзди – $0,8-1,5 \text{ м/с}^2$;

- за наявності кількох варіантів маршруту від світлофора до переїзду для розрахунку довжини ділянки сповіщення приймається маршрут із найменшим часом руху до переїзду, тобто що допускає рух з більшою швидкістю, а за рівних швидкостей – маршрут меншої протяжності;

- під час руху стрілочними ділянками з відхиленням по стрілочним переводам швидкість $v_{стр}$ стор враховується починаючи від дотепника першого в протишерстному маршруті відхиляючого стрілочного переводу або граничного стовпчика пошерстного переводу до виходу на головний (бічний) шлях або їх продовження;

- якщо під час руху по стрілочній горловині між двома ділянками зі швидкістю $v_{стр}$ є ділянка з більшою допустимою швидкістю довжиною не

більше 200 м, то можливість збільшення швидкості руху на цій ділянці не враховується.

При введенні ВШМ на станції, особливо коли на ній знаходиться АПС, виникає питання, як забезпечити безпечний час сповіщення та довжину ділянки сповіщення. Для цього необхідно знати швидкість руху ВШМ станцією. Якщо швидкість ВШМ знаходиться в діапазоні 160...250 км/год, то час сповіщення для переїзду, що знаходиться на кордоні станції, становитиме 10 хв: саме стільки часу необхідно для встановлення маршруту ВШМ на станціях. Якщо ж швидкість ВСП 260- 400 км/год, то час встановлення маршруту ВШМ складає 15 хв. Слід також зазначити, що за швидкості руху понад 260 км/год час сповіщення збільшується.

При цьому необхідно забезпечити кодування рейкових кіл та працездатність локомотивної сигналізації у всьому діапазоні допустимих швидкостей ВШМ під час руху поїзда на станціях. Аналізуючи кодування рейкових кіл, на ВШМ слід попередньо включати кодування рейкового кола, коли частоти сигнального струму та струму кодової автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС) не збігаються [4]. На швидкості до 400 км/год у межах ділянки ВШМ повинна застосовуватися система АЛС із використанням радіоканалу чи додаткової системи сповіщення. Однак оснащення рухомого складу та нове будівництво цифрового радіозв'язку для переходу на АЛС із радіоканалом потребує великих капіталовкладень. На лініях, що діють, при швидкості до 250 км/год рекомендується використовувати систему АЛС-ЕН, резервовану системою АЛСН [2, 3].

3.3. Висновки за розділом

Більшість випадків порушень безпеки на переїздах трапляються через людський фактор. З метою забезпечення безпеки руху на лініях ВШМ необхідні

додаткові заходи (дооснащення залізничних переїздів пристроями відеоспостереження, протитаранними бар'єрами та ін.).

Подання повідомлення на переїзд про наближення ВШМ потребує подовження ділянки наближення або організаційно-випереджувального закриття переїзду. При цьому регламентований час завчасної огорожі переїзду (закриття за 10 хв до приходу рухомого складу о переїзду, якщо його швидкість не перевищує 250 км/год, і за 15 хв, якщо його швидкість понад 250 км/год) забезпечує безпеку руху через переїзд, але при цьому зростають простой автотранспорту, перш за все, при русі рухомого складу з відхиленнями за стрілками.

Доцільно використовувати мікропроцесорні пристрої переїзної автоматики, реалізують адаптивні алгоритми загородження з урахуванням динаміки та маршрутів руху ВСП по станції, а також передбачати взаємну залежність переїзних пристроїв та систем інтервального регулювання руху поїздів.

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі сформульовані вимоги до пристроїв переїздної сигналізації, методи та періодичність контролю стану і правильності їх функціонування з розподілом обов'язків по дистанціям колії, сигналізації та зв'язку і електропостачання з метою забезпечення безпеки руху на залізничних ділянках, обладнаних наново розробленим устаткуванням. Проаналізовані експлуатаційні стани переїздної сигналізації. Більшість випадків порушень безпеки на переїздах трапляються через людський фактор.

Запропоновано використовувати в автошлагбаумі двигун с постійними магнітами типу EC020.120 замість існуючих двигунів постійного струму типу СЛ-571к і змінного струму типу АІР 56В4Б43 дозволяють мінімізувати розміри й масу авто шлагбауму, є більш дешевими і надійними в експлуатації.

Дано наукове обґрунтування впровадженню двигунів постійного струму з постійними магнітами в автошлагбаумі залізничного переїзду.

Розроблено методику визначення первинних параметрів двигуна постійного струму з постійними магнітами обраного типу за паспортними даними.

З метою забезпечення безпеки руху на лініях з прискореним і високошвидкісним рухом необхідно вживати додаткові заходи: оснащення залізничних переїздів пристроями відеоспостереження, протитаранними бар'єрами та ін.

Подання повідомлення на переїзд про наближення ВШМ потребує подовження ділянки наближення або організаційно-випереджувального закриття переїзду. При цьому регламентований час завчасної огорожі переїзду (закриття за 10 хв до приходу рухомого складу о переїзду, якщо його швидкість не перевищує 250 км/год, і за 15 хв, якщо його швидкість понад 250 км/год) забезпечує безпеку руху через переїзд, але при цьому зростають простой

автотранспорту, перш за все, при русі рухомого складу з відхиленнями за стрілками.

Подальше удосконалення можливо за рахунок використання мікропроцесорних пристроїв переїзної автоматики, реалізація адаптивних алгоритмів загородження з урахуванням динаміки та маршрутів прискореного і високошвидкісного руху по станції, а також передбачення взаємної залежності переїзних пристроїв та систем інтервального регулювання руху поїздів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Пристрої сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. – Київ, 2006. – 433с.
2. Возняк О. М. Забезпечення безпеки руху на залізничних переїздах [Текст]: монографія / О. М. Возняк, В. І. Гаврилюк; за заг. ред. В. І. Гаврилюка; Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2016. – 282 с.
3. Сердюк, Т. М. Впровадження автошлагбаумів нового покоління на залізницях України / Т. М. Сердюк, А. Л. Євдокименко // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2016. – Ном. 12. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУЗТ, 2016. – С. 72–80.
4. Сердюк Т. М. Впровадження автошлагбаумів нового покоління на залізницях України [Текст]/ Т.М. Сердюк // ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні та комунікаційні технології на транспорті, в промисловості та освіті». – Дніпропетровськ: ДНУЖТ, 2015. – С. 37.
5. "Укрзалізниця" підвела статистику 2023 року щодо аварій на переїздах.
URL: <https://www.epravda.com.ua/rus/news/2024/01/12/708693/>
6. Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) ЦШЕОТ-0012, затверджена наказом від 07.10.2009 № 090-ЦЗ (ЦШ-0060).
7. Правила безпечної експлуатації пристроїв автоматики, телемеханіки та зв'язку на залізницях України, затверджені наказом від 17.11.2003 № 288-Ц (ЦШ-0030).

8. Правила безпеки роботи з інструментом та пристосуваннями НПАОП 0.00-1.30-01.

9. Правила безпеки для працівників залізничного транспорту на електрифікованих лініях, затверджені наказом Міністерства праці та соціальної політики України від 31.05.2000 № 120, НПАОП 60.1-1.48-00.

10. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Комітету по нагляду за охороною праці Міністерства праці та соціальної політики України від 09.01.1998 № 4, (НПАОП 40.1-1.21-98).

11. ЦШ-0042: Пристроїв сигналізації, централізації та блокування. Технологія обслуговування. Наказ № 347-ЦЗ від 26.04.2006. – Міністерство транспорту: Київ – 2006.

12. ЦШ - 0060: Інструкція з технічного обслуговування пристроїв сигналізації, централізації та блокування [Текст] : Затв. Наказ № 090-ЦЗ від 07.10.2009. – Міністерство транспорту: Київ. – 2009.

13. ЦШ - 0095: Інструкція з улаштування та експлуатації переїздів. Технологія обслуговування. Наказ № 469 від 12.07.2002. – Міністерство транспорту: Київ – 2002.

14. Планетарные редукторы [Електронний ресурс]. Режим доступа: http://www.ence-gmbh.ru/rus/planetary_reducers.php

15. Енциклопедія з машинобудівництва XXL. Обладнання, матеріалознавство, механіка [Електронний ресурс]. Режим доступа: <http://mash-xxl.info/page/214071224127018244129138091216103007060237206155/>

16. Редукторні механізми. Методика вибору редуктора URL: <http://reductor.com.ua/content/metodika-vybora-reduktora-0>

17. Каталог Альтера URL: <http://www.svaltera.ua/catalog/825/4060.php>

18. Fritz P. Efficient diagnostics for supporting the availability of turnouts and tracks [Text]/ P. Fritz // Signal and Draht. – 2004. – № 11. – p. 42-45.

19. P. Tavner. Condition Monitoring of Rotating Electrical Machines/ P. Tavner, L. Ran, J. Penman and H. Sedding.. – London: The Institution of Engineering and Technology, UK, 2008.

20. Tsyppkin Mikhail. Induction Motor Condition Monitoring: Vibration Analysis Technique – a Practical Implementation [Text]/ Mikhail Tsyppkin // IEEE International Electric Machines & Drives Conference (IEMDC), 2011. – P. 406 – 411.

21. Subhasis Nandi. Condition Monitoring and Fault Diagnosis of Electrical Motors – A Review [Text]/ Subhasis Nandi, Hamid A. Toliyat, Xiaodong Li. // IEEE Transactions on Energy Conversion, vol. 20, No. 4, December, 2005. – P.719 -729.