

ТЯГОВІ ПІДСТАНЦІЇ ТА ПОКРАЩЕННЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОСТІ

Трачкар Д.Р., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. Тягова підстанція у загальному випадку є електроустановкою для перетворення та розподілу електричної енергії. Тягові підстанції призначені для зниження електричної напруги і подальшого перетворення струму (тільки для підстанцій постійного струму) для передачі його в контактну мережу для забезпечення електричною енергією електровозів, трамваїв і тролейбусів. Трамваї в місці їх експлуатації не забруднюють атмосферу з будь-якими вихлопними газами (наприклад, CO_2). Крім того, що не без значення, це означає транспорт працює на основі національних енергетичних ресурсів (на базі роботи електростанцій буре та бітумінозне вугілля) і з цієї причини операційні витрати менш чутливі до коливань цін на нафту на світових ринках. Тягові підстанції міського електротранспорту потрібно відносити до електроспоживачів І категорії, що означає що їхнє електропостачання одне із найважливіших для населення. В сфері електротранспорту використовуються такі тягові підстанції, як на рисунку 1.



Рисунок 1 – Тягова підстанція РУ-825 СТП-49 київського метрополітену

Тягові підстанції поділяють на декілька типів за деякими ознаками:

- за типом – стаціонарні, пересувні, суміщені.
- за системою електричної тяги – постійного струму, змінного струму, стикові.

Підстанції постійного струму - 3,3 кВ - за типом перетворювачів бувають: випрямляючі; випрямляючо-інверторні; підстанції змінного струму, 27,5 кВ або 2х27,5 кВ: стикові (змінного/постійного струму).

- за структурою – одноагрегатні, двоагрегатні, і багатоагрегатні.

Одноагрегатні підстанції не набули великого поширення, через ускладнення обслуговування систем електроживлення. Одноагрегатні підстанції пропонувалося розташовувати для систем децентралізованого електропостачання, на довгих не розгалуджених лініях.

Двоагрегатні підстанції мають робочу потужність одноагрегатної, але мають більшу надійність та маневреність через наявність резервного агрегату. Такі підстанції застосовуються як на довгих не розгалуджених лініях, так і на не великих вузлах.

- за типом перетворювачів – з випрямним, з випрямно-інверторним.

- за схемою приєднання – опорні, проміжні (на відпайках, транзитні), кільцеві (тупикові).

Опорна (вузлова) — отримує живлення від мережі зовнішнього електропостачання трьома і більше лініями електропередачі напругою 110 кВ або 220 кВ, і виконує функції джерела для інших тягових підстанцій. Тупикова (кінцева) — отримує живлення по двом радіальним ЛЕП від сусідньої підстанції.

Проміжна — отримує живлення по вводах від двох сусідніх підстанцій. Проміжна ПС в свою чергу буває:

Транзитна (прохідна) — включається в розсічку ЛЕП. Відпайкова — підключається до відпайки(відгалуження) ЛЕП. За способом обслуговування — без чергового персоналу, з черговим на добу, з постійним черговим. За ступенем трансформації — з однією ступеню, з двома ступенями. Складові і схеми зовнішнього електропостачання тягових підстанцій тягової підстанції

Зовнішнє електропостачання тягових підстанцій треба здійснювати не менше ніж двома вводами від двох незалежних джерел (розподільних пристроїв електричних станцій, районних або міських розподільних підстанцій). У разі живлення тягової підстанції по одному вводу від розподільного обладнання об'єкта зовнішнього електропостачання, а по іншому - від суміжної тягової підстанції технічні параметри зовнішньої лінії живлення повинні бути розраховані на робочу потужність обох тягових підстанцій.

Мета. Дослідити тягові підстанції в сфері електротранспорту та можливі покращення їх ефективності при експлуатації.

Матеріали дослідження. Тягові підстанції виконують важливу роль в електричній системі електротранспорту, оскільки вони забезпечують стабільну подачу енергії в мережу електротранспорту. Основні етапи роботи тягової підстанції (далі «ТП») включають:

- перетворення напруги: Зазвичай, енергетична система працює на високій напрузі (20-110 кВ), але для електротранспорту необхідно знижувати її до рівня, який підходить для роботи тягових двигунів (600-750 В для трамваїв і тролейбусів, 1500 В для поїздів);

- розподіл енергії: Після перетворення напруги енергія подається до контактної мережі, де вона розподіляється між різними споживачами залежно від навантаження та швидкості руху транспорту;

- регулювання напруги і частоти: У сучасних ТП використовуються системи автоматичного регулювання, які підтримують стабільність роботи в умовах змінного навантаження та змінних характеристик контактної мережі.

Проблеми при експлуатації тягових підстанцій. В сьогоднішні часи проблема енергозабезпечення України є однією із високопріоритетних в плані вирішення. Попри важливість ТП у забезпеченні ефективної роботи електротранспорту, в їхній експлуатації існують відомі проблеми, а саме:

- енергетичні втрати. Втрата енергії на стадії перетворення напруги та в розподільчих мережах є однією з основних проблем тягових підстанцій. Високі втрати енергії можуть суттєво збільшувати експлуатаційні витрати та знижувати ефективність роботи електричного транспорту в цілому;

- нестабільність енергопостачання. У багатьох містах спостерігаються коливання в якості електричної енергії, що може негативно впливати на роботу електротранспорту, призводити до перевантажень та збоїв у роботі тягових підстанцій;

- недостача ресурсів. Через повномасштабне вторгнення 24 лютого 2022 року більшість підприємств Східної України, що надавало матеріали і деталі, були зруйновані, а інші припинили свою діяльність, такі наприклад як заводи і фабрики компанії «Плутон», чий головний офіс знаходиться в Запоріжжі. Через що поставки для масового ремонту та тех.обслуговування скоротилися.

Напрямки покращення ефективності тягових підстанцій. Для покращення ефективності роботи тягових підстанцій в сьогоднішніх умовах треба розглядати декілька напрямків, а саме:

- інтеграція відновлювальних джерел енергії. Використання сонячних панелей, вітрових електростанцій, а також інших відновлювальних джерел енергії дозволяє знизити вуглецевий слід та підвищити енергетичну незалежність тягових підстанцій. Зокрема, сонячні електростанції можуть бути інтегровані безпосередньо на території підстанцій або в її околицях, що дозволяє значно зменшити витрати на електроенергію;

- автоматизація та моніторинг. Впровадження систем автоматичного управління та моніторингу стану ТП дозволяє зменшити час простоїв та своєчасно виявляти несправності. Інтелектуальні системи управління, що використовують штучний інтелект для прогнозування навантаження та оптимізації режимів роботи, дозволяють значно знизити енергетичні витрати та підвищити надійність постачання енергії;

- реконструкція та модернізація існуючих підстанцій. Заміна застарілих трансформаторів, заміна контактних мереж та модернізація розподільчих схем можуть значно підвищити ефективність роботи підстанцій, знизивши втрати та поліпшивши якість енергопостачання.

Використання сучасних перетворювачів і акумуляторних систем: Використання високоефективних перетворювачів та інверторів дозволяє

зменшити енергетичні втрати під час перетворення напруги, а також забезпечити стабільність енергопостачання. Встановлення акумуляторних систем на ТП допоможе компенсувати пікові навантаження та знизити ризик відсутності енергії в критичні моменти.

Відновлення стабільності поставок ресурсів для техобслуговування: Окрім переліченого вище, ключову роль також грає можливість технічного обслуговування в якості наявності достатньої кількості матеріалів і їх якості. Хоч це і займе багато часу, але створення нових підприємств для обслуговування ліній ТП значно покращить ефективність та витривалість обладнання.

Висновки. Враховуючи час на сьогодні, проблема енергозабезпечення електричного транспорту стає очевидною, особливо необхідність підвищення ефективності роботи тягових підстанцій. Впровадження новітніх технологій, таких як відновлювальні джерела енергії, акумулятори, автоматизація та інтелектуальні системи управління, дозволяє значно підвищити ефективність цих систем.

Сучасні технологічні досягнення та зростаюча увага до екологічних аспектів експлуатації електротранспорту вимагають постійного вдосконалення енергетичної інфраструктури, до яких відносяться і тягові підстанції. Завдяки комплексному підходу та впровадженню інноваційних рішень можна значно підвищити ефективність та надійність роботи цих важливих елементів електричної транспортної системи.

Перелік посилань

1. Михайлов М.І., Коваленко В.Я. Тягові підстанції електричного транспорту: принципи роботи та перспективи розвитку. Київ: Наукова думка.
2. Бондаренко О.А., Чорнобай Ю.В. Сучасні технології в управлінні тяговими підстанціями: моніторинг, автоматизація та енергоефективність. Харків: ХНУЕ.
3. Романенко С.І. Екологічні аспекти та енергетична ефективність електричного транспорту. Одеса: ОНУ.
4. Тягова підстанція. Електронний ресурс. Режим доступу: https://www.wikidata.uk-ua.nina.az/%D0%A2%D1%8F%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B0_%D0%BF%D1%96%D0%B4%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F.html