

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Управління енергетичними процесами

Інтелектуальні системи енергопостачання

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
магістра

на тему: Дослідження заходів із оптимізації зносу та зменшення пошкоджень
контактної мережі

за освітньою програмою Електротехнічні системи електроспоживання
зі спеціальності: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав: студент групи: EC2126


(підпис студента)

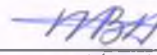
/ Валентин ВІЩЬКОВ /

Керівник:


(підпис)

/ зав. каф. Дмитро БОСИЙ /

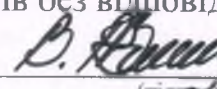
Нормоконтролер:


(підпис)

/ доцент Віталій ПЕРЦЕВИЙ /

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

Студент


(підпис)

Дніпро – 2022 рік

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: Управління енергетичними процесами

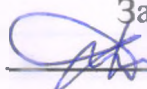
Кафедра: Інтелектуальні системи енергопостачання

Рівень вищої освіти: Другий (магістерський)

Освітня програма: Електротехнічні системи електроспоживання

Спеціальність: 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ICE
 Дмитро БОСИЙ

Дата 05.09.22

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу магістр з електротехнічних систем
електроспоживання

студенту Віщкову Валентину Романовичу

1. Тема роботи: Дослідження заходів із оптимізації зносу та зменшення пошкоджень контактної мережі

Керівник роботи: Босий Дмитро Олексійович, д.т.н., доцент

затверджені наказом від "14" 04 2022 р. № 318ст

2. Строк подання студентом роботи: 12.12.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи:

Матеріали наукових робіт та наукових конференцій, навчальні посібники та діючі інструкції

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

4.1 Проблематика струмознімання та надійності контактної мережі в сучасних умовах

4.2 Аналіз методів підвищення надійності контактної мережі

4.3 Актуальність застосування систем моніторингу контактної мережі на електрифікованих залізницях України

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1) вітрові пошкодження контактної підвіски; 2) механічні засоби очищення контактних проводів; 3) просторово-ромбовидна автокомпенсована контактна підвіска ПРАКС; 4) струмопровідна мірна струна; 5) пошкодження проводів контактної підвіски зі зменшенням їх

перетину; 6) пошкодження контактної підвіски без утворення короткого замикання; 7) система моніторингу контактної мережі Siemens Sicat CMS; 8) додаткові системи контролю Siemens Sicat; 9) реєстратори системи СДУМКС; 10) модель запропонованої системи моніторингу контактної мережі для залізниць України

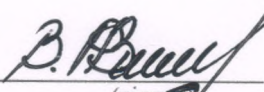
6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

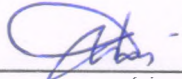
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Проблематика струмознімання та надійності контактної мережі в сучасних умовах	17.10.2022	25 %
2	Аналіз методів підвищення надійності контактної мережі	07.11.2022	30 %
3	Актуальність застосування систем моніторингу контактної мережі на електрифікованих залізницях України	28.11.2022	30 %
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	12.12.2022	10 %
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	20.12.2022	5 %

Студент


(підпис)

Валентин ВІЦЬКОВ

Керівник роботи


(підпис)

Дмитро БОСИЙ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ПРОБЛЕМАТИКА СТРУМОЗНИМАННЯ ТА НАДІЙНОСТІ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ	9
1.1 Проблематика ковзного контакту	9
1.2 Фактори пов'язані з контактною підвіскою	11
1.3 Експлуатаційні фактори	14
1.3.1 Технічна застарілість контактних підвісок та ЕРС	14
1.3.2 Екологічні та метеорологічні фактори	17
2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ	26
2.1 Впровадження новітніх контактних підвісок та їх елементів	26
2.2 Підвищення еластичності контактних підвісок	31
2.3 Впровадження систем моніторингу параметрів контактної мережі	34
3 АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ МОНІТОРІНГУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ НА ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ	39
3.1 Актуальність застосування на діючих електрифікованих дільницях залізниць України	39
3.2 Модель системи моніторингу стану контактної мережі	42
3.2.1 Первинні датчики	42
3.2.2 Алгоритм обробки даних	44
3.2.3 Розвинена система моніторингу контактної мережі	45
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ	48
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	49

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ			
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата	Дослідження заходів із оптимізації зносу та зменшення пошкоджень контактної мережі	Літера	Аркуш	Аркушів
Розробив		Віцьков В.Р.	<i>В.Р. Віцьков</i>	19.12.22		М	Д	6
Консульт.								50
Керівник		Босий Д.О.	<i>Д.О. Босий</i>	19.12.22		МОНУ, УДУНТ, ІСЕ EC2126		
Н. контр.		Перцевий В.О.	<i>В.О. Перцевий</i>	19.12.22				
Зав. каф.		Босий Д.О.	<i>Д.О. Босий</i>	19.12.22				

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Energy process management

Intellectual power supply systems

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: Research on measures to optimize wear and reduce damage to the
catenary network

according to educational curriculum Electrotechnical systems of electricity
consumption

in the Speciality: 141 Electrical energetics, electrical engineering and
electromechanics

Done by the student of the group: / Valentyn VITSKOV /

Scientific Supervisor: / Head of Dpt. Dmytro BOSYI /

Normative controller : / Ass. Prof. Vitalii PERTSEVYI /

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 50 сторінок, 3 частини, 31 рисунок, 4 таблиці, 11 використаних джерел.

Об'єкт дослідження – технічні рішення та заходи направлені на зменшення зносу контактних проводів та зменшення пошкоджень контактної мережі.

Мета роботи – аналіз існуючих технічних засобів та заходів для застосування їх на залізницях України.

Методи дослідження – аналітичні методи оцінки роботи електрифікованої залізниці.

Одержані результати – рекомендації із застосування комплексу новітніх контактних підвісок, деталей контактної мережі виготовлених за сучасними більш досконалішими технологіями та застосування систем моніторингу стану контактної мережі.

Ключові слова: СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ СТАНУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ, SIEMENS SICAT, SICAT CMS, SICAT DMS, SICAT TMS.

ВСТУП

Актуальність роботи. Проблема безперебійного руху поїздів завжди була пріоритетною на залізницях України, Європи та світу. Сьогодення з його значно більшими обсягами перевезень та швидкостями руху вимагає ще більшої надійності від залізниць і пристроїв електропостачання.

Контактна мережа, задіяна в електропостачанні електрорухомого складу, не має резерву і кожне пошкодження її може призвести до значних економічних і як наслідок іміджевих збитків для залізниці.

Актуальність розглянутої теми полягає у підвищенні надійності контактної мережі електрифікованих залізниць.

У час коли залізниця виконує важливу стратегічну роль в обороні держави – перевозить гуманітарні та військові вантажі, виконує евакуаційні перевезення пасажирів та перевезення поранених в більш безпечні регіони країни, надійність роботи залізничного транспорту є першочерговою задачею всіх робітників залізниці та пов'язаних з нею наукових колективів.

Рух поїздів на електротязі значно дешевший і швидший ніж іншими видами тяги, тому надійність тягового електропостачання залізниць і зокрема контактної мережі це вагомий внесок до перемоги.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до пріоритетного напрямку наукових досліджень «Енергетика та енергоефективність» Закону України №2519-VI від 09.09.2010 р. «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки».

Мета та завдання дослідження. Метою роботи є аналіз існуючих в світі систем та заходів підвищення надійності контактної мережі та мінімізації зносу контактних проводів. Визначення пріоритетних напрямків підвищення надійності контактної мережі електрифікованих залізниць України. Моделювання системи моніторингу стану контактної мережі для залізниць України.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наукова новизна роботи. Розроблена модель системи моніторингу контактної мережі для електрифікованих залізниць України, що дає змогу передбачати та виявляти на ранніх стадіях аварійні та передаварійні відхилення в роботі контактної мережі, що, в свою чергу, знижує обсяги та час відновлювальних робіт та, як наслідок, зменшує економічні та іміджеві збитки залізниці.

Особистий внесок здобувача. Постановку мети та завдань дослідження виконано спільно з науковим керівником. Здобувачем було проведено аналіз, що використовуються в світі технічних засобів та методів підвищення надійності контактної мережі. За отриманими результатами було створено модель системи моніторингу стану контактної мережі.

Публікації.

Віцьков В.Р. Застосування систем моніторингу параметрів контактних підвісок/ В.Р.Віцьков, Д.О.Босий. – Матеріали Чотирнадцятої міжнародної науково-практичної конференції студентів і молодих вчених імені Георгія Кірпи «Сучасні транспортні технології» // Збірник наукових праць / Під загальною редакцією О. Возняка; ЛІ УДУНТ; Львів, 2022. 160 с. – С.130-132

					02.15.ЕС2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ПРОБЛЕМАТИКА СТРУМОЗНІМАННЯ ТА НАДІЙНОСТІ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

1.1 Проблематика ковзного контакту

Сучасні умови експлуатації електрорухомого складу, що зумовлені зростанням швидкостей руху, потужності електрорухомого складу, ваги потягів, застосуванням централізованого електричного опалення пасажирських поїздів тощо, викликають додаткові навантаження на ковзні контакти «струмоприймач-контактний провід»

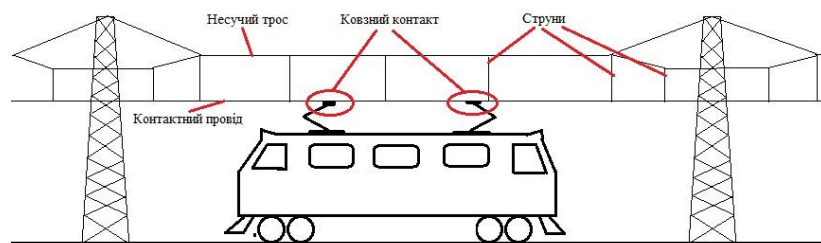


Рисунок 1.1 - Схематичне зображення ковзного контакту «струмоприймач-контактний провід»

Робота ковзного контакту «струмоприймач-контактний провід» супроводжується одночасним протіканням електрофізичних, механічних та фізико-хімічних процесів.

Протікання електричного струму через поверхні пар тертя підвищує температуру в місці контакту, це пояснюється великою густиною струму, яка зумовлена малою площею контакту. В результаті нагрівання механічні та електричні властивості матеріалів контакту різко знижуються.

Контактний провід, як один з компонентів ковзного контакту, підлягає впливу вищеперерахованих процесів. Зважаючи на те, що контактна мережа не має резерву, а усунення пошкодження контактних проводів процес доволі тривалий, проблема надійності ковзного контакту є досить актуальною для сучасних електрифікованих залізниць.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Незадовільний контакт струмоприймача та контактного проводу призводить до понаднормового зносу, ерозійних пошкоджень, в сукупності з постійними механічними напругами розтягнення та нагрівання транзитними та тяговими струмами, в деяких випадках в результаті утворення електродуги, контактний провід може подовжуватися. Результатом такого подовження є так звана «шийка» - ділянка контактного проводу зі зменшеним перетином. На цій ділянці зменшується механічна міцність проводу та підвищується густина струму, що в подальшому може призвести до розриву проводу.

Для зменшення зносу та мінімізації пошкоджень контактного проводу в контактній парі «струмоприймач-контактний провід» контактні елементи струмоприймачів виконують з матеріалів з меншою механічною міцністю ніж контактний провід, в той же час вони повинні високу струмопровідність.

На сьогоднішній день на електрифікованих залізницях України використовують контактні елементи з відпущеної міді, графітові, вугільні та композитні. Контактні пластини з відпущеної міді використовуються на постійному струмі і для поліпшення характеристик ковзного контакту доповнюються застосуванням графітових змазок СГС-О та СГС-Д.

Графітові та вугільні контактні вставки застосовуються як на постійному струмі так і на змінному. Вугільні вставки виконані з вуглецевмісних порошків (кокових, графітових, іноді з додаванням сажі) мають ефект самозмащення. Даний вид контактних елементів не дорогий у виробництві проте має низьку стійкість до ударів, що значно знижує термін їх експлуатації. Контактні вставки такого типу поділяють на дві групи: тип А (на коксовій основі) та тип Б (на графітовій основі). Тип А має більшу зносостійкість проте більший електричний опір – 28-30 мкОм*м, в той час як тип Б – 13-15 мкОм*м.

Для поліпшення електричних характеристик під час виробництва контактних вставок на вуглецевій основі додають порошкові метали, що знижує їх опір до 8 мкОм*м. Як приклад - контактні елементи німецької фірми PanTrac, що виготовляє контактні елементи на коксовій основі з додаванням міді та олова.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1 - Характеристики металовуглецевих контактних вставок виробництва PanTrac

Маркування	Матеріал основа/нап овнювач	Густина, г/см ³	Електричний опір, мкОм*мм	Міцність HRB 5/150	Допустима міцність на стискання, МПа	Лінійна густина струму, А/мм
RH84	Кокс/-	1.73	34	95	37	6-8
RH84M6	Кокс/CuSn	2.4	12	115	65	9-12
RH83M6	Кокс/CuSn	2.8	7	110	85	12-15
RH85M6	Кокс/CuSn	3.4	4	110	95	16-20
RH85M8	Кокс/CuSn	3.2	2	85	70	20-27

В Україні існують свої підприємства, що випускають контактні пластини як металовуглецеві так і металокерамічні. Такими виробниками є: ТОВ «Глорія», ТОВ «Інтермет», НВП «Геконт», ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор».

Контактні накладки ТОВ «Інтер-Контакт-Пріор» проходили випробовування на електровозах постійного струму локомотивного депо Львів-Захід на ділянках Львів – Сянки - Чоп і Львів – Лавочне – Чоп, де показали гарні результати.

1.2 Фактори, пов'язані з контактною підвіскою

Окремою проблемою струмознімання у контактній парі «струмоприймач-контактний провід» є механічні характеристики контактних підвісок. Під час руху ЕРС натиск струмоприймача в сукупності з повздовжнім переміщенням та наявністю жорстких точок та перепадів висоти контактного проводу викликає хвилеподібні коливання контактного проводу. Ці коливання зменшують площу контакту між контактним проводом та струмоприймачем, що може супроводжуватися дугоутворенням.

Крім явних причин, що впливають на якість струмознімання, при високих швидкостях значно підвищується вплив інерції струмоприймача та контактної підвіски. Під час руху натиск струмоприймача може сильно підвищуватися,

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чим може призводити до пошкоджень я себе самого так і контактної підвіски, а в інших випадках натиск може знижуватися до нуля, наслідком чого є відрив та дугоутворення.

На даний час на електрифікованих залізницях України використовуються здебільшого Напівкомпенсовані ресорні з одним або двома контактними проводами призначеними для руху поїздів зі швидкостями до 140 км/год.

Під час підготовки до проведення Euro 2012 та впровадження руху прискорених поїздів «Intercity+» на ділянках обертання цих поїздів було впроваджено компенсовану контактну підвіску зі швидкостями руху до 160 км/год.

Якість струмознімання в плані контактної підвіски залежить від її еластичності, підвищення якої є основним питанням при проектуванні високошвидкісних магістралей.

Контроль стану контактного проводу полягає у візуальному огляді стану його робочої поверхні, виявленні підпалів, механічних пошкоджень або заводських дефектів, а також у вимірюванні та аналізі зносу і виявлення місць з підвищеним зносом для розроблення заходів із поліпшення струмознімання, збільшення терміну служби проводу, попередження його обриву при зменшенні площі перерізу шляхом своєчасного зниження натягу або монтажу вставок у місцях з граничнодопустимим зносом.

Діюча інструкція ЦЕ-0023 «Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць» оцінює стан робочої поверхні та знос контактного проводу, що визначає якість струмознімання за наступними параметрами (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 - Оцінка стану робочої поверхні і зносу контактного проводу

Клас	Стан поверхні проводів	Причина погіршення	Заходи для попередження
1	2	3	4
1	Гладка блискуча чорно-срібляста або темнокоричнева, рідкі дрібні підпали, незначний шум від тертя полозів	Оптимальна експлуатація контактного проводу та полозів струмоприймачів	Не потрібні

					02.15.ЕС2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
2	Менш гладка, тьмяна, місцями більше світла, підвищений шум від тертя полозів із металокерамічними пластинами	Недостатня кількість мастильного матеріалу на полозах або неякісний його склад	Контроль за нанесенням змащення СГС-О і СГС-Д на полози струмоприймачів особливо при дощі
3	Збільшена кількість підпалів на окремих перегонах (ділянках), безперервне іскріння при зніманні тягового струму	Систематичне перевантаження струмоприймачів тяговим струмом Знижене натискання струмоприймачів	Проходження перегонів (ділянок) при додатково піднятих резервних струмоприймачах на електровозах. Перевірка і при необхідності підвищення натискання струмоприймачів.
4	Нерівномірний знос у прольотах між опорами.	Відхилення від регулювання в зоні фіксаторів (Кн менше 0,8) або в прольоті (Кн більше 1,2)	Усунення відхилень від норм регулювання
5	Інтенсивний місцевий електродуговий знос: у фіксуючих, стикових й інших затискачів, біля відбійників, у місцях вигину проводів; на ізолюючих спраженнях	Відхилення від норм регулювання контактної підвіски в зазначених місцях. Тривала значна різниця напруг на вітках ізолюючого спраження	Усунення відхилень від норм регулювання Усунення підвищеної різниці напруг, улаштування ізолюючих спражень захистом контактних проводів від перепалів
6	Підвищений знос наприкінці ділянки обігу електрорухомого складу (ЕРС)	Зменшення мастильного матеріалу на полозах струмоприймачів	Контроль за нанесенням змащення СГС-О до СГС-Д на полози струмоприймачів. Організація переходу на прикінці зони обігу ЕРС на резервні струмоприймачі або додаткове нанесення змащення СГС-Д на шляху слідування
7	Хвилеподібний знос	Неправильне розміщення в плані чи по висоті внутрішніх рядів металокерамічних пластин або недостатня їхня довжина. Вихід змащення СГС-О за межі внутрішнього ряду пластин або виступання його по висоті над пластинами	Розміщення внутрішнього ряду пластин (крім електровозів ЧС-2, ЧС-7) в одному рівні із зовнішніми. Видалення зайвого змащення СГС-О
Клас	Стан поверхні проводів	Причина погіршення	Заходи для попередження

Завершення таблиці 1.2

1	2	3	4
8	Схоплювання й задир, грубошерохувата поверхня кольорів чистої міді, вириви часток міді, інтенсивний знос: по всій довжині; У місцях підвищених зигзагів	Відсутність змащення СГС-О, СГС-Д на металокерамічних пластинах після тривалих дощів. Вихід контактного проводу за межі робочої частини полозів струмоприймачів, де не забезпечується змащення проводу	Контроль за нанесенням змащення СГС-О і СГС-Д на полози струмоприймачів Зміна піднятих струмоприймачів у середині ділянки обігу електровозів Регулювання зигзагів у кривих із застосуванням подвійної рознесеної фіксації

За результатами вимірювань трьох анкерних ділянок кожного перегону визначають характер зносу в прольотах між опорами.

Для цього підраховують коефіцієнт нерівномірності зносу

$$K_n = S_3 / S_{3ф}, \quad (1.1)$$

де S_3 – середній знос контактної проводу на анкерній ділянці;

$S_{3ф}$ – середній знос контактної проводу у фіксаторів даної анкерної ділянки.

При подвійному контактному проводі коефіцієнт нерівномірності підраховується для кожного проводу окремо.

1.3 Експлуатаційні фактори

1.3.1 Технічна застарілість підвісок та ЕРС

На сьогоднішній день на електрифікованих залізницях України використовуються здебільшого напівкомпенсовані ланцюгові підвіски, що доволі застарілі за своїми характеристиками до вимог сьогодення.

Підвіски змінного струму за конструктивними характеристиками, що дозволяють пропуск ЕРС зі швидкостями до 160 км/год мають дещо краще

					02.15.ЕС2126.КРМ.2022–ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

положення ніж підвіски постійного струму.

Проте в період з 2012 по 2016 рік в Укрзалізниці було проведено «Програму модернізації пристроїв електропостачання» в ході якої було повністю модернізовано ділянки на яких був запланований пуск прискорених поїздів «Intercity+». При підготовці було впроваджено застосування компенсованих підвісок, що значно підвищує якість струмознімання.



Рисунок 1.2 -Модернізація контактної мережі на придніпровській залізниці

Крім того на підвищення надійності контактних підвісок значно подіяло розпорядження ЦЕ-7/500 від 15.08.2012 року та технічна вказівка ЦЕТ-2-12 від 15.08.2012 року згідно яких було заборонено закупівлю стикових затискачів контактного проводу виготовленим методом лиття. Данна заборона була висунута на основі аналізу пошкоджень контактної мережі згідно якого в період з 2007 по 2014 рік було допущено 138 випадків пошкоджень викликаних браком лиття стикових затискачів.

Стикові затискачі одні з найвідповідальніших деталей контактної мережі, що однією одиницею (деталлю) утримують зістиковані контактні проводи, що мають натяг до 1500 Н (в залежності від марки проводу).

					02.15.ЕС2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

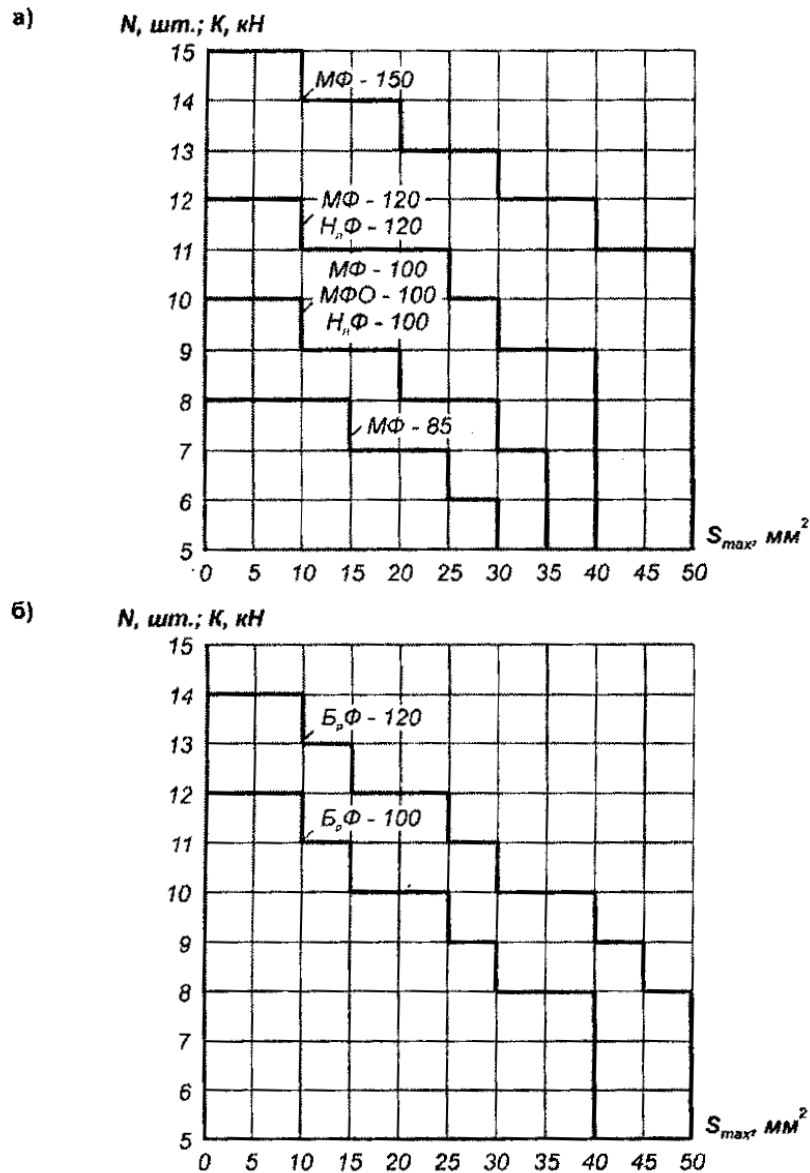


Рисунок 1.3 - Натяг K контактного проводу біля компенсатора залежно від зносу $S_{\max}$, мм^2 , при коефіцієнті передачі 1:4, масі одного вантажу 25 кг і кількості вантажів N

Дефекти лиття несуть за собою велику небезпеку відказів (пошкоджень), адже їх складно виявити як в умовах районів контактної мережі та нарівні дистанцій електропостачання і вище. Складність виявлення дефектів лиття у готовій продукції викликана неможливістю дефектування повітряних включень в середині деталі.

Сучасні бронзові деталі контактної мережі виготовляються методом гарячого штампування, що значно знижує вірогідність утворення в тілі деталей включень повітря.



Рисунок 1.4 - Розрив стикового затискача КС-059-4 з причини дефекту лиття

Крім заборони на використання стикових затискачів контактного проводу виготовлених методом лиття є також тенденції до зменшення кількості стикових затискачів з розрахунку на одну анкерну ділянку відповідно до вимог «Правил улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць» ЦЕ-0023.

1.3.2 Екологічні та метеорологічні фактори

Контактна мережа постійно знаходиться під дією атмосферних та екологічних факторів, що не кращим чином впливають на її надійність.

До екологічних факторів можна віднести наявність поблизу електрифікованих залізниць цементних заводів, кар'єрів, коксохімічної та хімічної промисловості, майданчиків навантаження та розвантаження сланців та вугілля, наявність відвалів вугільних шахт, ТЕС, місцевість з солоними ґрунтами та поблизу морів, солоних озер.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Наявність цементних заводів, вугільних шахт, кар'єрів, майданчиків навантаження та розвантаження сланців, вугілля, викликає осадження дрібнодисперсного пилу на проводах та ізоляторах контактної підвіски. За рахунок цього осадження знижуються ізоляційні здібності ізоляторів, що може призвести до їх перекриття. Цю проблему частково вирішує застосування спеціальних ізоляторів для забруднених регіонів та застосування ізоляторів з кремній-органічної резини, що має гідрофобні властивості.

Осадження пилу на проводах і пристроях контактної мережі можуть призводити до появи значних відкладень на струнах та проводах, що призводить до додаткових навантажень, погіршенню еластичності та струмознімання. Осаджений пил на пристроях вантажокомпенсацій значно погіршує їх роботу, за рахунок підвищення коефіцієнту тертя в вузлах (роliках)

Поблизу коксохімічних та хімічних заводів контактна підвіска перебуває під дією їдких осадів та осадів, що створюють полімерні та металовмісні плівки. Сполуки сірки осідаючи на мідних проводах викликають деградацію міді з утворенням її сульфатів, це призводить до більшого зносу контактних проводів та збільшення кількості обривів струн. Крім того викиди поблизу хімічних підприємств значно пришвидшують процеси корозії металів як у арматурі контактної мережі виконаної зі сталі або чавуну так й у різьбових з'єднаннях бронзової, мідної та латунної арматури.

Згідно інструкції ЦЕ-0023 - Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць, ізолятори для контактної мережі вибирають по довжині шляху витоку струму в залежності від ступеню забруднення атмосфери (СЗА).

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.3 - Характеристики залізничних дільниць в залежності від ступеню забруднення атмосфери

Ступінь забруднення атмосфери (СЗА)	Характеристики залізничних дільниць
IV	Дільниці зі швидкостями руху поїздів до 160 км/год, Місцевості із сильно солоними і дефлюючими ґрунтами або поблизу морів і соляних озер (до 1 км) зі середньосоленою водою (20-30 г/л). Поблизу місць (до 500 м): видобутку, постійного навантаження і вивантаження вугілля; виробництва цинку, алюмінію; ТЕС, що працюють на сланцях і вугіллі із зольністю вище 30%; дільниці з перевезенням у відкритому виді вугілля, сланцю, піску, щебенів організованими маршрутами
V	Дільниці зі швидкостями руху поїздів більше 160 км/год. Поблизу місць (до 500 м) виробництва, постійного навантаження і вивантаження цементу. Місцевості з дуже засоленими і дефлюючими ґрунтами або поблизу морів і соляних озер (до 1 км) із сильно соленою водою (20-40 г/л). У тунелях зі змішаною їздою на тепловозах та електровозах
VI	Поблизу місць (до 500 м) розташування підприємств нафтохімічної промисловості, постійного навантаження та вивантаження їх продукції. Місця постійної стоянки і зупинки працюючих тепловозів. У промислових центрах з інтенсивним виділенням смогу
VII	Поблизу місць (до 500 м) розташування градірень, підприємств хімічної промисловості та з виробництва рідких металів, постійного навантаження й вивантаження мінеральних добрив і продуктів хімічної промисловості

Значний вплив на безперебійну роботу контактної підвіски мають метеорологічні умови. Контактна підвіска працює на відкритому повітрі і має вплив вітру, дощу, снігу, ожеледі, грози.

Вплив дощу на роботу контактної в наш час мінімальний – сучасні ізолятори мають гідрофобні властивості завдяки чому їх напруга перекриття значно зростає. В свою чергу сніг має дещо більший вплив: налипання мокрого снігу може призводити до погіршення еластичності контактної підвіски, погіршення ковзного контакту внаслідок переходу налиплого снігу на проводах та струмоприймачах в ожеледь, порушення роботи шарнірних та роликів візлів. Вплив вітру на контактні підвіски викликає коливання проводів, що характеризують як горизонтальними відхиленнями так і вертикальними амплітудними коливаннями.



Рисунок 1.5 - Пошкодження контактної підвіски викликані вітром

Підвищення вітростійкості контактних підвісок забезпечується:

– застосуванням вітростійких підвісок (косі, з відтяжними проводами, ромбовидні);

					02.15.ЕС2126.КРМ.2022–ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- застосуванням жорстких розпорок на фіксаторах та обмежувачів підйому додаткових стрижнів фіксаторів;
- зменшення довжини прогонів;
- збільшення натягу контактних проводів.

В ході вирішення проблеми вітростійкості контактної підвіски першим кроком було зменшення довжини прогонів, але зменшення довжини прогонів на вже існуючих та знов проєктованих ділянках викликає збільшення вартості електрифікації ділянки, тому зменшення довжини прогонів було виконано за рахунок застосування підвісок з відтяжними тросами (у випадку одного контактного проводу) та ромбовидних підвісок (у випадку двох контактних проводів).

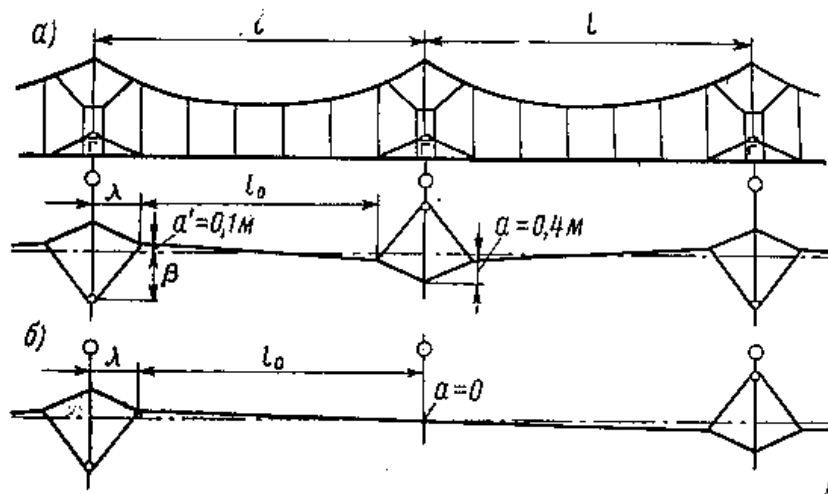


Рисунок 1.6 - Схема підвісок з відтяжними тросами

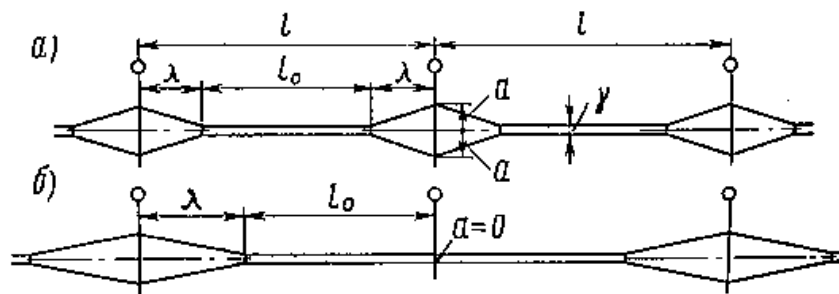


Рисунок 1.7 - Схема ромбовидних підвісок

Оптимальне значення λ для підвісок з відтяжними тросами складає 0,15-0,2 l , а для ромбовидних – 0,2-0,25 l . Відтяжні троси монтують з біметалевого

дроту 4-6 мм, або як у сучасних підвісках з багатожильного мідного або бронзового проводу перетином 16-35 мм² з виносом $\beta=0,9-1,1$ м вище контактного проводу на 0,7 м через ролик КС-030.

Крім застосування вітростійких підвісок фіксатори контактного проводу закріплюються жорсткими розпорками до несучого тросу, а їх додаткові стрижні обмежуються в вертикальному русі спеціальними обмежувачами.



Рисунок 1.8 - Жорсткі розпорки на фіксаторі

Високу вітростійкість, завдяки своїй мінімальній, відносно вертикальних контактних підвісок, конструктивній висоті, показала просторово-ромбовидна автокомпенсована контактна підвіска (ПРАКС).

За своїми характеристиками просторово-ромбовидну підвіску застосовують при електрифікації залізниць на ділянках з надскладними вітровими умовами.

Захист контактної мережі від атмосферних перенапруг - грозових розрядів, виконується за допомогою рогових та трубчастих розрядників, розрядників з магнітним дуттям та сучасними обмежувачами перенапруги (ОПН).

					02.15.ЕС2126.КРМ.2022–ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міжнародна практика застосування ОПН передбачає також встановлення в комплекті з ОПН лічильника спрацьовувань, що дає можливість моніторингу напрацювання ОПН для актуальної заміни їх за напрацюванням.

Найбільш важким експлуатаційним режимом для контактної мережі є робота під час ожеледі. Відкладення ожеледі на проводах та конструкціях контактної мережі викликають додаткові навантаження, що можуть призвести до обриву проводів та зламу підтримуючих конструкцій (консолей, жорстких поперечок).

Крім додаткових навантажень на контактну підвіску, ожеледь на контактній поверхні контактного проводу створює діелектричний прошарок, який під час струмознімання (особливо під час рушання) погіршує електропровідність ковзного контакту в наслідок чого підвищуються струми в контактній парі, виникає іскріння та дугоутворення, що як наслідок призводить до перепалу контактного проводу.

Для боротьби з ожеледдю застосовують електричні, хімічні та механічні засоби.

До електричних засобів відносять профілактичний підігрів проводів контактної підвіски та плавку ожеледі. Ці методи ґрунтуються на нагріванні проводів за рахунок підвищення густини струму методом короткого замикання або, як при профілактичному підігріві на постійному струмі – додатковим струмом підігріву.

До хімічних – обробка пристроїв контактної мережі (роз'єднувачів та вузлів вантажокомпенсацій) та струмоприймачів протиожеледними реагентами та змащеннями.

До механічних – засоби механічної оббивки ожеледі (МОГ, МОГ-Т, вібропантографи), що встановлюються на окремих платформах, автомотрисах, тепловозах, сплотках електровозів.

					02.15.ЕС2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.9 - Ожеледевідбивний пристрій МОГ-6 на автомотрисі АДМ



Рисунок 1.10 - Пристрій МОГ-Т на тепловозі ЧМЕ-3

					02.15.EC2126.KPM.2022-ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



Рисунок 1.11 - Вібропантограф, встановлений на крановій установці
автомотриси АДМ

Електричні засоби боротьби з ожеледдю є доволі дієвими, але мають свої недоліки. Для постійного струму таким недоліком є повне зупинення руху ЕРС при плавці ожеледі, що в умовах інтенсивного руху поїздів неможливе. На змінному струмі цей недолік має дещо інший вид – при плавці ожеледі на змінному струмі забороняється рух ЕРС між головними коліями станцій.

Вирішенням проблеми плавки ожеледі на постійному струмі стало застосування схем профілактичного підігріву. Схеми профілактичного підігріву не обмежують рух ЕРС проте запобігають лише появі ожеледі, а при вмиканні при вже існуючих відкладеннях тільки погіршують ситуацію.

Однією з сучасних пропозицій боротьби з ожеледдю є застосування вібраційного методу боротьби. Цей метод базується на подаванні к контактну мережу звукового сигналу визначеної частоти при якій відбувається відшарування ожеледних відкладень від проводів контактної підвіски.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Впровадження новітніх контактних підвісок та їх елементів

Першою високошвидкісною магістраллю в світі прийнято вважати японську лінію Токайдо-Сінкансен введена в експлуатацію в 1964 році з допустимою максимальною швидкістю руху – 210 км/год.

Для підвищення еластичності контактної підвіски застосовувалося чотири типи контактних підвісок: з роздільною компенсацією несучого троса, допоміжного та контактного проводів; звичайна подвійна підвіска; ресорна подвійна; потрійна та подвійна демпфована

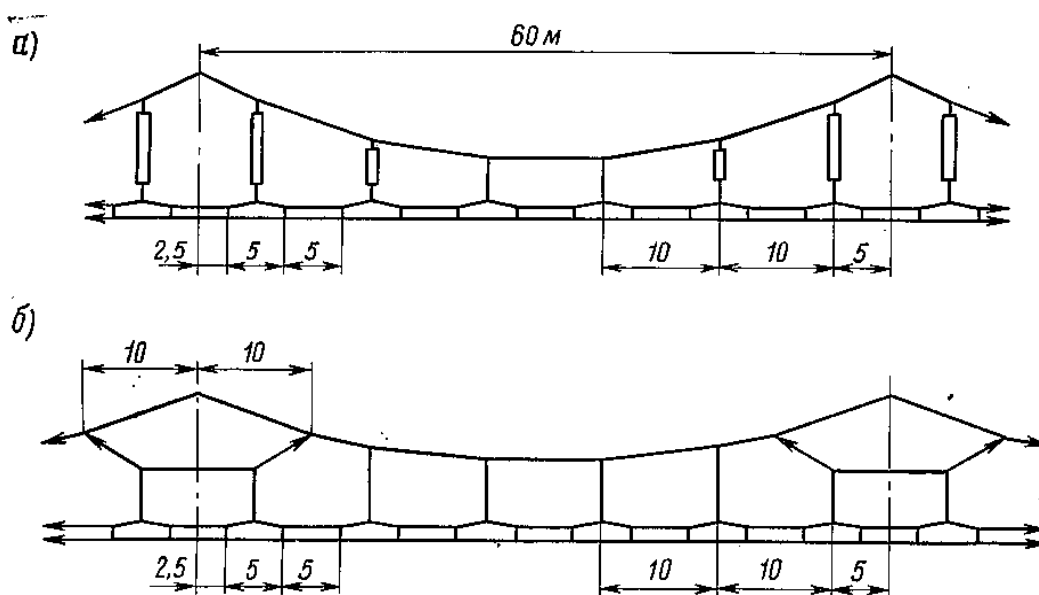


Рисунок 2.1 - Подвійні контактні підвіски на лінії Токайдо-Сінкансен 1964 року

На рис. 2.1, а) зображено подвійну демпфовану підвіску, де в опорних та перших від точки фіксації струнах встановлені демпфуючі елементи, що підвищують еластичність підвіски в точках фіксації.

Проте демпфовані підвіски не набули розповсюдження зважаючи на свою вартість, складність обслуговування та низьку надійність демпфуючих елементів.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

На основі Японського досвіду в радянському союзі було розроблено подвійну рівноеластичну підвіску, що мала практичну однакову еластичність у всіх точках прогону при натисках струмоприймачів до 30кГ.

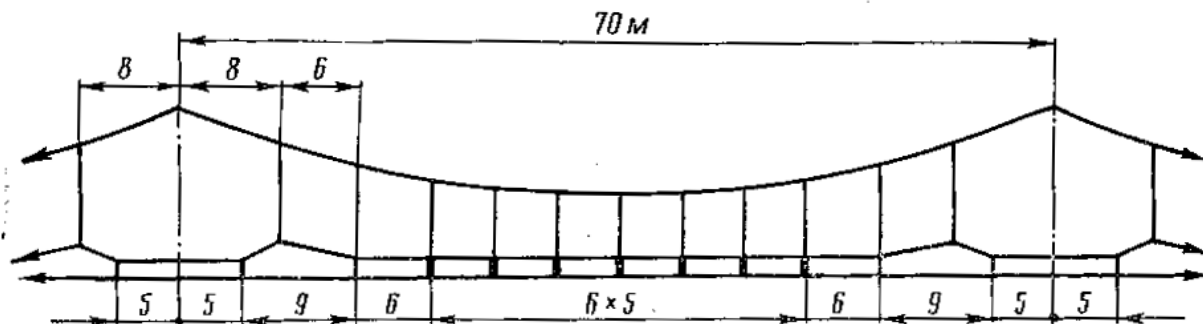


Рисунок 2.2 - Схема подвійної рівноеластичної підвіски для швидкостей 250-300 км/год

Розвиток швидкісних магістралей в Європі почався з Франції де для забезпечення якості струмознімання застосували підвищений натяг контактних проводів – до 33 кН.

Сучасний розвиток швидкісних магістралей в Європі продовжує використовувати підвищений натяг проводів. При використанні підвищеного натягу проводів контактної підвіски виникає проблема міцності існуючих проводів, для вирішення якої були розроблені низьколеговані та бронзові проводи і троси, що мають більшу механічну міцність та можуть безпечно використовуватися в підвісках з підвищеним натягом проводів.

На даний момент компанія Siemens пропонує ряд інноваційних контактних підвісок Sicat для різних родів струму та швидкостей руху як для магістральних ліній залізничного транспорту так і для міського транспорту.

Контактні підвіски Sicat використовують інноваційні рішення в своїх вузлах. Одним з таких рішень є застосування блочно-поліспастих компенсуючих пристроїв з храповим механізмом. Використання храпового механізму утримує вантажі вантажокомпенсації при обриві проводів, що мінімізує порушення контактної підвіски та пришвидшує її відновлення.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

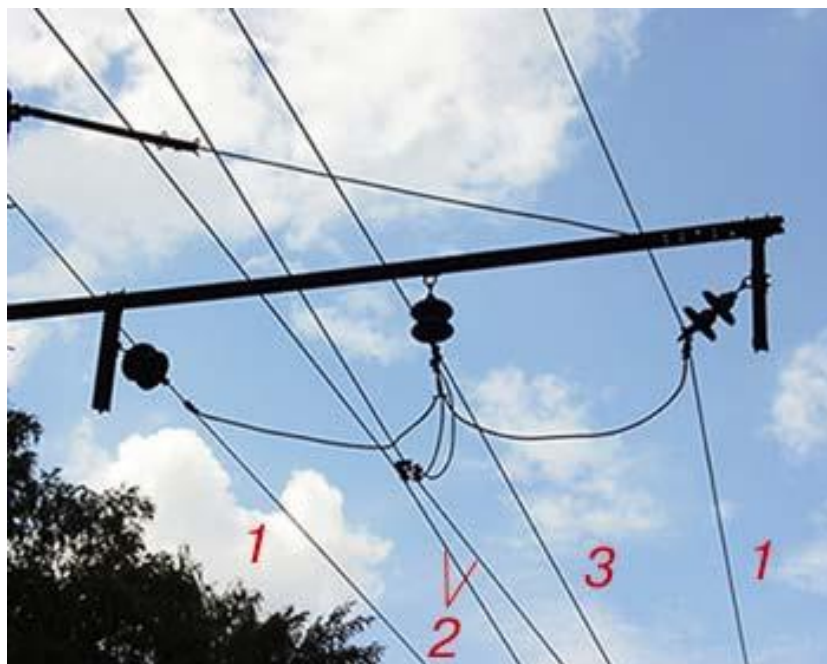
У 2014 році Харківським філіалом ДНДЦ розроблено для застосування проект контактної підвіски КС-200. Проектом передбачається використання кількох типів конструкцій консолей (залежно від специфічних умов експлуатації), високоміцних контактних проводів із підвищеним натягом, застосування блочно-поліспастих компенсаторів, стрижневих керамічних та полімерних ізоляторів підвищеної механічної та електричної міцності тощо. Для зменшення зносу контактних проводів та збільшення натягу на ділянках постійного струму передбачена їх заміна на проводи з легуваної міді. Нові технічні рішення, закладені в основу конструкції КС-200, забезпечують стійку роботу контактної мережі та високу якість струмознімання, зокрема на ділянках з екстремальними кліматичними та погодними умовами, а також нададуть перспективу впровадження швидкісного руху на залізницях України.

Однією з найнадійніших контактних підвісок є просторово-ромбовидна автокомпенсована контактна підвіска (ПРАКС). Надійність цієї підвіски полягає у відсутності струн, шарнірних з'єднань, компенсуючих пристроїв, а невелика висота значно підвищує вітростійкість і дає можливість застосування її в тунелях.

Просторово-ромбовидна автокомпенсована контактна підвіска має два несучі троси та два контактні проводи жорстко заанкеровані з двох боків анкерної ділянки при цьому довжина анкерної ділянки не нормується і може сягати довжини перегону або тунелю. В точках фіксації несучі троси закріплюються через ізолятори на горизонтальні консолі або жорсткі поперечини, а додаткові фіксатори (деталь КС-109) закріплені на несучих тросах регулюють положення контактних проводів відносно вісі колії формуючи ромбовидне їх положення.

В залежності від умов експлуатації може змінюватися відстань між точками фіксації і як наслідок кількість ромбів в прогоні без встановлення додаткових опор.

					02.15.ЕС2126.КРМ.2022–ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – несучий трос; 2 – контактний провід; 3 – посилюючий провід.

Рисунок 2.3 – Точка фіксації просторово-ромбовидної автокомпенсованої підвіски

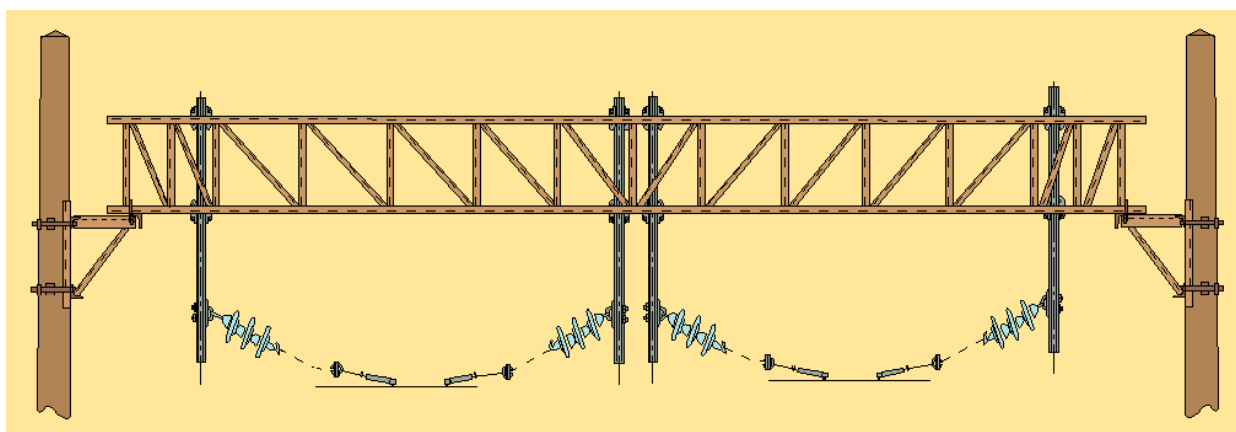


Рисунок 2.4 – Точка фіксації ПРАКС на жорсткій поперечині

Досвід експлуатації даної підвіски з моменту монтажу першої ділянки у 1982 році показав її надійність, дешевизну у будівництві та експлуатації. На відміну від вертикальних підвісок відсутність струн та компенсуючих пристроїв значно зменшує затрати на експлуатацію яка зводиться лише до контролю зносу контактного проводу. При монтажі даної підвіски в тунелях значно зменшуються затрати при розробці гірських порід, адже ПРАКС не потребує значного розширення тунелів, що також дає змогу її встановлення в старих тунелях з малими габаритами.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29



Рисунок 2.5 – Перегін зі змонтованою підвіскою ПРАКС (праворуч)

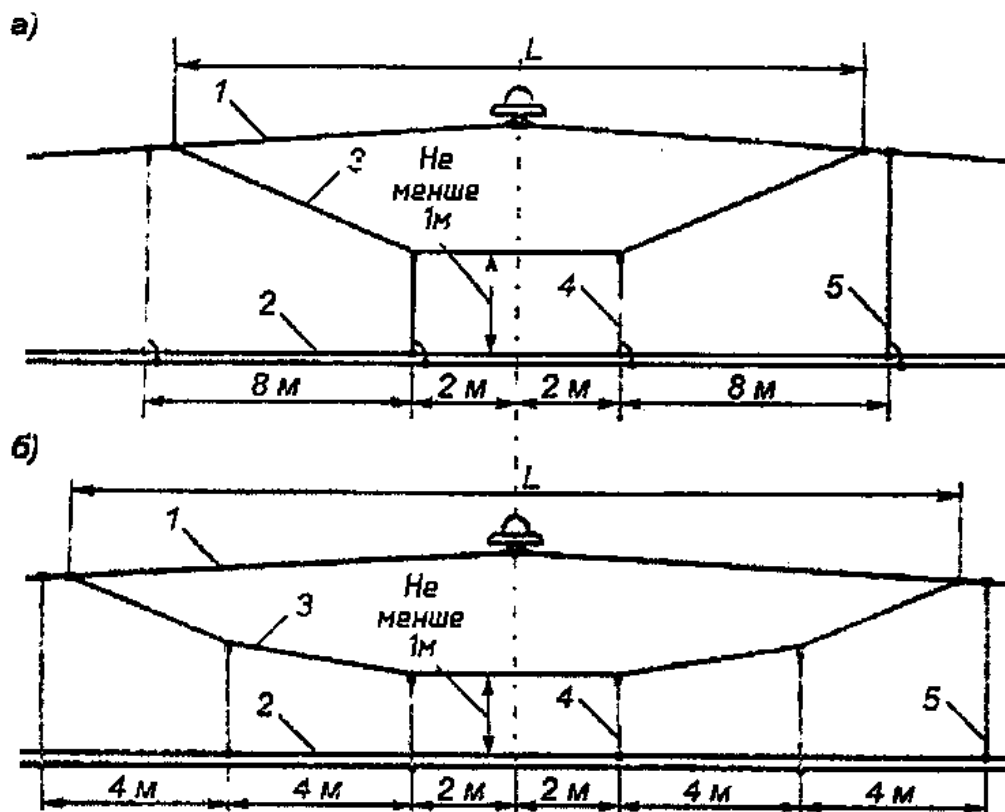
Принцип компенсації у ПРАКС полягає у зменшенні довжини проводів і тросів підвіски при зміні температур, що викликає зміну їх положення як по висоті так і відносно вісі колії. При максимальному перепаді температури до 80°C при довжині прольотів 50-70 м викликає відхилення висоти контактних проводів відносно РГР на 100 мм. Проте висота змінюється по всій довжині ділянки однаково що зберігає якість струмознімання. При тих же вхідних параметрах у напівкомпенсованій вертикальній підвісці зміни по висоті сягають 50%.

2.2 Підвищення еластичності контактних підвісок

Методами підвищення еластичності контактної підвіски без повного її перевлаштування є запровадження ресорних тросів в точках фіксації, застосування струмопровідних струн, підвищення натягу контактних проводів, застосування демпфуючих елементів.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Застосування ресорних тросів є найдешевшим методом підвищення еластичності контактної підвіски. Монтаж ресорних тросів на діючих підвісках відносно швидкий та економічний, при цьому має значний ефект підвищення еластичності у точці фіксації. Довжина тросу, кількість підресорних струн та відстані між ними залежать від типу підвіски.



а) напівкомпенсована підвіска; б) компенсована підвіска

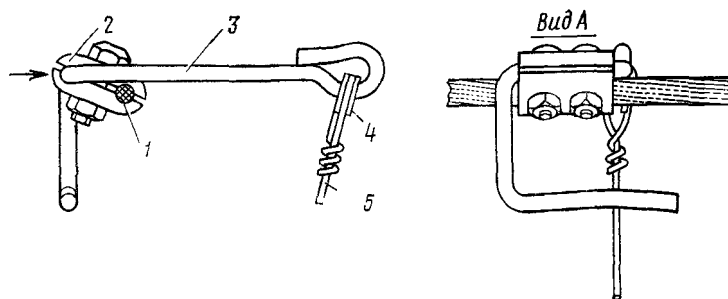
Рисунок 2.6 - Схема ресорного тросу (струни)

Таблиця 2.1 – Довжина ресорного тросу в залежності від типу підвіски

Кількість контактних проводів розташування підресорних струн і	Довжина ресорного тросу l , м	
	Компенсована підвіска	Напівкомпенсована підвіска
Один або два контактних проводів при суміщених струнах	$\frac{12-14}{18}$	10-12
Два контактних проводи на окремих струнах в шахматному порядку	$\frac{14-16}{20}$	12-14

Метод підвищення натягу проводів більш складний економічно адже в більшості випадків потребує заміни контактних проводів діючих ліній на проводи з більшою міцністю, такі як низьколеговані марки НЛФ, НЛО, НлОлФ, або бронзові марок БРФ, БРО, БРОУФ.

Застосування демпфуючих елементів не здобуло розвитку зважаючи на складність обслуговування, велику вартість та ненадійність. Проте як альтернатива демпфуючим елементам існують важільні струни, які в свою чергу прості в монтажі та експлуатації.



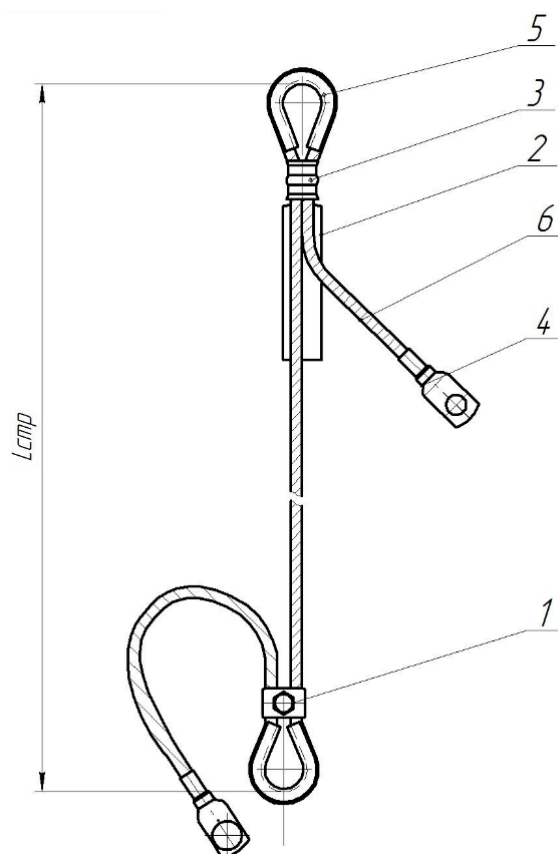
1 – несучий трос; 2 – затискач КС-054; 3 – важіль; 4 – коуш; 5 – струна.

Рисунок 2.7 – Важільна струна

В новітніх підвісках еластичність, а разом з тим і надійність, підвищується за рахунок застосування струмопровідних струн виготовлених з гнучкого мідного, або бронзового багатожильного проводу марки МГ або подібних. Застосування струмопровідних струн дає змогу відмовитися від значної кількості повздовжніх електричних з'єднувачів, що знижує кількість жорстких точок та мінімізує кількість обривів струн.

Обриви струн є найбільш розповсюдженим пошкодженням контактної мережі, яке в більшості випадків викликане механічним зносом ланок струни в місцях зчленування, на постійному струмі механічний знос підсилюється перетоками струмів. Відсутність ланкової структури та постійний електричний контакт між несучим тросом та контактними проводами значно зменшують знос струн. На рисунку 2.4 зображена мірна струмопровідна струна виготовлена з бронзового тросу ВЗ-II-10.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



1 - затискач для регулювання довжини струни; 2 - бірка з маркуванням та перетином; 3 - гільза фіксуюча; 4 - накінецьник; 5 - коуш; 6 - провід струни.

Рисунок 2.8 - Струмопровідна струна

2.2 Впровадження систем моніторингу параметрів контактної мережі

На електрифікованих залізницях Європи все більшої популярності набуває застосування систем моніторингу параметрів контактної мережі. Системи моніторингу в реальному часі фіксують параметри натягу проводів контактної мережі (несучого тросу та контактного проводу), вібраційні відхилення (удари, автоколивання, обриви проводів).

Альтернативним застосуванням систем моніторингу контактної мережі є приклад Польщі: польські залізниці тестують систему моніторингу контактної мережі для передбачення та швидкого визначення місць розкрадання елементів контактної мережі.

Система моніторингу контактної мережі Siemens Sicat CMS, що експлуатується на ділянках Кьольн-Франкфурт та Мадрид-Сеговія-Вальядолід є єдиною, що експлуатується системою моніторингу контактної мережі в Європі.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Принцип дії цієї системи побудований на реєстрації та обробці даних відхилення важелю, закріпленого на блоці компенсуючого пристрою за допомогою магнітних датчиків



Рисунок 2.9 - Блок компенсатора з системою Siemens Sicat CMS

SIEMENS
Ingenuity for life

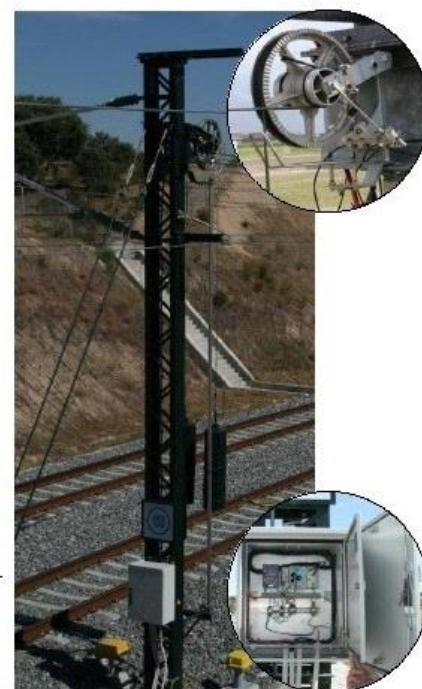
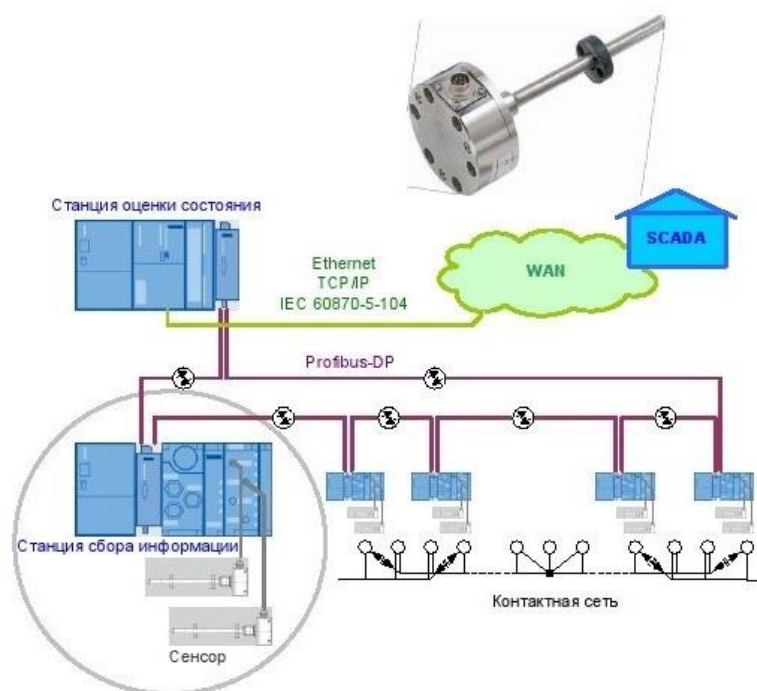


Рисунок 2.10 - Принципова схема роботи системи Sicat CMS

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк. 34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Система Sicat CMS може доповнюватися системою Sicat TMS яка контролює віджим проводів в точках контролю



Рисунок 2.11 - Датчик системи Sicat TMS



Рисунок 2.12 - Система Sicat TMS

Ще одним доповненням в системі моніторингу від компанії Siemens є система контролю роз'єднувачів – Sicat DMS, яка контролює положення роз'єднувача та працездатність приводу.

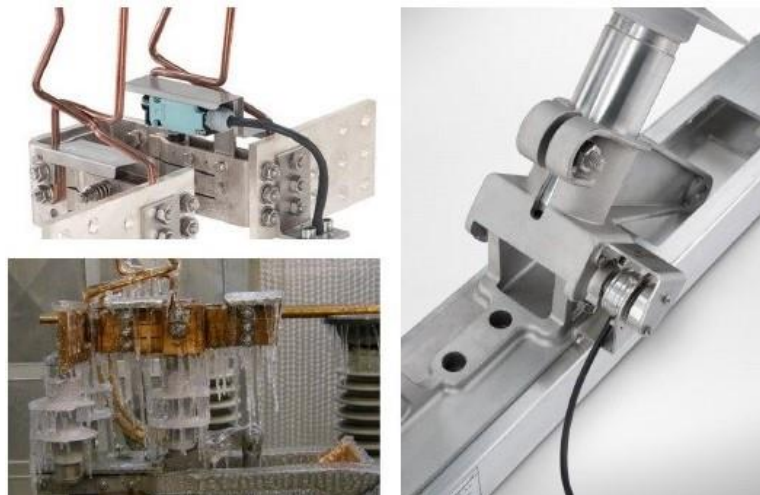


Рисунок 2.13 - Система Sicat DMS

На залізницях пострадянських країн експлуатується система моніторингу контактної мережі саратівського технічного університету, що в 2007 році була встановлена на ділянці Абганерово-Привольний.

Розробка даної системи проводилася в рамках проекту «Автоматична система попередження та видалення ожеледі з проводів повітряних ліній електропередач». Система складається з датчиків, що фіксують швидкість та напрямок вітру, температуру повітря, натяг проводів та цілісність контактної мережі.

Отримані показники оброблюються в енергодиспетчерському пункті де система сама визначає момент вмикання системи підігріву проводів контактної мережі.

При розробці системи передбачалася можливість подавання в проводи контактної мережі ультразвукові випромінювання частотою 20-30 кГц для очищення їх від ожеледі.

В 2010 році російські спеціалісти розробили систему діагностики та віддаленого моніторингу стану контактної мережі (СДУМКС).

Дана система дозволяє виявляти:

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- проходження поїзда (в тому числі високошвидкісного);
- прокачку вантажів компенсуючих пристроїв;
- обрив жил несучого троса;
- падіння сторонніх предметів на проводи контактної мережі;
- виникнення резонансних коливань;
- вплив кліматичних умов.

Основою системи є встановленому на компенсуючому пристрої регістраторі. Регістратор складається з датчиків вібрації, температури, датчику звукової емісії, мікроконтролеру, системою передачі даних та автономним живленням, що забезпечує роботу регістратора на період до одного року.

Система має багаторівневу систему де на першому рівні (безпосередньо регістратор) отримані показники оцифровуються, компілюються та передаються на другий рівень (АРМ-ЕЧК, АРМ-ЕЧЦ) де отримані показники опрацьовуються, зберігаються в архів та виводиться інформація про стан контактної мережі на монітор оператора. На третьому рівні інформація з другого рівня передається в службу електропостачання де проходить ті ж операції що й на другому рівні.



Рисунок 2.14 - Регістратори системи СДУМКС

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

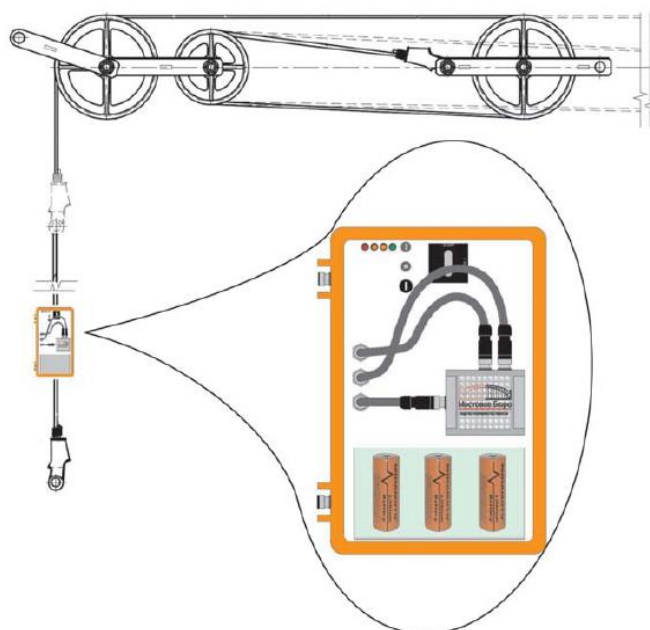


Рисунок 2.15 - Блок системи СДУМКС

З АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ МОНІТОРІНГУ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ НА ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

3.1 Актуальність застосування на діючих електрифікованих ділянках залізниць України

Застосування систем моніторингу контактної мережі на електрифікованих залізницях України дозволє знизити кількість аварійних відказів та пошкоджень контактної мережі за рахунок можливості виявлення аварійних відхилень параметрів контактної підвіски на ранніх етапах. Крім того системи моніторингу контактної мережі дозволять фіксувати незначні пошкодження контактної мережі в реальному часі з точністю до анкерної ділянки, що дасть змогу негайного прийняття заходів до їх усунення та попередження поїздів, які наближаються до аварійної ділянки.

Звертаючи увагу на розглянуті вище можливості систем моніторингу при розробці вітчизняних систем можуть бути застосовані функції аналізу резонансних коливань та моніторингу ожеледеутворення, застосування додаткових датчиків контролю напруги, проходження поїзду тощо.

Найбільш поширеними пошкодженням контактної підвіски є обриви струн, при положенні обірваної струни в габариті струмоприймача масштаб пошкодження може збільшитися до зламу струмоприймачів, обриву наступних струн, перепалу або обриву контактного проводу. Використання системи моніторингу може попередити дані пошкодження або як мінімум відключити аварійну ділянку для запобігання перепалу проводів та спалахуванню дахового обладнання ЕРС.

В деяких випадках при обриві проводів контактних підвісок не відбувається короткого замикання, це викликано зачіпленням деталей контактної мережі один за одного, утримання обірваних проводів електричними з'єднувачами та іншими

					02.15.ЕС2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементами контактної підвіски. Дані пошкодження не виявляються існуючими засобами релейного захисту і несуть небезпеку для поїздів. Датчики, встановлені на проводах контактної підвіски в змозі зафіксувати ці обриви і в режимі реального часу передати відповідний сигнал оператору системи.

Зважаючи на ведення в Україні бойових дій викликаних російською агресією доволі частими пошкодженнями контактної мережі є обриви проводів в результаті ракетних ударів та артилерійських обстрілів. Дані пошкодження в свою чергу можуть бути явними – коли місце пошкодження видно, та скритими – коли пошкодження непомітне адже викликане вищерблинами в контактних проводах та підтримуючих конструкціях або перебиттям декількох жил в несучому тросі або підсилюючому проводі.

Такі пошкодження можуть бути не помічені а при збільшенні в проводах механічного або електричного навантаження погрожують обривом.



Рисунок 3.1 - Обрив контактного проводу без виникнення короткого замикання

					02.15.ЕС2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40



Рисунок 3.2 - Пошкодження проводів контактної підвіски зі зменшенням їх перетину

На даний момент залізниці України виконують стратегічну роль в обороні країни: залізницею перевозяться військові та гуманітарні грузи, виконується евакуація людей в більш безпечні регіони країни.

Виявлення аварійних відхилень на ранніх етапах, швидке відшукування місця пошкодження (можливого пошкодження) дозволяє уникнути появи аварійних ситуацій і як наслідок затримки поїздів.

Крім того, беручи до уваги Польський підхід до систем моніторингу контактної мережі як міру попередження крадіжок, ми забезпечимо охорону пристроїв контактної мережі від крадіжок.

Крадіжки проводів та пристроїв контактної мережі, обладнання постів секціонування (ПСК) та паралельного з'єднання (ППС) завдає великих економічних втрат для залізниці.

Економічні втрати внаслідок крадіжок мають в собі декілька коренів:

- економічні втрати на відновлення пристроїв;
- економічні втрати пов'язані з затримкою поїздів;
- економічні втрати на оплату праці бригад задіяних у відновленні;
- іміджеві економічні втрати.

Іміджеві економічні втрати є самими непередбачуваними адже формуються як результат думки споживача транспортних послуг (пасажир, власника вантажу, логістичної компанії, що співпрацює з залізницею). Кожна затримка викликає у споживача думку про ненадійність даного оператора, що як наслідок призводить до відказу від послуг залізниці та надання переваги іншим перевізникам.

Отримані дані від систем моніторингу можуть використовуватися технічними відділами дистанцій електропостачання для аналізу роботи контактних підвісок, контролю споживання та розподілу електроенергії в системі тягового електропостачання.

В науковому світі отримані показники можуть використовуватися при дослідженні нових елементів контактної мережі, при випробуванні нових одиниць ЕРС, для дослідження струморозподілу, та аналізу роботи контактної підвіски.

3.2 Модель системи моніторингу стану контактної мережі

3.2.1 Первинні датчики

Виходячи з огляду на описані вище системи моніторингу контактної мережі побудуємо модель системи моніторингу контактної мережі для електрифікованих залізниць України.

До набору первинних датчиків слід включити:

- Тензометричний датчик

Застосування тензометричних датчиків дає змогу контролювати натяг проводів контактної мережі (контактного(их) проводу(ів) та несучого тросу, в деяких випадках тросів середньої анкеровки)

					02.15.ЕС2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– Акселерометр

Застосування акселерометрів дає змогу контролювати відхилення проводів контактної мережі в площині, що дає змогу контролю контактної мережі під дією вітру, та як додаткову інформацію при механічних пошкодженнях контактної підвіски.

– Датчики температури

Показання датчиків температури дозволяють коригувати дані натягу проводів контактної мережу в залежності від температури

– Звукові (п'єзодатчики)

Застосування даних датчиків дозволить фіксувати малі за своєю силою удари струмоприймачів та обриви струн

– Датчики контролю рівня напруги в контактній мережі

Застосування датчиків контролю рівня напруги дозволить додатково аналізувати струморозподіл в міжпідстанційних зонах

– Датчики проходження поїзду

Дані датчики дадуть змогу підвищення точності аналізу отриманих даних від інших датчиків

- Датчик контролю відкладень ожеледі

Лазерний датчик змонтований на робочих проводах або спеціально змонтованих імітаційних, що контролює наявність, висоту та просторове положення відкладень ожеледі.

На перегонах зі значною довжиною та різними географічними умовами (виїмки, насипи, лісополоси, відкрита місцевість, вітрові ділянки) ожеледеутворення може бути місцевим на окремому відрізку перегону – показники датчиків ожеледеутворення можуть завчасно попередити про утворення ожеледі, що дає змогу застосування електричних засобів боротьби, не застосовуючи механічні.

Завчасне застосування профілактичного підігріву проводів контактної мережі попереджає утворення ожеледі, в той же час застосування підігріву при наявності ожеледі викликає тільки погіршення ситуації. Під дією підігріву

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відносно рівномірні відкладення ожеледі починають підтавати та переміщуючись до низу застигають формуючи наростаючий шар ожеледі на контактній поверхні контактного проводу. Завчасна інформація про початок ожеледних відкладень дає змогу завчасно ввімкнути схеми підігріву.

3.2.2 Алгоритм обробки даних

Отримані данні від датчиків проходять через аналогово-цифровий перетворювач (АЦП) і потрапляють на мікроконтролер. В мікроконтролері отримані дані компілюються, шифруються та готуються до передачі.

Підготовлені данні потрапляють на пристрій передачі даних з якого вже передається до центру обробки даних через провідні, безпроводні засоби зв'язку, або через засоби мережі інтернет.



Рисунок 3.3 - Принцип дії блоку датчиків

Блок збору даних з датчиків може бути як об'єднаним з датчиками так розташовуватися окремо та мати зв'язок з датчиками проводами або місцевими бездротовими засобами зв'язку. У разі розташування блоку збору даних окремо і забезпечення бездротового зв'язку з датчиками дещо підвищиться собівартість комплекту датчиків за рахунок додаткових приймально-передавальних пристроїв та забезпечення датчиків окремими елементами живлення.

Сам блок збору даних доречно забезпечити сонячними панелями для підвищення його автономності. Крім цього, має бути пропрацьована система самоконтролю, для постійного контролю працездатності датчиків для

уникнення передачі хибних показників.

3.2.3 Розвинена система моніторингу контактної мережі

Розвинена система моніторингу контактної мережі має передбачати інформування всіх відповідальних керівних ланок в масштабі дистанції електропостачання, забезпечувати мобільність повідомлень, мати зручний графічний інтерфейс та архів зберігання отриманих даних (як нормальної роботи так і аварійних ситуацій).

Центром обробки даних до якого потрапляють дані з датчиків актуально призначити енергодиспетчерський пункт, у разі наявності декількох кіл, то на кожне енергодиспетчерське коло має відповідати свій центр обробки даних.

Центр обробки даних являє собою сервер на якому змонтовано аналітичне програмне забезпечення, що порівнює отримані показники з датчиків з нормованими показниками нормального режиму приймаючи коригуючи коефіцієнти та нормативні допуски.

Оброблені дані компілюються та зберігаються в окремий архів з періодичністю зміни, доби, тижня... Копії компільованих архівних даних передають для зберігання в архіві АРМ відповідних підрозділів та технічний відділ, де за отриманими показниками можна проводити аналіз роботи підвіски на окремих ділянках.

Інформація про відхилення параметрів та аварійні ситуації виводиться на АРМ енергодиспетчера (відповідного кола) та на АРМ чергового району контактної мережі на ділянці якого було зафіксовано порушення режиму.

На АРМ-ЕЧЦ графічний інтерфейс системи моніторингу повинен відображати всю контрольовану зону з розбиттям на анкерні ділянки, позначенням станцій та перегонів тощо. При сигналізування аварійної (передаварійної) ситуації на графічному інтерфейсі має «підсвічуватися» анкерна ділянка та датчики, що зафіксували відхилення. Додаткова інформація про характер та місце пошкодження з зазначенням зафіксованих і нормативних величин виводиться у спливаючому вікні.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Подальшим розвитком системи може бути застосування мобільних застосунків на базі iOS та Android які будуть в реальному часі інформувати відповідальних осіб по районах контактної мережі (начальник, старший електромеханік, електромеханіки) та по дистанції електропостачання (начальник, заступники, головний інженер).

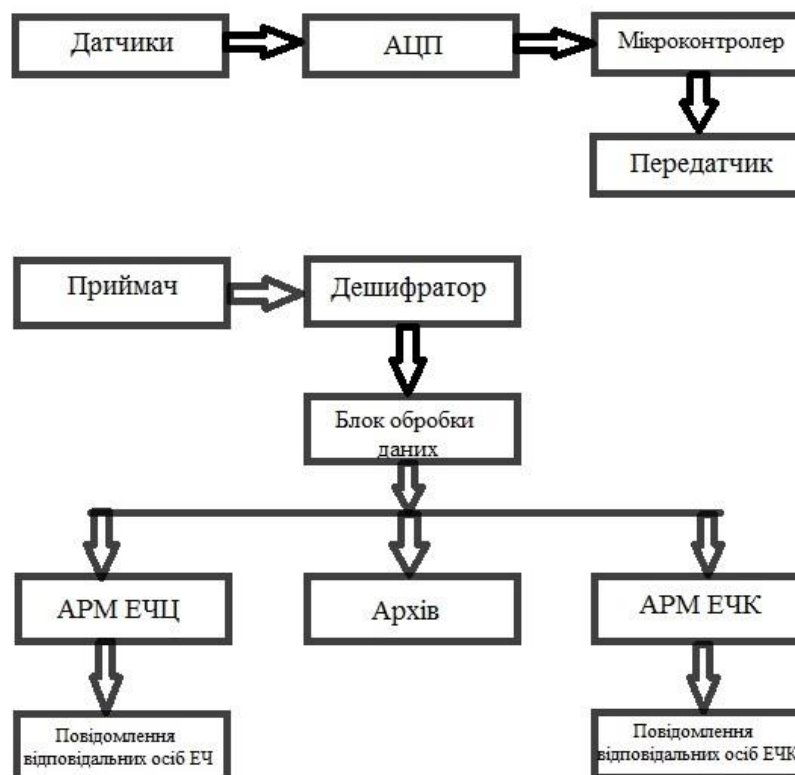


Рисунок 3.4 - Схема розвинутої системи моніторингу

Інформацію отриману від датчиків проходження поїзду додатково можна використовувати для дублювання сигналістів при роботі зі знімної ізолюючої вишки передаючи дану інформацію на додатковий мобільний застосунок керівнику робіт.

Застосунок (або пристрій) для дублювання сигналістів дасть змогу перестрахування від наїзду поїздів при зниженні пильності сигналістів, не сприйнятті сигналів керівником чи проміжним сигналістом, перебоях з радіозв'язком (розрядка батарей живлення, несправності, зони поганого радіосигналу тощо).

Кожен фактор порушення зв'язку між сигналістами та керівником робіт може призвести до затримки поїздів чи навіть гибелі або травмування робітників. Застосування даного застосунку в сукупності з традиційними засобами огороження місця робіт мінімізує дані ризики.

Інтерфейс умовного додатку (або пристрою) має надавати змогу вибору перегону (станції) з можливістю зазначення кордонів місця робіт (кілометр, пікет, колія) та умовної відстані попередження (відстань від датчика руху поїздів до місця робіт). При цьому додаток (пристрій) повинен забороняти встановлення відстані попередження меншу ніж дозволена за умовами діючих інструкцій з сигналізації ЦШ-0001 та Інструкції з техніки безпеки при роботах зі знімної ізолюючої вишки.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Проаналізувавши світовий досвід підвищення якості струмознімання та підвищення надійності контактної мережі для електрифікованих залізниць України доцільно застосування комплексу з застосування новітніх контактних підвісок, деталей контактної мережі виготовлених за сучасними більш досконалими технологіями та застосування систем моніторингу стану контактної мережі.

Зважаючи увагу на об'єм фінансових вкладень для переоснащення контактних підвісок на більш сучасні та складне економічне положення країни викликане військовою агресією росії, то найбільш актуальним варіантом на даний час є застосування систем моніторингу стану контактної мережі.

Застосування цих систем не потребує значних вкладень в порівнянні з переоснащенням контактних підвісок, проте значно підвищить надійність контактної мережі.

В подальшому застосування систем моніторингу на нових та реконструйованих лініях дасть змогу попередження та швидкого усунення аварійних ситуацій, а отримані дані спостережень дадуть матеріал для подальшого розвитку контактних підвісок.

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Bechmann J., Dolling A., Hahn G. et al. Überwachungseinrichtung für Oberleitungskettenwerke // Elektrische Bahnen. 2008. Bd 106.
2. Устименко Д. В. Сучасний стан проблеми струмознімання на електрифікованих залізницях. – Електрифікація транспорту, № 12. – 2016. – ISSN 2307-4221.
3. Kanievski M., Kuznetsov V., Hubskeyi P., Sychenko V., Antonov A. Modeling the Quality of Current Collection Under the Conditions of a Growing Speed of Rolling Stock. Transport Means 2020 : Proc. Of 24th Intern. Sci. Conf. (Sept. 30 – Oct 02.2020, Kaunas, Lithuania. Kaunas, 2020. Pt. I. P. 260-064.
4. ЦЕ-0023 Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць. – Київ 2008.
5. Контактна мережа електрифікованих залізниць .Улаштування контактної мережі: навч.посіб. /В.О.Дьяков, Д.О.Босий, А.В.Антонов; м-во, освіти і науки України, Дніпропетровський нац ун-т залізничного трансп. ім акад. В.Лазаряна – Дніпро: Стандарт-Сервіс, 2017. -228с – ISBN 978-617-7382-09-05
6. Кім Є.Д. Захист від перенапруг електротягових мереж постійного струму: методологія вибору ОПН / Є.Д. Кім, В.Г.Сиченко//Вісн. Дніпропетр. Нац. Ун-ту залізн. Трансп. Ім акад. В.Лазаряна – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 37. – С, 72-83. -DOI: 10/15802/stp2011/9442
7. Młyńczak J., Pawelak M.: Monitoring sieci trakcyjnej. Infrastruktura Transportu 2012 nr 5, s. 56- 59, bibliogr. 1 poz.
8. Mikulski J., Młyńczak J., Pawelak M.: Ochrona antykradzieżowa sieci trakcyjnej. W: Computer systems aided science and engineering work in transport, mechanics and electrical engineering. TRANSCOMP2010. 14th International conference, Zakopane, Poland, 6 XII - 9 XII 2010. Conference proceedings. [Dokument elektroniczny].
9. Дьяков В. О., Експериментальне визначення характеристик просторово-ромбовидної контактної підвіски, В. О. Дьяков, О.Ю. Сушко – Електрифікація

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

транспорту «ТРАНСЕЛЕКТРО – 2017»: Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції (Дніпро, 20–21.12.2017 р.) – Д.: ДНУЗТ, 2017. – 13 с.

10. Шеремет, О. П. Удосконалення арматури контактних підвісок для поліпшення струмознімання в умовах швидкісного руху / О. П. Шеремет, В. О. Дьяков, В. Г. Сиченко // Електрифікація транспорту: тези докл. междунар. научно-практ. конф. (3.06 – 5.06.2009). – Мисхор, 2009. – С. 70–71.

11. В.В.Божко, Особливості конструкції контактної мережі змінного струму для швидкостей руху 160–200 км/год для залізниць України/ В.В.Божко, О.О.Краснов, С.В.Демченко (ДНДЦ УЗ) – Електрифікація транспорту, № 9. - 2015. – ISSN 2307-4221

					02.15.EC2126.KPM.2022–ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50