

МОНІТОРИНГ, ДІАГНОСТИКА ТА КЕРУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ ТА ОБЛАДНАННЯМ

MONITORING, DIAGNOSTICS AND CONTROL OF ENERGY PROCESSES AND EQUIPMENT

УДК 621.311.4

DOI 10.20535/1813-5420.1.2024.297525

Т.І. Друбєцька¹, канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0002-8580-9719

Є.М. Козаченко¹, студент

Д.К. Панасенко¹, студент

¹Український державний університет науки і технологій

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ОБЛАДНАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

У статті розглянуто питання технічного обслуговування і ремонту тягових підстанцій.

Описана загальна проблема удосконалення системи технічного обслуговування і ремонту тягових підстанцій електрифікованих залізниць.

Проведений аналіз методів і засобів технічного обслуговування і ремонту обладнання підстанцій.

Проаналізовані причини порушення роботи обладнання ТП та розподіл порушень роботи обладнання ТП за типами устаткування.

Наведені результати обстежень трансформаторів.

Ключові слова: тягова підстанція, надійність, технічне обслуговування, ремонт, трансформатор, силове обладнання.

Вступ.

Сучасне електротехнічне устаткування має високі розрахункові показники надійності, однак в процесі експлуатації під впливом різних чинників, умов і режимів роботи стан обладнання ТП безперервно погіршується, знижується експлуатаційна надійність і збільшується небезпека виникнення відмов. Надійність силового обладнання тягових підстанцій залежить не лише від якості виготовлення, але і від науково - обґрунтованої експлуатації, правильного технічного обслуговування і своєчасного ремонту. У основі процесу експлуатації електроустаткування тягових підстанцій лежать послідовні в часі зміни технічного стану обладнання ТП, наявність резерву, своєчасність ремонту, якісне технічне обслуговування та зберігання, проведення моніторингу стану технічного обладнання, тощо.

На сьогоднішній день значна частина обладнання електроенергетичної інфраструктури залізничного транспорту України вже вичерпала свій ресурс і потребує заміни або поетапної реконструкції та оновлення. Більше 70% підстанцій мають термін експлуатації більше 70 років.

Необхідно підвищувати ефективність використання існуючого обладнання, застосовувати нові методи діагностування фактичного технічного стану обладнання, скорочувати експлуатаційні витрати і переходити на ресурсозберігаючі та енергозберігаючі технології.

Надійна робота пристроїв електропостачання грає важливу роль з питань вирішення проблеми безпеки руху на залізницях України. При цьому більшості відмов електроустаткування дистанцій електропостачання передує той або інший вид накопичених ушкоджень.

Враховуючи вищерозглянуте та результати аналізу стану технічної експлуатації ТП на цей час проблема забезпечення надійності електроустаткування та зниження аварійності силового обладнання ТП в процесі експлуатації стає першочерговим завданням системи електропостачання електрифікованих залізниць.

Розвиток швидкісного руху та зростання його інтенсивності, застосування електрорухомого складу нового покоління вимагають заміни застарілого обладнання низької експлуатаційної надійності на високотехнологічні пристрої підвищеної надійності і збільшеного ресурсу, впровадження нових методів діагностування технічного стану обладнання ТП та вдосконалення існуючої системи технічного обслуговування і ремонту пристроїв електропостачання електрифікованих залізниць України.

Зазначені обставини показують на необхідність розробки науково-обґрунтованого комплексу методів і засобів, спрямованих на підвищення надійності системи технічної експлуатації (СТЕ). Даний комплекс повинен базуватися на детальному аналізі виходу з ладу електрообладнання СТЕ зі застосуванням сучасних математичних моделей і методів.

Мета та завдання досліджень.

Мета. Провести аналіз методів і засобів технічного обслуговування і ремонту обладнання підстанцій.

Завдання. Дослідити причини порушення роботи обладнання тягових підстанцій

Матеріал і результати досліджень.

На цей час розроблена велика кількість інформаційних систем, методів і засобів контролю технічного стану і діагностування електрообладнання [1]. Їх широке впровадження створює умови для реалізації нової технології експлуатації електрообладнання з урахуванням технічного стану.

Загальна проблема удосконалення системи ТО і Р електрообладнання у тому числі ТП електрифікованих залізниць як правило включає в себе вирішення наступних завдань [1-3]:

- підвищення надійності електропостачання залізниць і безвідмовності роботи системи електропостачання;
- підвищення ефективності витрати енергоресурсів зі збереженням необхідних параметрів якості електричної енергії;
- автоматизоване управління і моніторинг стану електротехнічного устаткування;
- розробка системи збору і обробки даних стану електротехнічного устаткування (високо інтегровані комплекси оперативного управління в режимі реального часу при ухваленні рішень проведення ТО і Р;
- застосування великої кількості датчиків, які вимірюють поточні режимні параметри для оцінки стану обладнання в різних режимах роботи електропостачання;
- оптимізацію строків проведення ТО і Р;
- визначення оптимального обсягу ТО і Р;
- вибір раціональної стратегії проведення ТО і Р;
- вибір стратегії управління станами процесу експлуатації електрообладнання;
- розробка та застосування автоматичної оцінки поточної ситуації і побудови прогнозів роботи ТП;
- планування ТО і Р електрообладнання з урахуванням фактичного технічного стану.

Таким чином, основним принципом нової технології управління технічним станом електрообладнання є метод ТО і Р електрообладнання, заснований на індивідуальному спостереженні за реальними змінами технічного стану обладнання в процесі експлуатації. Тоді система ТО і Р являє собою сукупність правил, що забезпечують задане та якісне управління виробничою експлуатацією електрообладнання на основі контролю його технічного стану.

Щоб провести оцінку нормальної роботи системи тягового електропостачання можна використати безліч сучасних методів. У цьому напрямі японські вчені, в період становлення науки про якість, відібрали сім основних методів. Заслуга вчених полягає в тому, що вони забезпечили простоту, наочність, візуалізацію багатьох статистичних методів, перетворивши їх фактично в ефективні інструменти оперативного контролю якості [1].

Розглянемо один з таких методів, а саме закон Парето. Його принцип заснований на відокремленні важливих факторів від малозначущих і несуттєвих та дозволяє сфокусувати зусилля і ресурси на усунення найбільш значимих проблем. Побудована діаграма Парето з причин порушень нормальної роботи системи тягового електропостачання електрифікованих залізниць України, представлена на рис. 1 [1].

Аналіз діаграми показав, що основним обладнанням з причини якого здійснюється 79,59 % порушень нормальної роботи ТП електрифікованих залізниць України за досліджуваний період є: вимикачі, трансформатори (як силові, так і вимірювальні), пристрої релейного захисту, ізолятори та пристрої дистанційного і телеуправління. Також бачимо що основні порушення нормальної роботи ТП відбуваються за рахунок виходу з ладу вимикачів (29,58 %) та трансформаторів (20,21 %).

Важливим напрямом рішення проблеми підвищення надійності системи тягового електропостачання є ефективне та якісне діагностування фактичного технічного стану силових трансформаторів ТП з метою повного використання його ресурсу. Трансформатори ТП дистанцій електропостачання обумовлені особливою значущістю у забезпеченні надійної роботи системи тягового електропостачання залізниць, високою вартістю, небезпекою виникнення ушкоджень, які викликають значні наслідки. Діаграма розподілу порушень роботи обладнання ТП за типами устаткування (рис. 2) показує, що пошкодження трансформаторів відносяться до основних значущих проблем порушення тягового електропостачання.

На цей час на залізницях України з 422 понижувальних та тягових трансформаторів напругою 110-220 кВ. знаходиться в експлуатації 337 трансформаторів зі строком служби понад 25 років, що складає 79% від загальної кількості понижувальних та тягових трансформаторів (табл. 1) [1].

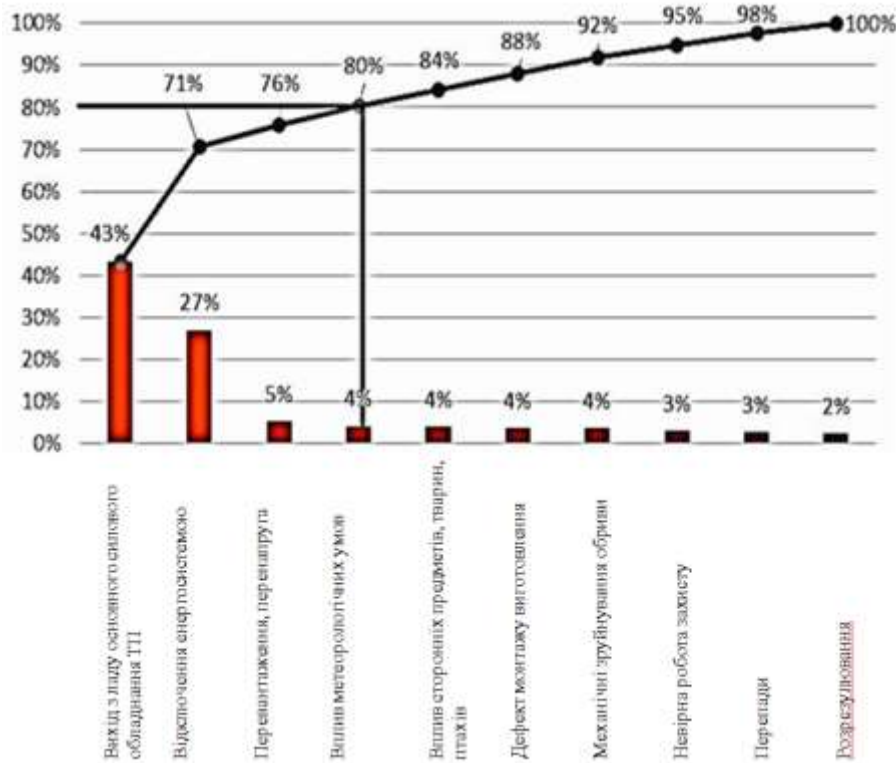


Рисунок 1 – Причини порушення роботи обладнання ТП

Проведемо аналіз діаграми рис. 1. Бачимо, що 80 % причин порушень нормальної роботи системи тягового електропостачання електрифікованих залізниць України за досліджуваний період складають: пошкодження основного силового обладнання ТП; відключення живлення енергосистемою; перевантаження та перенапруга; та вплив метеорологічних умов. З них 43 % складають відмови основного силового обладнання ТП.

Для виявлення обладнання ТП, стану якого необхідно приділити першочергову увагу при проведенні моніторингу, діагностуванні та ТО і Р, була побудована діаграма Парето по результатам дослідження які наведені на рис 2 [1].

Таблиця 1 – Трансформатори з понаднормативним строком експлуатації

Назва залізниці	Південна залізниця	Південно-Західна залізниця	Одеська залізниця	Укрзалізниця
Кількість трансформаторів зі строком експлуатації понад 25 років, шт.	48 (70% від загальної кількості залізниці) по	43 (60% від загальної кількості залізниці) по	37 (59% від загальної кількості залізниці) по	337 (79% від загальної кількості по Укрзалізниці)

Термін служби трансформатора складає не менше 25 років, при цьому через 12 років необхідно виконувати капітальний ремонт.

Проведений аналіз технічного стану силових трансформаторів ТП показав, що за 8 років відбулося 30 пошкоджень та відмов трансформаторів [1-3]. Із числа пошкоджених замінені 17 трансформаторів. Аналіз розподілу відмов і пошкоджень силових трансформаторів залежно від періоду їх експлуатації представлено на рис. 3.

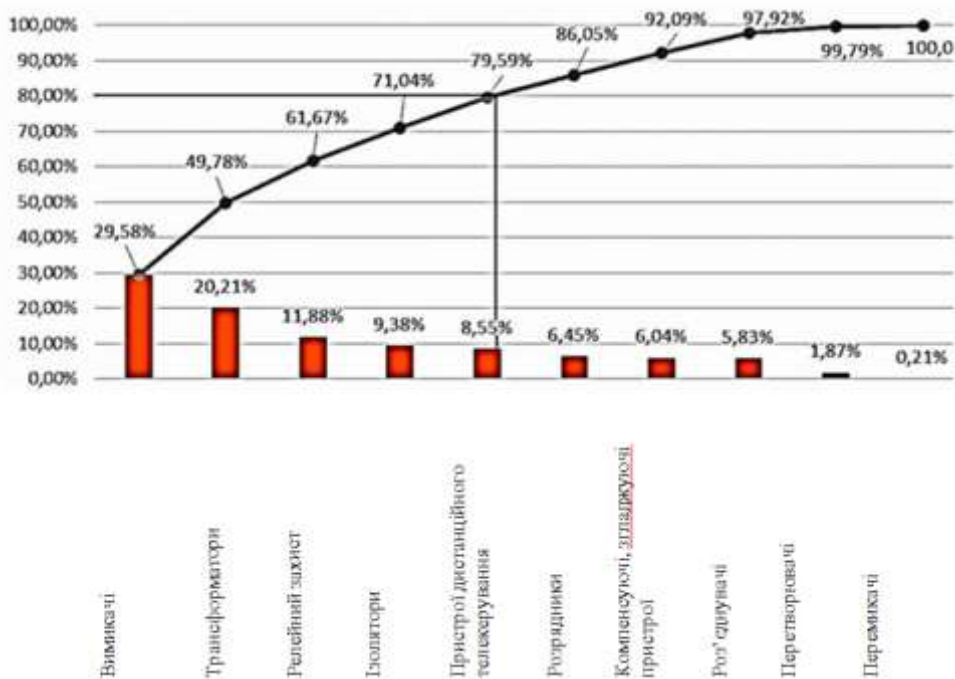


Рисунок 2 – Розподіл порушень роботи обладнання ТП за типами устаткування

Проведемо аналіз відповідно до рис. 3:

1. Розподіл має чітко виражений максимум, найбільша кількість відмов і пошкоджень силових трансформаторів спостерігається після 10 і 30 років. Пошкоджуваність трансформаторів на рівні 15...20 % в перші 10...15 років роботи пояснюється, в основному, проявом істотних заводських дефектів конструкції і виготовлення;

2. Максимум пошкоджуваності силових трансформаторів в період експлуатації 10...15 років збігається з терміном капітального ремонту, який в умовах тягових підстанцій, як правило, не проводиться через відсутність ремонтної бази;

3. Зниження пошкоджуваності до 25...30 рокам експлуатації пояснюється виробленим вибраковуванням обладнання з істотними дефектами шляхом його заміни і частково проведенням ремонтів;

4. Зростання пошкоджуваності після 30 років експлуатації свідчить про недосконалість системи діагностування та ТО і Р.

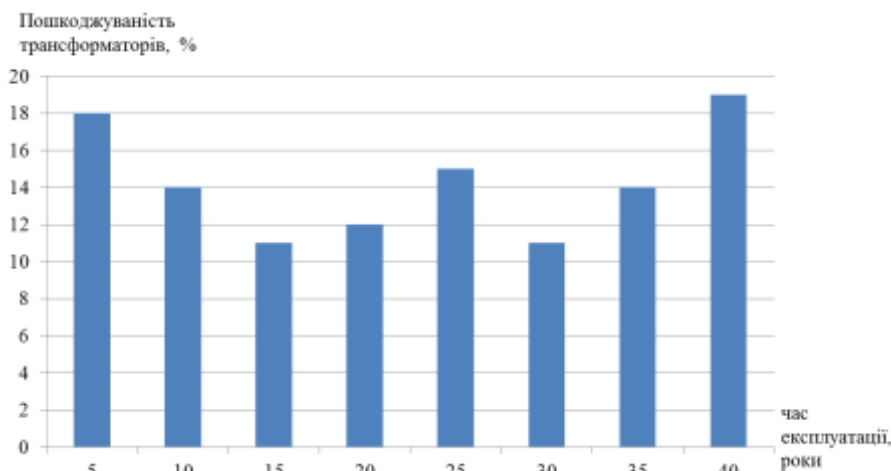


Рисунок 3 – Розподіл відмов і пошкоджень силових трансформаторів

Продовжити термін експлуатації трансформатора та повністю використати залишковий ресурс можливо за умови проведення якісного і своєчасного діагностування, раннього усунення виявлених дефектів шляхом недорогого відновлювального ремонту. Досвід експлуатації силових трансформаторів

показує, що і після нормативного терміну служби значна частина трансформаторів зберігає свою працездатність при дотриманні допустимих навантажувальних режимів, своєчасному проведенні випробувань, діагностування, технічного обслуговування ремонтів і якісному їх виконанні, з іншого боку термін служби трансформатора залежить від його залишкового ресурсу.

Підтвердженням цього є результати обстежень більше двохсот трансформаторів потужністю від 6,3 до 1000 МВт, виготовлених в Україні, Швеції і Бельгії і встановлених в різних кліматичних зонах [1]. Майже 70% з обстежених трансформаторів мали напрацювання більше 25 років. Близько половини з них відносяться до великих (більше 100 МВт). Узагальнені результати комплексних діагностичних обстежень представлені на рис. 4.

Результати обстежень показують що 30 % трансформаторів, з числа обстежених, можуть продовжувати експлуатуватися без яких обмежень. І усього лише 2 % мають бути замінені. Інші трансформатори вимагають або капітального ремонту (15 %), або відносно невеликих і не дорогих відновних ремонтів (23%), або просто підвищеного контролю (30 %) [1].

Тому поряд з плановою заміною застарілого обладнання найважливішим завданням є використання повного робочого ресурсу трансформаторів за рахунок комплексного застосування сучасних методів діагностування та технологій ремонту за фактичним технічним станом обладнання.

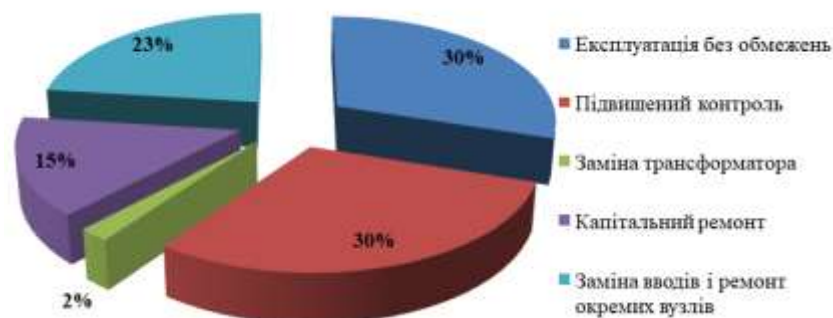


Рисунок 4 – Результати обстежень трансформаторів

Висновки

Існуюча система ППР обладнання ТП не відповідає сучасним умовам його експлуатації.

Необхідне удосконалення існуючої системи ТО і Р та діагностування електроустаткування шляхом розробки і застосування її нових форм, що забезпечують зниження витрат на ТО і Р при одночасному збільшенні надійності експлуатації електрообладнання.

Задача вдосконалення існуючої системи ТО і Р полягає в переході від системи ППР з жорсткою структурою ремонтного циклу, до системи, котра враховує досягнутий електроустаткуванням міжремонтний ресурс, який визначається результатами діагностування з використанням сучасних методів. Найбільш прогресивною в цьому розумінні є система технічного обслуговування і ремонту, заснована на встановленні фактичного технічного стану обладнання з використанням сучасних засобів діагностики, дефектоскопії і автоматизованого контролю в електропостачанні залізниць.

На початковому етапі впровадження системи ТО і Р електроустаткування за фактичним технічним станом доцільно зберегти планування основних ремонтних показників. При подальшому глибокому розвитку і впровадженні методів і засобів технічної діагностики можна буде відмовитися від регламентного календарного планування термінів ремонту, замінивши його на календарне планування діагностичних перевірок.

Список використаної літератури

1. Удосконалення методології системи технічного обслуговування і ремонту тягових підстанцій: монографія / О. О. Матусевич. – Дніпропетровськ: Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, 2015. – 295 с.
2. Концепция мониторинга и диагностирования электрооборудования тяговых подстанций электрифицированных железных дорог / О. О. Матусевич // Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 167 (czerwiec 2015) — с. 43-49
3. О. Матусевич, Д. Міронов, “Дослідження експлуатації силового обладнання системи тягового електропостачання залізниць”, Наука та прогрес транспорту. Вісник Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна, № 6(54), с. 78-86, 2015.

T. Drubetska¹, Cand.Sc. (Eng.), Assoc. Prof., ORCID 0000-0002-8580-9719

Е.М. Козаченко¹, student

Д.К. Панасенко¹, student

¹**Ukrainian State University of Science and Technologies**

IMPROVING THE QUALITY OF MAINTENANCE AND REPAIR OF TRACTION SUBSTATIONS EQUIPMENT

The article deals with maintenance and repair of traction substations.

The general problem of improving the maintenance and repair system of traction substations of electrified railways is described.

An analysis of methods and means of maintenance and repair of substation equipment was carried out.

The causes of malfunctions of the traction substations equipment are analyzed/

The distribution of malfunctions of TP equipment by types of equipment was analyzed.

The results of transformer inspections are presented.

Key words: *traction substation, reliability, maintenance, repair, transformer, power equipment.*

References

1. Improvement of the methodology of the maintenance and repair system of traction substations: monograph / O. O. Matuselych. - Dnipropetrovsk: Dnipropetr. national Railway University transp. named after Acad. V. Lazaryan, 2015. – 295 p.

2. Concept of monitoring and diagnosis of electrical equipment of traction substations of electrified railways / O. O. Matuselych // Problemy Kolejnictwa – Zeszyt 167 (czerwiec 2015) — p. 43-49

3. O. Matuselych, D. Mironov, "Investigation of operation of the power equipment of the traction power supply system of railways", Science and progress of transport. Visnyk Dnipropetr. national Railway University transp. named after Acad. V. Lazaryan, No. 6(54), p. 78-86, 2015.

Надійшла: 13.11.2023

Received: 13.11.2023