



В. О. Дьяков, Д. О. Босий, А. В. Антонов

КОНТАКТНА МЕРЕЖА ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ

УЛАШТУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

2017

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ
ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА**

В. О. ДЬЯКОВ, Д. О. БОСИЙ, А. В. АНТОНОВ

КОНТАКТНА МЕРЕЖА ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ

**УЛАШТУВАННЯ КОНТАКТНОЇ
МЕРЕЖІ**

Дніпро 2017

УДК 621.332.3

К 41

ISBN 978-617-7382-09-05

Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017

Рецензенти:

д-р техн. наук, проф. Афанасов А. М. (ДНУЗТ)

д-р техн. наук, проф. Шкрабець Ф. П. (НГУ)

Рекомендовано Вченою радою Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (Протокол № 9 від 24.04.2017 р. Реєстр. № 305/17-11 від 25.04.17)

КОНТАКТНА МЕРЕЖА ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ.

УЛАШТУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

К 41 Контактна мережа електрифікованих залізниць. Улаштування контактної мережі: Навчальний посібник / Дьяков В. О., Босий Д. О., Антонов А. В. – Дніпро: Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017. – 228 с. ISBN 978-617-7382-09-05

УДК 621.332.3

В початковому посібнику викладаються конструктивні особливості пристроїв контактної мережі електрифікованих залізниць. Розглянуті питання живлення та секціонування контактної мережі.

Навчальний посібник призначений для студентів вищих навчальних закладів, які навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». Може бути корисним науковим, науково-педагогічним працівникам, інженерно-технічним та науково-технічним робітникам, зайнятим проектуванням, будівництвом та експлуатацією контактної мережі електрифікованих залізниць, а також студентам та аспірантам вищих навчальних закладів.

Іл. 126. Табл. 18. Бібліограф. 22.

© Дьяков В. О., Босий Д. О., Антонов А. В., 2017

© Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка
В. Лазаряна, 2017

© Вид-во ПФ «Стандарт-Сервіс», 2017

ISBN 978-617-7382-09-05

ПЕРЕДМОВА

На електрифікованих залізницях України експлуатуються важковагові та подовжені поїзди, підвищуються швидкості руху пасажирських та приміських поїздів. В зв'язку з цим підвищуються вимоги до надійності пристроїв контактної мережі, що призводить до необхідності постійного вдосконалення конструкції контактної мережі, методів її розрахунку та технічного обслуговування.

При написанні даного навчального посібника використано багатолітній досвід викладання курсу «Контактна мережа» на кафедрі «Інтелектуальні системи електропостачання» (до 2016 р. – «Електропостачання залізниць»). В навчальному посібнику використовуються: система одиниць СІ, сучасні технічні вимоги та нормативні акти [1 – 6], вітчизняна та закордонна технічна та навчальна література.

Навчальний посібник складається з трьох частин: «Улаштування контактної мережі», «Проектування контактної мережі», «Аварійні режими та струмознімання».

Навчальний посібник написали: к.т.н., доц. Дьяков В. О. – розділи 5 – 8, 10; к.т.н., доц. Босий Д. О. – розділи 2, 4; аспірант Антонов А. В. – розділи 3, 9; розділи 1, 11 написані у співавторстві.

Автори висловлюють глибоку подяку рецензентам: д-ру техн. наук, проф. Афанасову А. М., д-ру техн. наук, проф. Шкрабцю Ф. П. та першому заступнику начальника служби електропостачання філії «Придніпровська залізниця» ПАТ «Укрзалізниця» Горбачу С. О. за цінні зауваження та поради, зроблені ними при рецензуванні рукопису цього

навчального посібника. Особливу вдячність автори висловлюють аспірантам Косарєву Є. М. та Міронову Д. В. за допомогу в оформленні рукопису навчального посібника.

Усі зауваження та пропозиції відносно навчального посібника авторами будуть прийняті з вдячністю. Просимо надсилати їх за адресою: 49010, м. Дніпро, вул. Лазаряна 2, кафедра «Інтелектуальні системи електропостачання», к. 334.

1. ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ

При модернізації залізничного транспорту України, як і раніше, провідну роль гратиме електрифікація залізниць. На поточний час експлуатаційна робота залізничного транспорту в основному виконується електричною тягою. Станом на 01.01.2017 р. експлуатаційна довжина електрифікованих залізниць складає 9355 км, що складає 47,5 % загальної протяжності залізниць України. На сьогодні, Україна займає 10 місце в світі за протяжністю електрифікованих залізниць. Схема електрифікованих залізниць України приведена на рис. 1.1.

В Україні особлива увага приділяється електрифікації залізниць, це дозволяє збільшувати провізну та пропускну спроможність залізничних ліній, вирішувати енергетичні та економічні проблеми держави.



Рис. 1.1 Схема електрифікованих залізниць України

Стратегія подальшої електрифікації українських залізниць збігається з відповідною зарубіжною тенденцією. За кордоном в останні роки збільшуються темпи приросту електрифікованих ліній, що викликано підвищенням конкурентної здатності електрифікованих залізниць при швидкісному та високошвидкісному русі з іншими видами транспорту. Подібна тенденція спостерігається і в країнах Євросоюзу, на що вказує розповсюдження систем електричної тяги (рис 1.2).

За роки незалежності експлуатаційна довжина електрифікованих залізниць України збільшилась більш ніж на 1800 км (рис. 1.3).

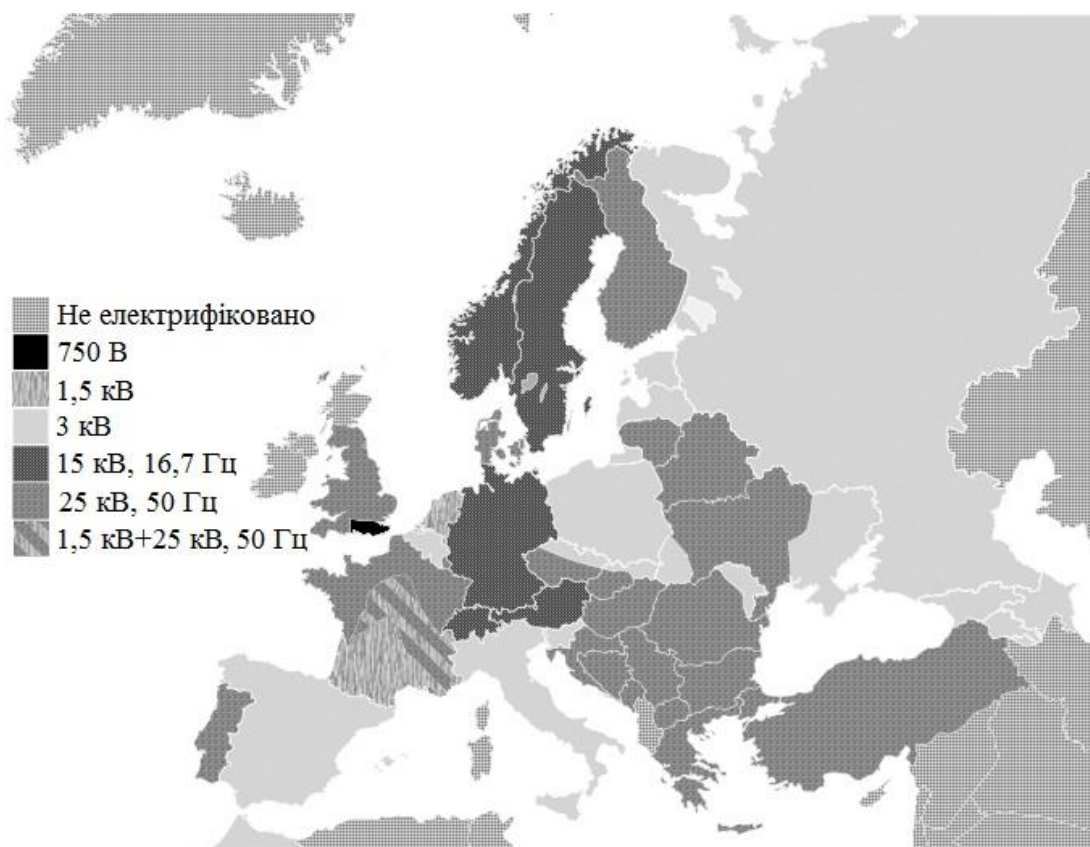


Рис. 1.2 Схема використання систем електричної тяги в Європі

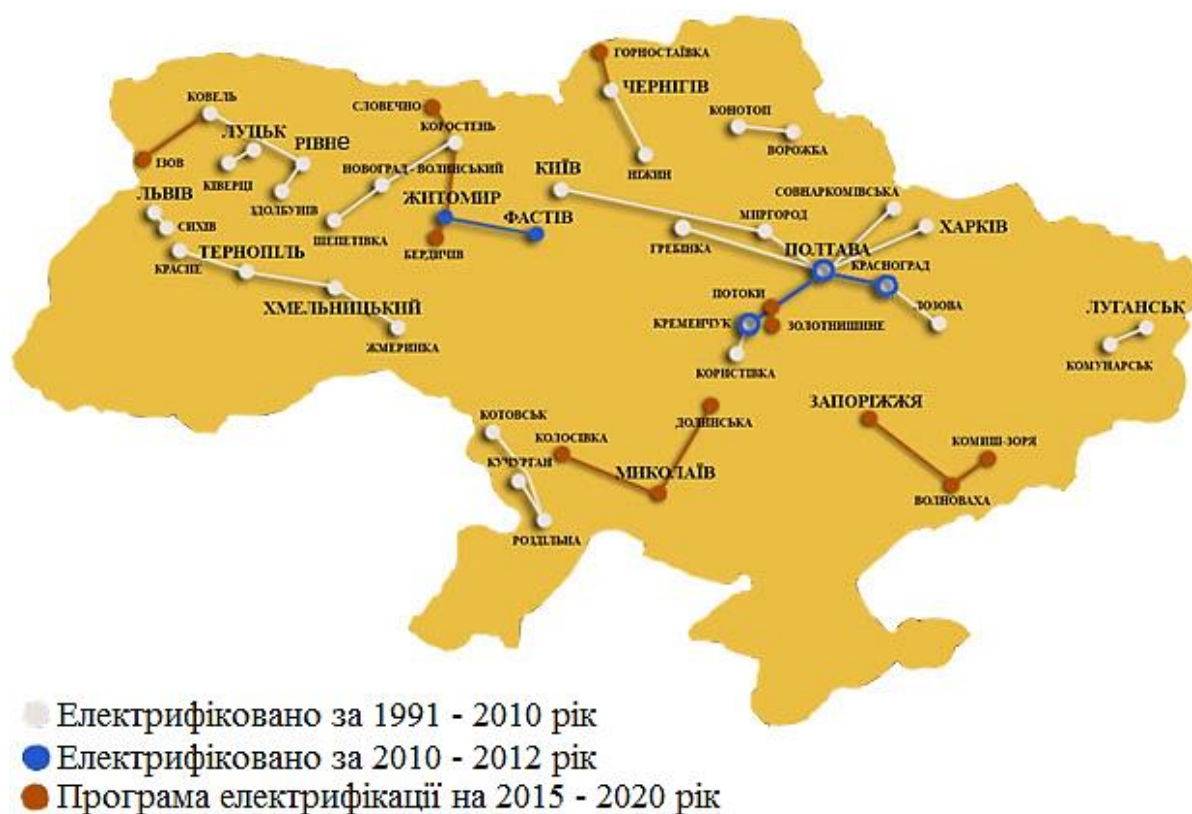


Рис. 1.3 Схеми ділянок залізниць, електрифікованих за роки незалежності України

1.1 Історія розвитку електрифікованих залізниць

На можливість використання електричної тяги на залізницях вказував ще в 1874 році в заявці на привілею російський спеціаліст Ф. А. Піроцький. В 1875 – 1876 роках він проводив дослідження на Сестрорецькій залізниці з передачі електричної енергії ізольованими від землі рейками. Передача електроенергії здійснювалася на відстані близько 1 км. В якості зворотного проводу використовувалась друга рейка. Електрична енергія передавалась двигуну, але ця ідея залишилась на рівні експерименту.

Загальновизнаним днем народження ідеї використання електричної енергії на транспорті вважається 31 травня 1879 року, коли на Берлінській промисловій виставці Вернер фон Сіменс продемонстрував першу електричну залізницю довжиною 300 м. Електровоз (трамвай) використовувався для катання відвідувачів територією виставки (рис. 1.4).



Рис. 1.4 Електрична залізниця на Берлінській промисловій виставці

Електровоз отримував живлення від залізної смуги, укладеної між рейками, постійним струмом напругою 150 В. Зворотним проводом слугувала одна з ходових рейок.

Після успіху на Берлінській промисловій виставці Вернер фон Сіменс приступив до будівництва електричної трамвайної лінії в пригороді Берліна Лихтерфельде. А вже 16 травня 1881 року перший трамвай відкрив рух між Берліном та Лихтерфельде, тим самим відкривши

епоху трамвайного руху. Моторні вагони жилилися постійним струмом 100 В від рейок. В 1890 році електрична тяга була використана в лондонському метро. Електричний постійний струм напругою 500 В подавався на електродвигуни вагонів від третьої рейки. Ця система виявилась дуже успішною та почала швидко розповсюджуватись в інших країнах світу.

На території сучасної України перший трамвай в експлуатацію був введений в 1897 році військовим інженером А. Є. Струве в Києві (рис. 1.5). Це була перша трамвайна лінія того часу в Російській імперії. Дещо пізніше, в 1897 році був відкритий трамвайний рух в Катеринославі (м. Дніпро).



Рис. 1.5 Київська міська залізниця

Починаючи з 1893 року одночасно з трамваями прискореними темпами в світі почали розвиватися приміські та міжміські електрифіковані залізниці. А до 1900 року тільки в Європі їх протяжність досягла 10 тис. км.

Перші електрифіковані залізниці по своїй протяжності були невеликими. Будівництво залізниць великої протяжності наптовхувалось на складнощі, викликані значними втратами енергії, які викликає передача постійного струму на великі відстані. З появою в 80-х роках XIX сторіччя трансформаторів змінного струму з'явилась можливість передачі електричної енергії на великі відстані з використанням ліній електропередачі високої напруги. В зв'язку з цим, на початку XX століття окрім постійного струму на електрифікованих залізницях з'явився змінний струм різної напруги та частоти. На сьогодні, на електрифікованих залізницях світу використовуються різноманітні системи електричної тяги (рис. 1.6). В той час, для системи електричної тяги змінного струму ($U=25$ кВ, $f=50$ Гц) існують модифікації, які були розроблені для зниження електромагнітного впливу системи тягового електропостачання на суміжні пристрої: 1х25 кВ з відсмоктуючими трансформаторами (ОМО), 1х25 кВ з екрануючим та підсилюючим проводом (ЕУП), 2х25 кВ з автотрансформаторами. Крім того, системи 1х25 кВ з ЕУП та 2х25 кВ знижують втрати напруги в тяговій мережі, що дозволяє суттєво збільшити відстань між тяговими підстанціями. Аналогічні модифікації існують і для систем електричної тяги змінного струму ($U=15$ кВ, $f=16\frac{2}{3}$ Гц).

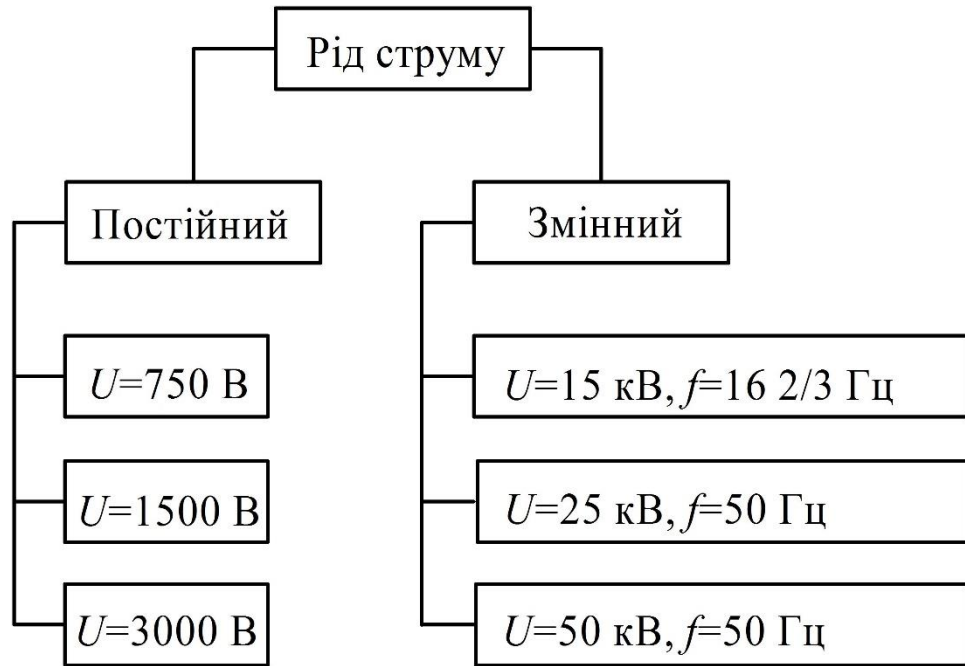


Рис. 1.6 Класифікація систем електричної тяги

Електрифікація залізниць дозволяє суттєво збільшити швидкості руху. На сьогодні, світовий рекорд швидкості належить електропоїзду TGV POS №4402 та складає 574,8 км/год. Рекорд встановлений у Франції 3 квітня 2007 року.

Електрифікація залізниць також дозволяє експлуатувати протяжні залізничні тунелі. Перший тунель був електрифікований в 1896 році в США на ділянці Балтімор – Огайо. Він використовувався для вантажного руху та мав довжину 2,5 км. Електровози, працюючи на цій ділянці, отримували електричну енергію від третьої рейки напругою 600 В. На сьогодні, найдовший електрифікований залізничний тунель має довжину 57,1 км. Він прокладений в Альпах (Готардський тунель) в Швейцарії, який був відкрити 1 серпня 2016 року. Електропоїзди в тунелі можуть розвивати швидкість до 275 км/год, що дозволило значно скоротити шлях з Цюриха до Мілану.

На території сучасної України, перша електрифікована ділянка Долгінцево – Запоріжжя була запущена в експлуатацію 5 листопада 1935 року. Введення в експлуатацію першої електрифікованої ділянки стало можливим завдяки пуску в експлуатацію в 1932 році перших гідрогенераторів на Запорізькій ГЕС.

На сьогодні, електрифікація залізниць України виконується в основному на системі змінного струму 25 кВ 50 Гц. На 01.01.2017 року розгорнута довжина контактної мережі склала 14 408,5 км – на змінному струмі 25 кВ 50 Гц та 11 052,8 км – на постійному струмі 3 кВ.

1.2 Контактна мережа електрифікованих залізниць

На електрифікованих залізницях електрична енергія до електрорухомого складу надходить від стаціонарних електростанцій (атомних, теплових та інших). На сьогодні в багатьох країнах світу для виробництва електричної енергії все більш широко використовуються відновлювальні джерела енергії (енергія вітру, сонця). Вітряні та сонячні електростанції знайшли застосування і в системі електропостачання залізниць, до якої електрична енергія надходить через повітряні та кабельні лінії високої напруги, а потім від тягових підстанцій до електрорухомого складу (ЕРС), через тягову мережу (рис. 1.7). Крім того, від тягових підстанцій електрична енергія постачається нетяговим споживачам повітряними лініями (ПЛ) напругою 0,4; 10 (6); 35 кВ та за допомогою системи «два проводи – рейка» (ДПР) 25 кВ, підвішеними на опорах контактної мережі та окремо розташованих опорах (включаючи кабельні вставки).

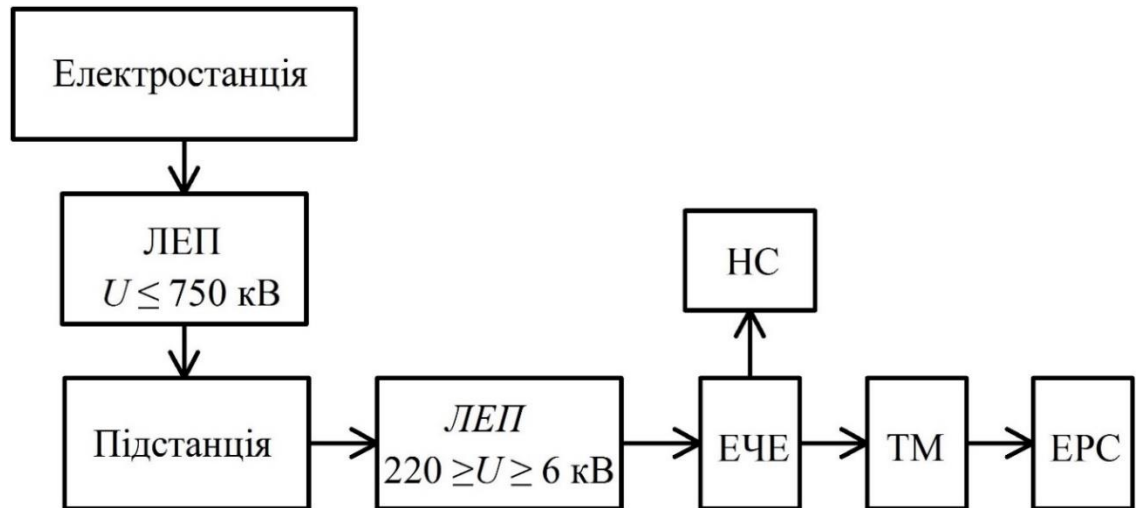


Рис. 1.7 Схема передачі електроенергії до електрорухомого складу: ЛЕП – лінія електропередачі; ЕЧЕ – тягова підстанція; ТМ – тягова мережа; ЕРС – електрорухомий склад; НС – нетягові споживачі

Система передачі електричної енергії від електростанції до тягової підстанції отримала назву – система зовнішнього електропостачання, а система передачі електричної енергії від тягової підстанції до ЕРС – система тягового електропостачання.

На тягових підстанціях електрична енергія перетворюється до роду струму та напруги, на якому працює ЕРС на цій ділянці. Від тягової мережі, до якої входять живлячі та відсмоктуючі лінії, підсилюючі та екрануючі проводи, контактна та рейкова мережа (рис. 1.8), електрична енергія поступає через ковзний контакт між струмоприймачем та контактним проводом до тягових електродвигунів та допоміжного обладнання ЕРС.

При збільшенні потужності тягових двигунів ЕРС, підвищенні напруги в контактній мережі електрична енергія почала передаватись по-

вітряними лініями. В кінці 1884 року в Канзас-Сіті (США) була випробувана система з мідними повітряними проводами, один був прямий, а інший – зворотній.

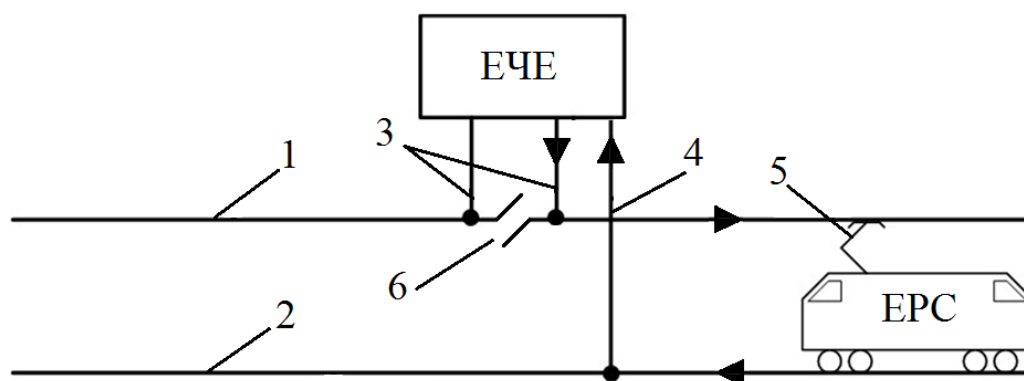


Рис. 1.8 Структура системи тягового електропостачання:

ЕЧЕ – тягова підстанція; ЕРС – електрорухомий склад; 1 – контактна мережа; 2 – рейкова мережа; 3 – живляча лінія; 4 – відсмоктуюча лінія; 5 – струмоприймач; 6 – ізолююче сполучення

В 1885 році в Торонто (Канада) був запущений в експлуатацію трамвай з одним контактним проводом. В його схемі зворотнім проводом слугували рейки. Контакт з робочим проводом забезпечувався за допомогою металевого ролика, закріпленого на штанзі трамваю, який під час руху «котився» по проводу. Ця система стала прототипом сучасної контактної мережі тролейбусу.

В перші роки електрифікації на трамвайних та залізничних лініях використовувалась проста контактна підвіска з мідного контактного проводу. Зі збільшенням швидкостей руху та потужності ЕРС на заміну простій контактній підвісці прийшла ланцюгова (рис. 1.9-1.10), яка суттєво покращує процес струмознімання.

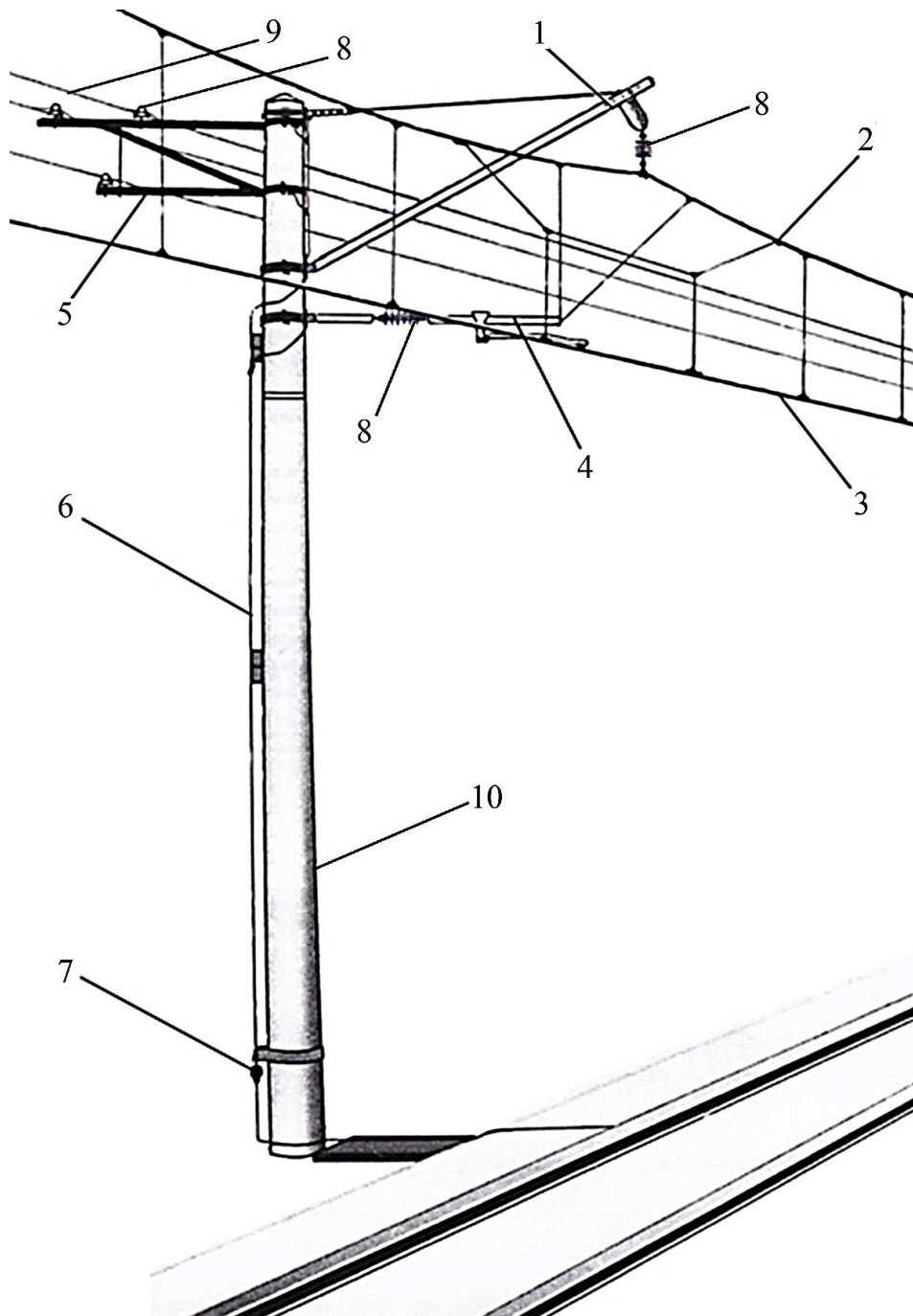


Рис. 1.9 Схема проміжної опори контактної мережі на ділянці постійного струму: 1 – консоль; 2 – несучий трос; 3 – контактний провід; 4 – фіксатор; 5 – траверса ПЛ поздовжнього електропостачання; 6 – заземлюючий спуск; 7 – іскровий проміжок; 8 – ізолятори; 9 – проводи ПЛ повздовжнього електропостачання; 10 – опора контактної мережі



Рис. 1.10 Зовнішній вигляд проміжних опор на ділянці змінного струму

Контактна мережа являється одним з основних елементів системи тягового електропостачання та включає в себе контактну підвіску, опорні та підтримуючі конструкції, фіксатори, ізолятори та інші пристрої.

Питання для самоперевірки

1. Яку частку в експлуатаційній роботі залізничного транспорту складає електрична тяга?
2. Яке співвідношення електрифікованих та неелектрифікованих залізниць?
3. Якими перевагами володіють електрифіковані залізниці?
4. Яка система електропостачання найбільш розповсюджена в світі, а яка в Україні?
5. Що входить до складу системи тягового електропостачання залізниць?
6. Якою напругою електрифікована перша в світі залізниця?
7. Коли на території України було електрифіковано першу ділянку залізниці та завдяки чому це стало можливим?
8. Яке призначення контактної мережі?
9. Якою була конструкція першої контактної підвіски?

2. ВИМОГИ ДО КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Основні вимоги до контактної мережі – передача електроенергії та забезпечення надійного, безперебійного, економічного й екологічно чистого струмознімання в розрахункових метеорологічних умовах при встановлених максимальних швидкостях руху, типах струмоприймачів та значеннях струмів ЕРС. Забезпечення якісного струмознімання залежить від правильного поєднання типів струмоприймачів та контактних підвісок. Поліпшення якості струмознімання та зменшення зносу контактуючих поверхонь досягається, головним чином, шляхом удосконалення конструкції струмоприймачів.

Контактна мережа не має резерву, на відміну від інших повітряних ліній електропередач, які можуть бути дволанковими і т.п. Це висуває підвищені вимоги до її стану, необхідність постійного діагностування та контролю параметрів, своєчасного ремонту.

Контактна підвіска під час взаємодії зі струмоприймачами повинна забезпечувати безперебійне струмознімання при русі поїздів із встановленими швидкостями, ваговими нормами, розмірами руху при розрахункових кліматичних умовах району, в якому розташована електрифікована ділянка, з оптимальним значенням зносу (терміном служби) контактних проводів і контактних вставок (пластин) струмоприймачів.

Тип і площу поперечного перерізу контактної підвіски для перегонів і станцій обирають виходячи зі швидкості руху поїздів, струмового навантаження, кліматичних та інших місцевих умов на підставі техніко-економічного порівняння варіантів. При цьому враховується можливе в перспективі підвищення швидкостей, розмірів руху поїздів і маси вантажних поїздів.

Типи основних контактних підвісок та область їх застосування наведені в табл. 2.1

Таблиця 2.1 – Типи контактних підвісок та область їх застосування

№ п/п	Типи основних контактних підвісок	Переважна область застосування контактних підвісок
1	2	3
1	Компенсована ресорна з одним або двома контактними проводами, поліпшеними параметрами і коефіцієнтом нерівномірності еластичності не більше 1,2	Головні колії перегонів і станцій при швидкості руху поїздів від 161 до 200 км/год
2	Компенсована ресорна з одним або двома контактними проводами і коефіцієнтом нерівномірності еластичності не більше 1,35	Головні колії перегонів і станцій при швидкості руху поїздів до 160 км/год
3	Напівкомпенсована ресорна з одним або двома контактними проводами	Головні колії станцій при швидкості руху поїздів до 140 км/год
4	Напівкомпенсована із простими вертикальними опорними струнами (опорні зміщені струни) та одним або двома контактними проводами	Колії перегонів і станцій при швидкості руху поїздів до 70 км/год
5	Проста (без несучого троса) компенсована з одним контактним проводом	За узгодженням із службою електропостачання залізниці – дугорядні колії станцій, депо і колії малодіяльних ділянок при швидкості руху поїздів до 50 км/год
6	Компенсована або напівкомпенсована ромбовидна із двома контактними проводами	Відкриті місця, де швидкість вітру вище нормативної для даного району, проводи піддаються автоколиванням. Довжина підвіски в межах тягового

Продовження табл. 2.1.

1	2	3
		плеча за умовами зношування контактних вставок (пластин) не повинна перевищувати 50%
7	Напівкомпенсована ресорна подвійна	При відновленні та реконструкції контактної підвіски за узгодженням із службою електропостачання залізниці – головні колії перегонів і станцій при швидкості руху поїздів від 71 до 120 км/год
8	Автокомпенсована просто-ротно-ромбовидна з двома несучими тросами й двома контактними проводами	Тунелі й штучні споруди при швидкості руху поїздів до 120 км/год

Примітки:

1. Коефіцієнт нерівномірності еластичності контактної підвіски визначається в прогоні відношенням найбільшої еластичності до найменшої.

2. До відновлення та реконструкції допускається компенсована ресорна підвіска при швидкості руху поїздів від 140 до 160 км/год і напівкомпенсована ресорна – при швидкості руху поїздів від 120 до 140 км/год на перегонах і станціях, які електрифіковані раніше.

Конструктивна висота контактної підвіски в місцях кріплення до підтримуючих конструкцій, крім штучних споруд, повинна бути 1,8 м, але не більше 2,4 м і не менше 1,5 м (рис. 5.1).

Для контактних підвісок для швидкостей руху поїздів 161...200 км/год допускається відхилення від конструктивної висоти 1,8 м у межах ± 10 мм.

Контактна підвіска не повинна допускати відтискання контактних проводів струмоприймачами по висоті більше 250 мм при крайніх розрахункових значеннях вітру, температури й сумарного натискання струмоприймачів електрорухомого складу.

Відтискання – це величина на яку піднімається контактний провід під дією сили натиску струмоприймача.

Кількість проводів у контактній підвісі й площа їхнього перерізу визначаються при проектуванні, марка (матеріал) багатодровових проводів обирається з урахуванням ступеня агресивності повітряного середовища.

При новому будівництві, відновленні і реконструкції контактної мережі застосування сталевих тросів, крім компенсаторних, не допускається.

На головних коліях перегонів і залізничних станцій повинні застосовуватися мідні, низьколеговані або бронзові контактні проводи площею перерізу 100 мм². Їхня кількість (один або два) залежить від величини струму, який знімається струмоприймачем. На ділянках швидкісного руху поїздів (161...200 км/год) контактні проводи повинні мати площу перерізу 100 або 120 мм² з можливістю забезпечення натягу в незношеному контактному проводі 12 кН. Допускається застосування одного контактного проводу площею 150 мм².

На коліях залізничних станцій та депо повинен застосовуватися мідний контактний провід площею перерізу 85 або 100 мм².

Питання для самоперевірки

1. Чому контактна мережа не має резерву і які вимоги до неї висуваються?
2. Яким чином необхідна швидкість руху поїздів визначає конструкцію контактної підвіски?
3. Чим визначається кількість проводів у контактній підвісі?

3. ОСНОВНІ ГАБАРИТИ ПРИСТРОЇВ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Усі підсистеми контактних мереж повинні відповідати вимогам габаритів наближення будівель та рухомого складу. У верхньому проміжку між цими габаритами повинні розташовуватись контактні проводи і струмоприймачі.

Мінімальна висота підвішування контактного проводу над рівнем верху головки рейки повинна бути на перегонах і залізничних станціях 5,75 м, а на переїздах – 6 м.

У виняткових випадках ця відстань у межах штучних споруд, розташованих на коліях залізничних станцій, на яких не передбачається стоянка рухомого складу, а також на перегонах з дозволу ПАТ «Укрзалізниця» (далі – УЗ) може бути зменшена до 5,675 м при змінному і до 5,55 м при постійному струмі.

Максимальна висота підвіски контактного проводу не повинна перевищувати 6,8 м.

При новому будівництві, відновленні та реконструкції висота підвіски контактного проводу повинна бути, як правило, на перегонах і залізничних станціях 6,25 м.

Ухил контактного проводу при переході від однієї висоти підвіски контактного проводу до іншої не повинен перевищувати значень, наведених у табл. 3.1.

Перехідні ухили повинні передбачатися по обидва боки кожної ділянки з основним ухилом протягом не менш одного прольоту.

На ділянках зі швидкістю руху поїздів від 161 до 200 км/год висота підвіски контактного проводу не менше ніж у двох прольотах, що примикають до штучної споруди, повинна бути така ж, як і під штучною спорудою.

Таблиця 3.1 – Вимоги до ухилу контактного проводу

Швидкість руху, км/год	Ухил контактного проводу	
	основний	перехідний
До 50	0,01	-
Від 51 до 70	0,006	-
Від 71 до 120	0,004	-
Від 121 до 160	0,002	0,001
Від 161 до 200	0,001	0,0005

Примітка. Ухил означає зниження або підйом контактного проводу на довжині 10 м: 0,01 – на 100 мм; 0,006 – на 60 мм; 0,004 – на 40 мм; 0,002 – на 20 мм; 0,001 – на 10 мм; 0,0005 – на 5 мм.

Відстані від нижньої точки проводів живлячих, підсилюючих, відсмоктуючих, зворотнього струму, ДПР, ПЛ та інших при найбільшій стрілі провисання до поверхні землі та споруд, а також відстані між проводами ліній при їхньому взаємному перетинанні або зближенні, повинні бути не менше наведених у табл. 3.2.

Відстань від ізольованих консолей, фіксаторів, нижніх фіксуєчих тросів і шлейфів до поверхні пасажирських платформ, по яких не здійснюється проїзд транспортних засобів, повинна бути не менше 4,5 м. У межах штучних споруд відстані від частин струмоприймача та контактної мережі, що перебувають під напругою, до заземлених частин споруд і рухомого складу повинні відповідати відстаням, які передбачені на рис. 3.1 та у табл. 3.3.

Відстань від контактного проводу до розташованих над ним заземлених частин штучних споруд і підтримуючих пристроїв (мостів, шляхопроводів, тунелів, сигнальних містків) повинна бути при двох контактних проводах не менше 500 мм, при одному – не менше 650 мм.

Таблиця 3.2 – Вимоги для розташування проводів

Найменування об'єктів перетинання або зближення	Найменша відстань від проводів (кабелів), м		
	ПЛ 0,4 кВ, відсмоктуючих, зворотного струму, екрануючих, хвилеводу, волоконно-оптичної лінії зв'язку, групового заземлення	ПЛ 10 (6) кВ, живлячих та підсилюючих ліній 3 кВ	ПЛ 35 кВ ДПР, живлячих та підсилюючих ліній 25 кВ
1	2	3	4
Поверхня землі: - у населеній місцевості - у ненаселеній місцевості та в межах штучних споруд - у важкодоступних місцях - у недоступних місцях	6 5 4 1	7 6 5 2,5	7 6 5 3
Головки рейок неелектрифікованої колії	7,5	7,5	7,5
Поверхня автомобільної дороги	7	7	7
Несучий трос або верхній провід ПЛ, підвішений на опорах контактної мережі	2	2	2
Проводи тролейбусних і трамвайних ліній	1,5	3	3

Продовження табл. 3.2.

1	2	3	4
Проводи ПЛ при напрузі			
0,4 кВ	1	2	3
6-10 кВ	2	2	3
20-110 кВ	3	3	3
150-220 кВ	4	4	4
330-500 кВ	5	5	5
Настил пішохідних мостів (при улаштуванні над мостом запобіжного щита)	4	4,5	5
Поверхня пасажирських платформ (при подвійному кріпленні проводів)	4,5	7	7
Дахи виробничих будинків	3	3	3
Будинки по горизонталі	1,5	2	4
Лінії зв'язку та радіо (по горизонталі)	2	2	-
Крони дерев	1	2	3

Примітки:

1. Населена місцевість – міська межа з перспективою розвитку на 10 років, курорти, селища, населені пункти, залізничні станції.

2. Ненаселена місцевість – незабудована місцевість, рідко-розташовані будови, перегони, включаючи зупиночні пункти.

3. Важкодоступні місця – недоступні для транспорту й машин, відкоси насипів і виїмок.

4. Недоступні місця схили гір, скель.

5. Відстань від проводів групового заземлення до поверхні автомобільної дороги на переїздах повинна бути 6 м, а біля анкерувань цих проводів, крім переїздів, до поверхні землі – 4 м.

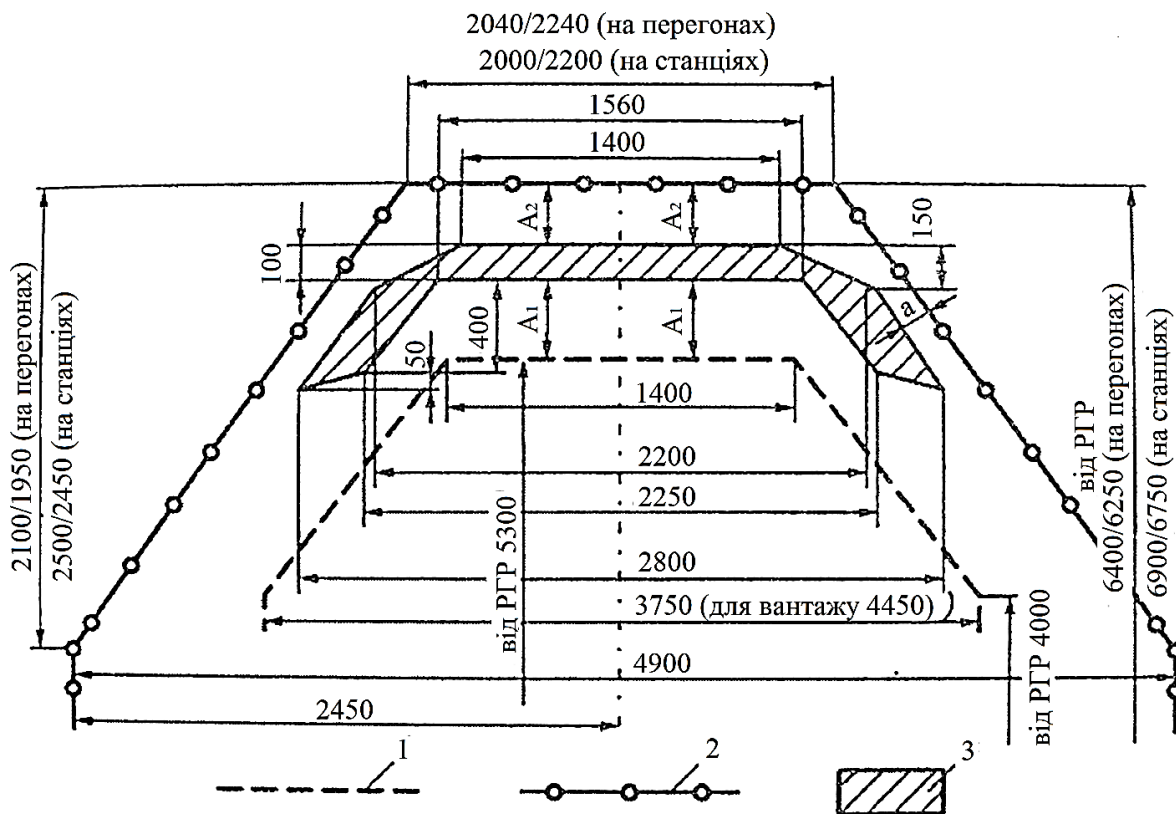


Рис. 3.1 Відстань між спорудами, пристроями контактної мережі, струмоприймачами й рухомим складом, мм:

1 – габарит рухомого складу; 2 – габарит штучних споруд; 3 – положення струмоприймача з урахуванням його зсуву

Примітка. Найменші припустимі норми можуть застосовуватися на існуючих штучних спорудах з дозволу УЗ.

Наведені на рис. 3.1 норми: у чисельнику для контактної підвіски з несучим тросом, у знаменнику – без несучого тросу.

Менша відстань допускається при встановленні ізольованих відбійників або обмежувачів підйому, що виключають можливість наближення контактних проводів і струмоприймачів до розташованих над

ними заземлених частин на відстань менше зазначеної в табл. 3.3. Відбійники повинні мати форму, що виключає удар по них полозу струмоприймача при підтисканні контактного проводу.

Таблиця 3.3 – Вимоги до проходження контактних підвісок в штучних спорудах

Напруга контактної мережі, кВ	Вертикальний повітряний проміжок між габаритом рухомого складу та найнижчим положенням контактного проводу, A_1 , мм		Вертикальний повітряний проміжок між частинами контактної мережі, що перебувають під напругою, і заземленими частинами споруд, A_2 , мм		Бічний повітряний проміжок між частинами струмоприймача, що перебувають під напругою, і заземленими частинами споруд, a , мм	
	номінальний	найменший припустимий	номінальний	найменший припустимий	номінальний	найменший припустимий
3	450	250	200	150	200	150
25	450	375	350	300	250	200

Відстані від контактного проводу до ізольованого відбійника повинні бути не менше:

- 150 мм при одному контактному проводі та 100 мм при двох контактних проводах і швидкості руху поїздів від 121 до 200 км/год;
- 100 мм при одному контактному проводі та 70 мм при двох контактних проводах і швидкості руху поїздів від 51 до 120 км/год;
- 50 мм на залізничних станціях, коліях депо та інших другорядних коліях при швидкості руху поїздів до 50 км/год.

На контактній мережі не повинно бути зближень на відстань менш 0,8 м консолей, фіксаторів і анкерних відходів різних секцій перегонів і залізничних станцій. Відстань від струмоведучих частин контактної мережі, крім ізольованих консолей, до опори повинна бути не менше 0,8 м.

Відстань від осі крайньої колії до внутрішнього краю фундаментів або опор контактної мережі на перегонах і залізничних станціях повинна бути не менше 3,1 м, а в снігозanosних виїмках і на виходах з них на відстані 100 м не менше 5,7 м. На ділянках залізниць до відновлення і реконструкції та в особливо важких умовах, крім снігозanosних виїмок, допускається зменшення цієї відстані до 2,45 м на залізничних станціях і 2,75 м – на перегонах.

Відхилення при встановленні опор контактної мережі від проектного положення допускається тільки вбік збільшення, але не більше ніж на 150 мм.

На кривих ділянках колії зазначені відстані збільшуються відповідно до габаритного розширення.

Опори контактної мережі повинні встановлюватися поза межами кюветів.

У виїмках опори контактної мережі необхідно встановлювати за межами кюветів з польової сторони.

При новому будівництві, відновленні та реконструкції контактної мережі на ділянках, де передбачається швидкість руху поїздів 141...200 км/год, відстань від осі крайньої колії до внутрішнього краю

фундаментів або опор повинна бути 3,3 м, а при необхідності збільшений габарит визначається проектом. Відхилення від цих норм допускається тільки убік збільшення, але не більше, ніж на 100 мм.

Система контролю взаємного розташування колії й контактної мережі повинна здійснюватися із застосуванням реперних знаків.

Реперний знак¹ повинен встановлюватися на опорі або фундаменті. Він виконується з відрізка круглого металевого стрижня з різьбою для закріплення геодезичних приладів.

Питання для самоперевірки

1. Що таке габарит пристроїв контактної мережі?
2. Яким габаритам повинні відповідати пристрої контактної мережі?
3. Якою величиною обмежується мінімальна висота підвішування контактного проводу?
4. Як визначається ухил контактного проводу?
5. Як нормуються відстані від контактного проводу до заземлених конструкцій?
6. Які допускаються відхилення при встановленні опор від проектних положень?

¹ Реперний знак – геометричний елемент на поверхні монтажної основи, призначений для підвищення точності при суміщенні різних елементів однієї системи.

4. ПРОВОДИ І ТРОСИ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ

Контактна мережа призначена для роботи на відкритому повітрі, тому піддається впливу кліматичних факторів зовнішнього середовища, які притаманні даному кліматичному регіону. До таких факторів відносяться: температура оточуючого середовища, вологість та тиск повітря, вітер, дощ, туман, іній, сонячна радіація, різка зміна температури, вміст у повітрі пилу та корозійно-активних компонентів. Для забезпечення нормальної роботи усі пристрої контактної мережі повинні протидіяти вказаним факторам.

Кліматичні умови впливають на роботу проводів контактної підвіски, ізоляторів та інших пристроїв контактної мережі. Динамічний і термічний вплив струму короткого замикання призводить до пошкодження окремих пристроїв контактної мережі. Крім того, проводи контактної підвіски підлягають ударам і струсам, а контактний провід — ще й зношуванню при проходженні струмоприймача. При відриванні струмоприймача від контактного проводу виникає електрична дуга, що суттєво погіршує якість струмознімання.

У зв'язку з цим, площа перерізу проводів і тросів контактної мережі повинна забезпечувати проходження струму, необхідного для тяги поїздів при необхідних розмірах руху зі встановленими ваговими нормами, швидкостями та інтервалами.

Температура нагріву проводів і тросів при максимальній температурі повітря та найбільших струмових навантаженнях не повинна перевищувати значень, наведених у табл. 4.1.

Зниження площі перерізу мідних, сталемідних, алюмінієвих, стале-алюмінієвих, бронзових і сталевих багатожильних проводів і тросів

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ЦРБ – 0004 Правила технічної експлуатації України, затверджені наказом Міністерства транспорту України від 20.12.96 р. за №411 та зареєстровані у Міністерстві юстиції України 25.02.97 р. за №50/1854.
2. ЦШ – 0001 Інструкція з сигналізації на залізницях України, затверджена наказом Міністерства транспорту України від 08.06.95 р. за №259.
3. ЦЕ – 0023 Правила улаштування та технічного обслуговування контактної мережі електрифікованих залізниць, затверджені наказом Укрзалізниці від 20.11.2007 р. за №546-Ц.
4. Інструкція з організації прискореного руху пасажирських поїздів на залізницях України щодо вимог до інфраструктури та рухомого складу від 16.01.2012 р. за № 004 – Ц.
5. ВБН В.2.3-2-2009 Споруди транспорту. Електрифікація залізниць. Норми проектування.
6. ВБН В.2.3-3-2009 Споруди транспорту. Контактна мережа. Норми проектування.
7. Справочник по электроснабжению железных дорог. Том 1 / Под ред. К. Г. Марквардта. – М.: Транспорт, 1980. — 256 с.
8. Справочник по электроснабжению железных дорог. Том 2 / Под ред. К. Г. Марквардта. – М.: Транспорт, 1981. – 392 с.
9. Марквардт К. Г. Контактная сеть. 4-е изд. перераб. и доп. Учеб. для вузов ж.-д. трансп. / К. Г. Марквардт – М.: Транспорт, 1994. – 335 с.

10. Михеев В. П. Контактные сети и линии электропередачи: Учебник для вузов ж.-д. транспорта / В. П. Михеев. – М.: Маршрут, 2003. – 416 с.
11. Бондарев Н. А. Контактная сеть. / Н. А. Бондарев, В. Е. Чекулаев – М.: Маршрут, 2006. – 590 с.
12. Горошков Ю. И. Контактная сеть: Учебник для техникумов / Ю. И. Горошков, Н. А. Бондарев. – 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Транспорт, 1990. - 399 с.
13. Фрайфельд А. В. Проектирование контактной сети / А. В. Фрайфельд, Г. Н. Брод – 3-е изд., перераб. И доп. – М: Транспорт, 1991. – 335 с.
14. Протикорозійний захист суміжних пристроїв у системах тягового електропостачання: Монографія / В. Г. Сиченко, В. О. Дьяков, Д. Ю. Колесник, О. М. Полях; За загальною редакцією В. Г. Сиченко – Дн-ськ: Вид-во ПФ «Стандарт-сервіс», 2015. – 340 с. – ISBN 978-966-97463-9-9.
15. Вологин В. А. Взаимодействие токоприемников и контактной сети / В. А. Вологин – М.: Интекст, 2006 – 256 с.
16. Купцов Ю. Е. Беседы о токосъеме и его надежности, экономичности и о путях совершенствования / Ю. Е. Купцов – М: «Модерн – А», 2001. – 256 с
17. Берент В. Я. Материалы и свойства электрических контактов в устройствах железнодорожного транспорта / В. Я. Берент – Москва: Интекст, 2005. – 408 с.

18. Колесов С. М. Материалы и взаимодействие контактной подвески и токоприемника / С. М. Колесов, И. С. Колесов. – Днепропетровск: ДНУЖТ, 2006. – 284 с.
19. Купцов Ю. Е. Увеличение срока службы контактного провода / Ю. Е. Купцов – М.: Транспорт, 1972. – 160 с.
20. Босий Д. О. Визначення траєкторії розташування контактного проводу для фізичної моделі взаємодії контактною підвіски зі струмоприймачем електрорухомого складу / Д. О. Босий, В. Г. Мандич // Електрифікація транспорту. 2011. № 2. С. 35–40.
21. Яндович В. Н. Сравнительный анализ контактных подвесок в странах Евросоюза и Украины: организация надежного токосъема / В. Н. Яндович, В. Г. Сыченко, А. В. Антонов // Електрифікація трансп. – 2014. – № 7. – С. 67–77.
22. Дьяков В. О. Захист нейтральних вставок контактною мережі від перепалів / В. О. Дьяков, А. В. Антонов, С. Ю. Малинка // Електрифікація транспорту. – 2016. - №12. – С. 64 – 70.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
1. ЕЛЕКТРИФІКАЦІЯ ЗАЛІЗНИЦЬ УКРАЇНИ	5
1.1 Історія розвитку електрифікованих залізниць	7
1.2 Контактна мережа електрифікованих залізниць	12
2. ВИМОГИ ДО КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ	18
3. ОСНОВНІ ГАБАРИТИ ПРИСТРОЇВ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ	22
4. ПРОВОДИ І ТРОСИ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ	30
4.1 Контактні проводи	31
4.2 Проводи та троси	36
5. КОНТАКТНІ ПІДВІСКИ	42
5.1 Вимоги до контактних підвісок щодо забезпечення безперебійного струмознімання	44
5.2 Класифікація ланцюгових контактних підвісок	46
6. ОСНОВНІ ПРИСТРОЇ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ	60
6.1 Улаштування і спряження анкерних ділянок	60
6.2 Анкерування проводів	69
6.3 Струни	78
6.4 Електричні з'єднувачі	87
6.5 Повітряні стрілки	91
6.6 Арматура контактної мережі	94
7. ПІДТРИМУЮЧІ ТА ФІКСУЮЧІ ПРИСТРОЇ	99
7.1 Фіксатори	99
7.2 Підтримуючі пристрої	108
7.2.1 Консолі	108
7.2.2 Жорсткі поперечини	112

7.2.3 Гнучкі поперечини	115
8. ОПОРИ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ	118
8.1 Класифікація опор.....	118
8.2 Металеві опори.....	121
8.3 Залізобетонні опори	127
8.4 Захист від корозії залізобетонних опор та фундаментів контакт- ної мережі	132
8.4.1 Засоби захисту опор від електрокорозії	134
8.4.2 Підвищення ізоляції опор.....	144
8.4.3 Підвищення корозійної стійкості та довговічності залізобетон- них опор при застосуванні захисних сумішей	148
8.4.4 Розземлення опор	150
9. КОНТАКТНА МЕРЕЖА У ШТУЧНИХ СПОРУДАХ	155
9.1 Легкі штучні споруди	156
9.2 Шляхопроводи.....	158
9.3 Контактна підвіска на мостах та віадукх	159
9.4 Контактна підвіска в тунелях	163
10. ІЗОЛЯТОРИ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ ТА ЇХ ДІАГНОСТУВАННЯ	166
10.1 Тарілчасті ізолятори.....	169
10.2 Стрижневі ізолятори	179
10.3 Захист від корозії стрижнів ізоляторів контактної мережі.....	185
11. ЖИВЛЕННЯ ТА СЕКЦІОНУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ..	188
11.1 Живлення контактної мережі.....	189
11.2 Секціонування контактної мережі	192
11.3 Стикування електрифікованих ділянок постійного та змінного струму.....	200

Додаток А. Арматура контактної мережі	207
Додаток Б. Полімерні ізолятори контактної мережі	211
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	227

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

В. О. ДЬЯКОВ, Д. О. БОСИЙ, А. В. АНТОНОВ

**КОНТАКТНА МЕРЕЖА ЕЛЕКТРИФІКОВАНИХ ЗАЛІЗНИЦЬ.
УЛАШТУВАННЯ КОНТАКТНОЇ МЕРЕЖІ**

Навчальний посібник для ВНЗ

Видавництво ПФ «Стандарт-Сервіс»

Свідоцтво про внесення до державного реєстру

ДК № 3197 від 28.05.2008 р.

52005, Україна, Дніпропетровська обл., смт. Ювілейне, вул.Совхозна,68/65

НАДРУКОВАНО:

ПФ «Стандарт-Сервіс» . Дніпропетровська обл, смт. Ювілейне, вул.Совхозна,68/65

Підписано до друку 29.11.2017 р. Формат 29,7х42. Ум. друк. арк. 13,17.

Папір офсетний. Різографічний друк. Наклад 100 прим. Зам. № 15.

ISBN 978-617-7382-09-05



Дьяков Віктор Олексійович – доцент кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, кандидат технічних наук (1975).

Автор більше 70 наукових робіт, 2 патентів на винаходи.

Коло наукових інтересів: електромагнітна сумісність на залізничному транспорті, протикорозійний захист підземних металевих споруд і пристроїв контактної мережі.



Босий Дмитро Олексійович – доцент кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, доктор технічних наук (2017).

Автор більше 80 наукових робіт, 4 патентів на винаходи.

Коло наукових інтересів: якість електричної енергії, режими напруги і компенсація реактивної потужності в системах тягового електропостачання постійного та змінного струму.



Антонов Андрій Владиславович – асистент, аспірант кафедри «Інтелектуальні системи електропостачання» Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Автор більше 30 наукових робіт, 2 патентів на винаходи.

Коло наукових інтересів: підвищення якості струмознімання, техніка високих напруг, електромагнітна сумісність.

ISBN 978-617-7382-09-5



9 786177 382095 >