

В. Г. СИЧЕНКО, О. О. МАТУСЕВИЧ, А. О. КИРИЧЕНКО (ДНУЗТ)

Кафедра «Електропостачання залізниць», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпропетровськ, Україна, 49010, тел. +38 (056)793 19 17, ел. пошта: al_m0452@meta.ua

ПРОЦЕСНИЙ ІНЖИНІРИНГ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Вступ

Здійснення якісного та безперебійного електропостачання залізниць в значній мірі визначається надійністю функціонування обладнання ТП. У свою чергу, надійність обладнання ТП залежить від ефективності та якості системи діагностики та ТО і Р. Електротехнічне устаткування ТП має високі розрахункові показники надійності, але в процесі експлуатації під впливом різних чинників, зміни режимів роботи стан обладнання ТП безперервно погіршується, внаслідок чого знижується експлуатаційна надійність і збільшується небезпека виникнення відмов.

Згідно проведеного аналізу роботи господарства електрифікації та електропостачання за останні роки можна зробити висновок, що значна частина електротехнічного обладнання ТП електрифікованих залізниць вже вичерпала свій ресурс і потребує поетапної модернізації, оновлення або заміни.[1] Крім того, існуюча система ТО і Р ТП, в основу якої покладено планово-попереджувальні роботи (ППР), у нових економічних умовах експлуатації залізниць не забезпечує у багатьох випадках ухвалення та прийняття ефективних рішень. В таких умовах необхідно підвищувати ефективність використання існуючого обладнання, застосовувати нові методи діагностування, ТО і Р обладнання [2, 3].

Тож проблема забезпечення надійності функціонування обладнання ТП та зниження аварійності в процесі експлуатації стає першочерговим завданням системи електропостачання електрифікованих залізниць.

Мета

Метою даної статті є аналіз існуючих систем ТО і Р та дослідження стратегій експлуатації силового обладнання тягових підстанцій електрифікованих залізниць. Пошук нових сучасних методів удосконалення системи діагностування, ТО і Р в процесі експлуатації ТП, що відповідають передовим вимогам до керування якістю (ДСТУ ISO 9001:2009). Підвищення надійності функціонування силового обладнання ТП та зниження його аварійності для забезпе-

чення якісного і безперебійного електропостачання залізниць.

Методика

Теоретичною базою дослідження стали публікації, які присвячені дослідженню досвіду з питань якісного вирішення проблем діагностики, ТО і Р електрообладнання ТП та надійного електропостачання залізниць.

В технологічному процесі технічного обслуговування ТП однією із складних задач є кількісна оцінка ефективності використання великих технічних систем на залізничному транспорті. У цьому напрямку розглянемо процес ТО і Р силових трансформаторів ТП, які мають велике значення у забезпеченні надійної роботи системи тягового електропостачання залізниць.

В даний час застосовуються теоретично обґрунтовані методи організації процесів ТО і Р силових трансформаторів, однак у своїй більшості вони не дозволяють враховувати комплексний вплив на параметри системи ТО і Р умов експлуатації трансформаторів, числа відмов, складу та числа обслуговуючих бригад, кількісного і якісного складу запасних частин та помилок обслуговуючого персоналу, тощо.

В дійсних умовах експлуатації деталі та вузли трансформатора зношуються, старіють, і взагалі, зменшується ресурс трансформатора. Тому при вирішенні питань раціональної організації ТО і Р трансформаторів повинні враховуватися всі можливі фактори зниження експлуатаційної надійності.

Перспективними методами вирішення зазначених проблем є обслуговування за фактичним технічним станом силового електрообладнання ТП, процесний інжиніринг до управління системою ТО і Р електрообладнання ТП за обраною цільовою функцією. Так, в якості цільової функції можуть бути технічні, соціально-інженерні (число і склад обслуговуючих бригад) та економічні (мінімізація витрат) показники або показники експлуатаційної надійності.

Цільова функція завжди оптимізується за технічними, економічними, соціальними крите-

ріями або критерієм надійності чи мати будь-яку іншу форму оцінки [4]. Найбільш повно вимогам процесного інжинірингу задовольняють комплексні показники надійності у вигляді цільових функціоналів готовності $K_2(t)$ і технічного використання $K_{m\phi}(t)$.

Згідно ГОСТ 27.002-89 [5] коефіцієнт готовності характеризує ймовірність того, що об'єкт опиниться у працездатному стані у довільний момент часу, крім планових періодів, впродовж яких використання об'єкта за призначення не передбачається:

$$K_2 = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{\sum_{i=1}^n T_i + \sum_{i=1}^m T_{\phi i}}, \quad (1)$$

де T_i - час збереження працездатності в i -му циклі функціонування об'єкта;

$T_{\phi i}$ - час відновлення(ремонт) після i -тої відмови об'єкта;

n - число робочих циклів за розглянутий період експлуатації;

m - число відмов (відновлень) за розглянутий період.

Коефіцієнт технічного використання представляє собою відношення математичного очікування сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані за деякий період експлуатації до математичного очікування сумарного часу перебування об'єкта в працездатному стані і простоїв, обумовлених технічним обслуговуванням і ремонтом за той же період експлуатації.

$$K_{m\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n T_i}{\sum_{i=1}^n T_i + \sum_{i=1}^m T_{\phi i} + \sum_{j=1}^n T_{n\phi j}}, \quad (2)$$

де $T_{n\phi j}$ - довготривалість виконання планового j -того ремонту, що потребує виводу об'єкта із працездатного стану;

k - число профілактик, що потребують відключення об'єкта за розглянутий період.

Отже, $K_{m\phi}$ відрізняється від K_2 тим, що при його визначенні враховується весь час вимушених простоїв, тоді як при визначенні K_2 час простою, пов'язаний з проведенням профілактичних робіт, не враховується.

Сумарний час вимушеного простою об'єкта зазвичай включає час:

- на пошук і усунення відмови;
- на регулювання і налаштування об'єкта після усунення відмови;
- для простою через відсутність запасних частин;
- для профілактичних робіт.

В умовах експлуатації на рівень надійності об'єктів ТП значний вплив має система ТО і Р та якість і ефективність проведення робіт [6].

Розглянемо роботу одного з силових трансформаторів ТДТН-25000/150-70 У1 ТП постійного струму (ЕЧЕ-15) за період експлуатації з 2007 по 2013 рік. За даний період експлуатації проводилося шість поточних ремонтів, були відмови в роботі та проводилось ТО і міжремонтні випробування згідно з: «Інструкцією з технічного обслуговування тягових підстанцій, пунктів живлення і секціонування електрифікованих залізниць» ЦЕ-0024; «Технологічних карт поточного ремонту обладнання тягових підстанцій залізниць» ЦЕ-0040; «Типових норм часу на поточний ремонт обладнання та пристроїв тягових підстанцій електрифікованих залізниць» [1, 7- 9].

В реальних умовах експлуатації нормо-години на виконання планових ремонтів збільшуються на деякий коефіцієнт (K_n), що пов'язано з неякісним плануванням робіт, відсутністю необхідних інструментів та пристроїв діагностування, запасних частин, недостатнього рівня професійної підготовки та виробничого досвіду персоналу, тощо.

Тривалість виконання поточного ремонту та міжремонтних випробувань згідно з [9] представлена в табл. 1.

Розрахунок комплексних показників експлуатаційної надійності проведемо за формулами (1), (2) для двох випадків: з урахуванням поправочного коефіцієнту $K_n=1,3$ на час виконання планових ремонтів та за нормативним часом виконання планових ремонтних робіт. Поточні ремонти трансформатора проводилися один раз на рік в липні місяці, а періодичні огляди кожен місяць.

Також, враховуючи накопичений світовий досвід застосування ТО і Р за фактичним технічним станом дозволяє дати наступну узагальнену оцінку ефективності цього методу: зниження витрат на обслуговування до 75 %, зниження кількості обслуговувань до 50 %, зниження числа відмов до 70 % за перший рік роботи [10, 11].

З врахуванням цього досвіду, при розрахунках коефіцієнтів готовності і технічного вико-

ристання, припустимо що кількість профілактичних обслуговувань і ремонтів (ПОР) можна зменшити від 25% до 50%. У даному випадку,

скорочення загального часу профілактичних обслуговувань і ремонтів, обумовлене використанням нових підходів до організації ТО і Р та діагностування: процесний інжиніринг управління системою ТО і Р електрообладнання ТП, визначення дійсних параметрів та обслуговування за фактичним технічним станом, тощо.

Вхідні дані для розрахунків з урахуванням поправочного коефіцієнту на час виконання

ремонтних робіт та припущень занесені у табл. 2, а з нормативним часом виконання планових ремонтних робіт та припущень – у табл. 3.

Для прикладу розрахуємо коефіцієнти готовності і технічного використання та побудуємо графіки цих коефіцієнтів за реальних умов експлуатації з нормативним часом виконання планових ремонтних робіт. Графіки цих коефіцієнтів представлені на рис. 1, 2.

Таблиця 1

Типові норми часу на поточний ремонт, міжремонтні випробування силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 та середній час відновлення після відмови

Типові норми часу	Нормо-години (згідно НТД)	Нормо-діб (згідно НТД)	Нормо-години (фактично) $K_n \approx 1,3$	Нормо-діб (фактично) $K_n \approx 1,3$
Поточний ремонт трансформатора	6,68	0,278	8,684	0,362
Міжремонтні випробування	7,476	0,312	9,718	0,404
Середній час відновлення після відмови	100	4,166	130	5,416
Середній час виконання 1-го періодичного огляду	0,57 нормо-години або 0,024 нормо-доби			

Таблиця 2

Вихідні дані для розрахунку при $K_n = 1,3$

Показник	За нормою при $K_n = 1,3$	При 25% зменшення ПОР	При 50% зменшення ПОР
Число робочих циклів n	8	8	8
Число відмов m	1	1	1
Число профілактик k	7	5	3
Час відновлення T_{θ} , нормо-діб	5,416	5,416	5,416
Час виконання планового ремонту (враховано час на ПР і міжремонтні випробування) $T_{пл}$, нормо-діб	2,576	1,852	1,49
Середній час виконання періодичних оглядів (за шість років експлуатації було 72 огляди, при зменшенні ПОР на 25% було 54 огляди а при зменшенні на 50% - 36) $T_{то}$, нормо-діб	1,728	1,296	0,864

Таблиця 3

Вихідні дані для розрахунку з нормативним часом виконання планових ремонтних робіт

Показник	За нормою	При 25% зменшення ПОР	При 50% зменшення ПОР
Число робочих циклів n	8	8	8
Число відмов m	1	1	1
Число профілактик k	7	5	3
Час відновлення T_{θ} , нормо-діб	4,166	4,166	4,166
Час виконання планового ремонту (враховано час на ПР і міжремонтні випробування) $T_{пл}$, нормо-діб	1,979	1,424	1,146
Середній час виконання періодичних оглядів (за шість років експлуатації було 72 огляди, при зменшенні ПОР на 25% було 54 огляди а при зменшенні на 50% - 36) $T_{то}$, нормо-діб	1,728	1,296	0,864

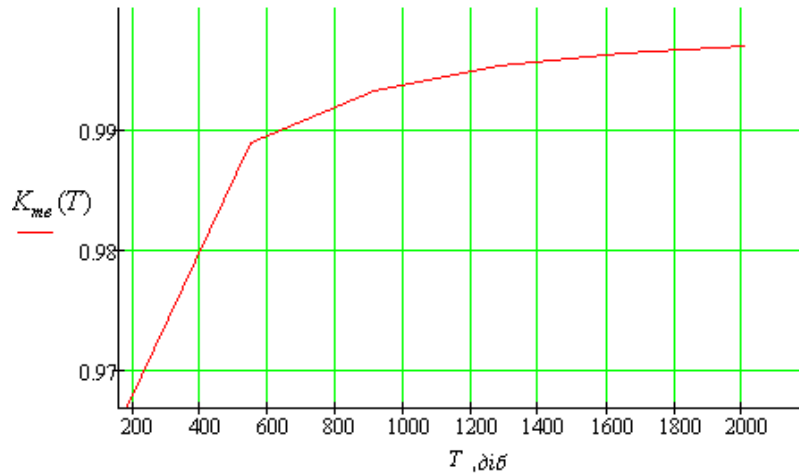


Рис. 1. Графік $K_{me}(T)$ за реальних умов експлуатації з нормативним часом виконання планових ремонтних робіт

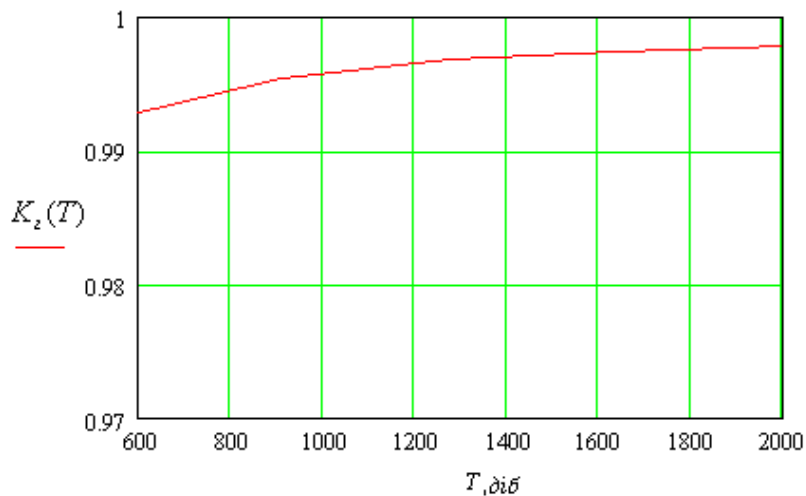


Рис. 2. Графік $K_z(T)$ за реальних умов експлуатації з нормативним часом виконання планових ремонтних робіт

Результати розрахунків $K_z(T)$ та $K_{me}(T)$ згідно вхідних даних які відображені у табл. 2 та 3, зведемо у табл. 4.

Згідно даних табл. 4 побудуємо суміщенні графіки коефіцієнтів готовності і технічного використання силового трансформатора для вище зазначених двох випадків з урахуванням зменшення загального часу на профілактичні роботи (ПР) на 25 і 50%.

Графіки коефіцієнтів готовності і технічного використання наведені на рис. 3-6.

Проведемо розрахунок витрат на ТО і Р силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 згідно даних про кількість і вартість матеріалу (табл. 5), який застосовується при ТО і Р трансформаторів та окладів електромеханіків і погодинних тарифних ставок електромонтерів (табл. 6).

Всі дані про кількість і вартість матеріалу усереднені, бо кількість матеріалу, яка необхідна для проведення ремонтів трансформаторів,

залежить від потужності трансформатора і довготривалості його експлуатації (так, наприклад при поточному ремонті трансформатора кількість масла, яку доливають, може коливатися в досить великих межах, тому визначити точну кількість дуже складно).

Оплата праці електромеханіка за 1 годину становитиме 19,57 грн/год з урахуванням того, що за місяць він в середньому відпрацює 168 год.

При розрахунку оплати праці обслуговуючого персоналу ТП будемо враховувати, що до окладу або погодинної тарифної ставки додається 8% за шкідливі умови праці, отже:

- оплата праці електромеханіка 2 гр. становитиме $C_1 = 21,14$ грн/год;
- оплата праці електромонтера 3 розряду становитиме $C_2 = 12,68$ грн/год;
- оплата праці електромонтера 4 розряду становитиме $C_3 = 14,22$ грн/год.

Коефіцієнти готовності та технічного використання з урахуванням поправочного коефіцієнту на час виконання ремонтних робіт та з нормативним часом

Коефіцієнт	При $K_n = 1,3$ (фактично)	За нормою (згідно НТД)
K_{mv}	0,996	0,997
K_{mv} при зменшенні ПОР на 25%	0,997	0,998
K_{mv} при зменшенні ПОР на 50%	0,998	0,998
K_z	0,997	0,998
K_z при зменшенні ПОР на 25 %	0,998	0,998
K_z при зменшенні ПОР на 50 %	0,999	0,999

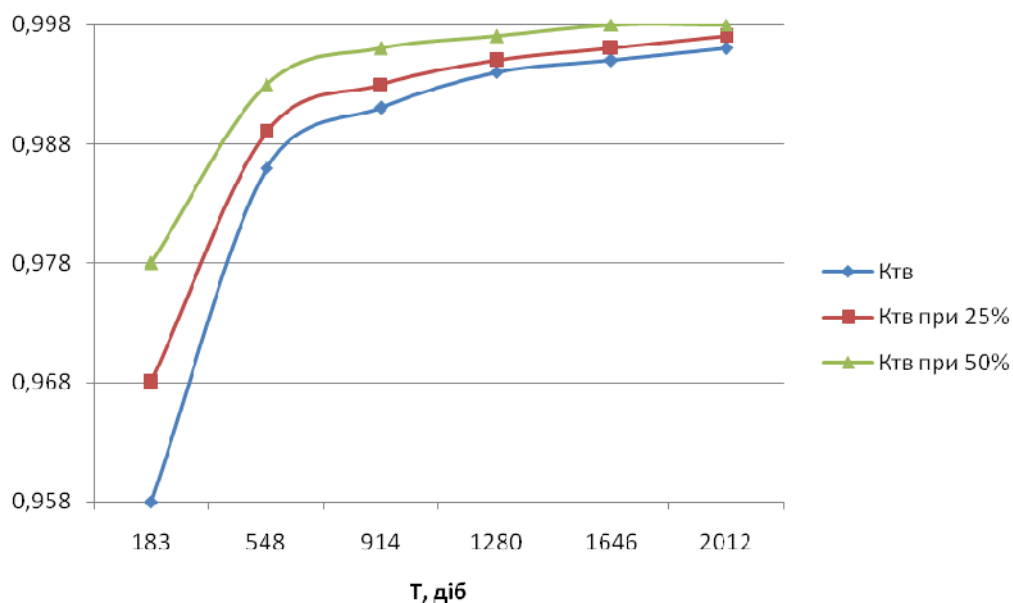


Рис. 3. Графік коефіцієнта технічного використання силового трансформатора з урахуванням поправочного коефіцієнта $K_n = 1,3$ на час виконання ремонтних робіт

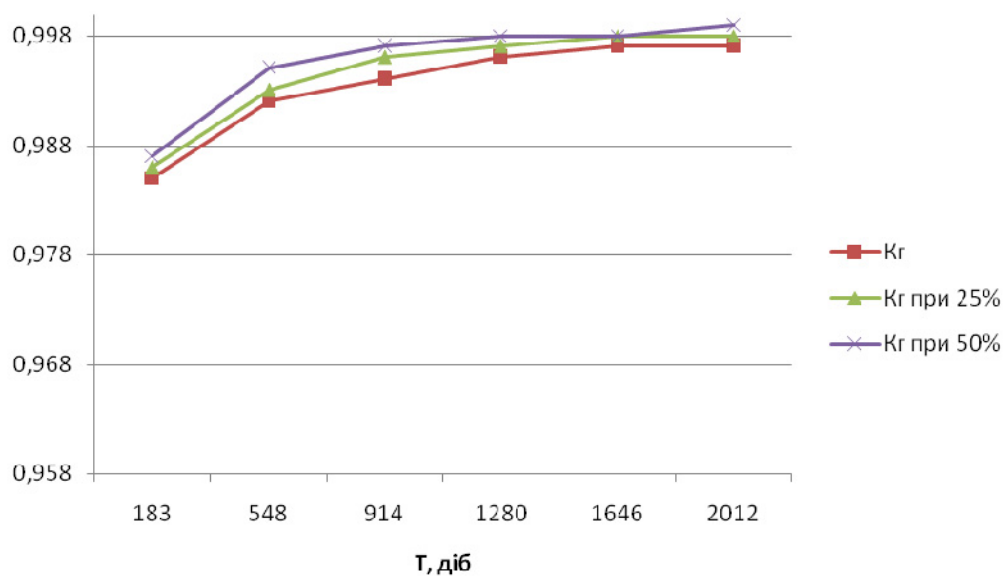


Рис. 4. Графік коефіцієнта готовності силового трансформатора з урахуванням поправочного коефіцієнта $K_n = 1,3$ на час виконання ремонтних робіт

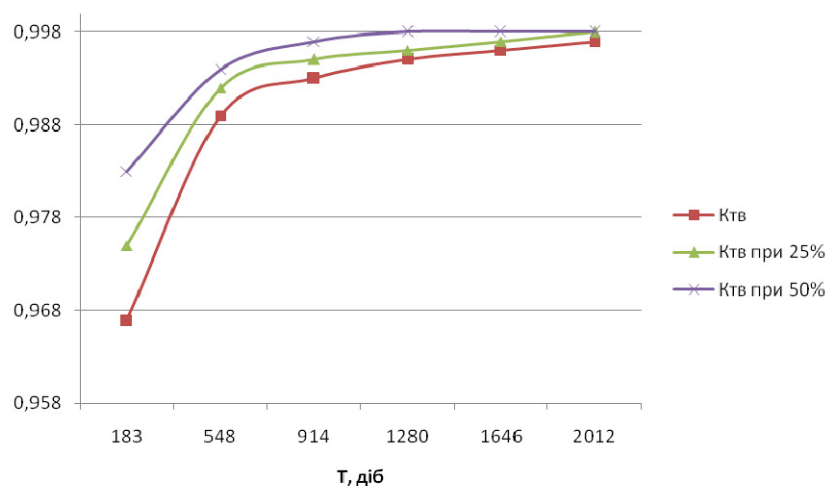


Рис. 5. Графік коефіцієнта технічного використання силового трансформатора з нормативним часом виконання ремонтних робіт

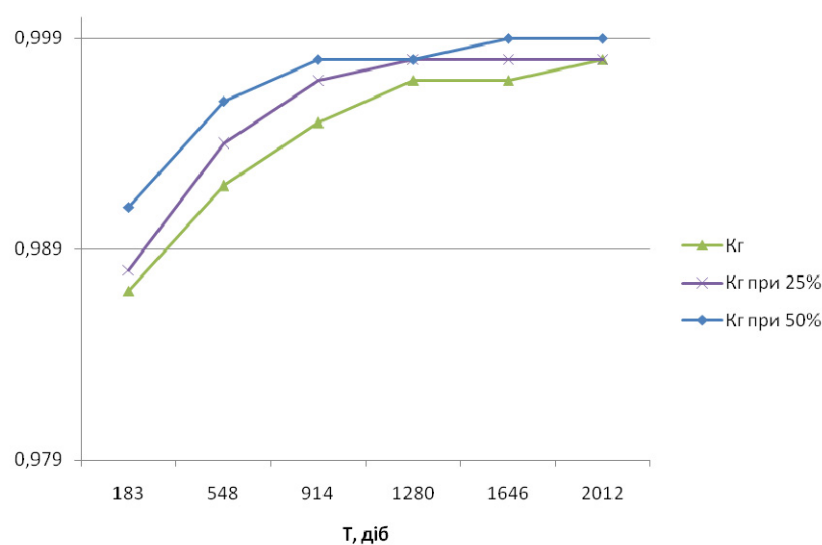


Рис. 6. Графік коефіцієнта готовності силового трансформатора з нормативним часом виконання ремонтних робіт

Таблиця 5

Матеріал, необхідний для проведення ТО і Р трансформаторів

Матеріал	Приблизна кількість	Вартість, грн
Силікагель індикаторний	150 грам	6,00
Силікагель	20 кілограм	500,00
Трансформаторне масло	1 тона	7720,31
Мастило ЦИАТИМ	150 грам	5,55
Уайт - спирт	200 мл	4,00
Волого - маслостійкий лак або емаль	200 гр	9,40
Запасне масло вказівне скло	1 шт	60,0
Гумові прокладки	2 кг	51,40
Обтиральний матеріал		5,00

Таблиця 6

Оклади та погодинні тарифні ставки обслуговуючого персоналу ТП

Посада	Оклад або погодинна тарифна ставка, грн. або грн./год
Електромеханік 2 гр.	3288,00
Електромонтер 3 розряду	11,74
Електромонтер 4 розряду	13,17

Як вже зазначалось, норма часу на вимірник поточного ремонту трансформатора становить $T_{np}=6,68$ нормо-годин (з урахуванням поправочного коефіцієнту $8,68$ нормо-годин); міжремонтних випробування $T_{mv}=7,476$ нормо-годин (з урахуванням поправочного коефіцієнту $9,718$ нормо-годин); середній час виконання 1-го періодичного огляду $T_{mo}=0,57$ нормо-годин [9].

Розрахуємо оплату праці працівників за поточний ремонт

$$C_{np} = (C_1 \cdot T_{np}) + (C_2 \cdot T_{np}) + (C_3 \cdot T_{np}),$$

де C_1 - посадовий оклад електромеханіка другої групи;

C_2 - тарифна ставка електромонтера 3-го розряду;

C_3 - тарифна ставка електромонтера 4-го розряду;

T_{np} - норма часу на виконання поточного ремонту.

З нормативним часом виконання планових ремонтних робіт за шість років експлуатації було 6 поточних ремонтів.

За нормою згідно НТД:

$$C_{np} = ((21,14 \cdot 6,68) + (12,68 \cdot 6,68) + (14,22 \cdot 6,68)) \cdot 6 = 1924,8 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 25%:

$$C_{np} = ((21,14 \cdot 6,68) + (12,68 \cdot 6,68) + (14,22 \cdot 6,68)) \cdot 4 = 1283,2 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 50%:

$$C_{np} = ((21,14 \cdot 6,68) + (12,68 \cdot 6,68) + (14,22 \cdot 6,68)) \cdot 3 = 962,4 \text{ грн.}$$

З урахуванням поправочного коефіцієнту, тобто фактично:

$$C_{np} = ((21,14 \cdot 8,68) + (12,68 \cdot 8,68) + (14,22 \cdot 8,68)) \cdot 6 = 2501,88 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 25%:

$$C_{np} = ((21,14 \cdot 8,68) + (12,68 \cdot 8,68) + (14,22 \cdot 8,68)) \cdot 4 = 1667,92 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 50%:

$$C_{np} = ((21,14 \cdot 8,68) + (12,68 \cdot 8,68) + (14,22 \cdot 8,68)) \cdot 3 = 1250,94 \text{ грн.}$$

Розрахуємо оплату праці за міжремонтні випробування. За даний період експлуатації було 1 міжремонтне випробування.

$$C_{mv} = (C_1 \cdot T_{mv}) + (C_2 \cdot T_{mv}) + (C_3 \cdot T_{mv}),$$

де C_1 - посадовий оклад електромеханіка другої групи;

C_2 - тарифна ставка електромонтера 3-го розряду;

C_3 - тарифна ставка електромонтера 4-го розряду;

T_{mv} - норма часу на виконання міжремонтних випробувань.

Згідно НТД [9]:

$$C_{mv} = (21,14 \cdot 7,476) + (12,68 \cdot 7,476) + (14,22 \cdot 7,476) = 359,13 \text{ грн.}$$

З урахуванням поправочного коефіцієнту, тобто фактично:

$$C_{mv} = (21,14 \cdot 9,718) + (12,68 \cdot 9,718) + (14,22 \cdot 9,718) = 466,839 \text{ грн.}$$

Розрахуємо оплату праці працівників за виконання періодичних оглядів. За даний період експлуатації було виконано 72 періодичні огляди електромеханіком другої групи.

$$C_{mo} = C_1 \cdot T_{mo},$$

де C_1 - посадовий оклад електромеханіка другої групи;

T_{mo} - норма часу на виконання періодичних оглядів.

$$C_{mo} = C_1 \cdot T_{mo} = (21,14 \cdot 0,57) \cdot 72 = 867,6 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 25%:

$$C_{mo} = (21,14 \cdot 0,57) \cdot 54 = 650,7 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 50%:

$$C_{mo} = (21,14 \cdot 0,57) \cdot 36 = 433,8 \text{ грн.}$$

Розрахуємо оплату праці працівникам за ТО і Р одного силового трансформатора за 6 років експлуатації.

$$C = C_{np} + C_{mv} + C_{mo},$$

де C_{np} - оплата праці за виконання поточного ремонту;

C_{mv} - оплата праці за виконання міжремонтних випробувань;

C_{mo} - оплата праці за виконання періодичних оглядів.

З нормативним часом виконання планових ремонтних робіт згідно НТД.

За нормою:

$$C = C_{np} + C_{mv} + C_{mo} = 1924,8 + 359,13 + 867,6 = 3151,53 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 25%:

$$C = C_{np} + C_{mv} + C_{mo} = 1283,2 + 359,13 + 650,7 = 2293,03 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 50%:

$$C = C_{np} + C_{mv} + C_{mo} = 962,4 + 359,13 + 433,8 = 1755,33 \text{ грн.}$$

З урахуванням поправочного коефіцієнту, тобто фактично:

$$C = C_{np} + C_{mv} + C_{mo} = 2501,88 + 466,839 + 867,6 = 3836,32 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 25%:

$$C = C_{np} + C_{mv} + C_{mo} = 1667,92 + 466,839 + 650,7 = 2785,46 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 50%:

$$C = C_{np} + C_{mv} + C_{mo} = 1250,94 + 466,839 + 433,8 = 2151,58 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріал необхідний для проведення 1-го планового ремонту становитимуть $C_m = 8361,66$ грн. (табл. 5).

Розрахуємо середні витрати на ТО і Р за шість років експлуатації одного силового трансформатора та занесемо отримані дані до табл. 7.

$$C_{nop} = C + C_m,$$

де C - оплата праці працівникам за ТО і Р;

C_m - витрати на матеріал необхідний для проведення 1-го планового ремонту.

Середні витрати на ТО і Р з урахуванням поправочного коефіцієнту на час виконання планових ремонтних робіт (фактично):

$$C_{nop} = 3836,319 + 8361,66 \cdot 6 = 54006,28 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 25%:

$$C_{nop} = 2785,459 + 8361,66 \cdot 4 = 36232,01 \text{ грн.}$$

При зменшенні ПОР на 50%:

$$C_{nop} = 2151,579 + 8361,66 \cdot 3 = 27236,56 \text{ грн.}$$

Аналогічні розрахунки були проведені і для визначення середніх витрат на ТО і Р з нормативним часом виконання планових ремонтних робіт (згідно нормативно технічної документації).

Як бачимо із табл. 7. при зменшенні загального часу на профілактичні роботи на 25 % дозволить скоротити витрати на ТО і Р одного силового трансформатора за шість років експлуатації приблизно на 17774,18 грн., а при зменшенні часу на 50% - на 26769,72 грн.

Результати

У результаті дослідження встановлено, що. на сучасному етапі розвитку залізниць України удосконалення системи діагностування, ТО і Р електроустаткування ТП стає однією з основних задач підвищення надійності тягового електропостачання та вирішення проблеми скорочення витрат на ТО і Р.

Таблиця 7

Усереднені витрати на ТО і Р одного силового трансформатора за шість років експлуатації

Умова	Усереднені витрати на ТО і Р з нормативним часом виконання планових ремонтних робіт (згідно НТД), тис грн.	Усереднені витрати на ТО і Р з урахуванням поправочного коефіцієнту на час виконання планових ремонтних робіт (фактично), тис грн.
За нормою	53321,49	54006,28
З урахуванням зменшення загального часу на профілактичні роботи на 25 %	35739,67	36232,01
З урахуванням зменшення загального часу на профілактичні роботи на 50%	26840,31	27236,56

Для вирішення цієї проблеми необхідний вибір та застосування сучасних стратегій, таких як обслуговування за фактичним технічним станом силового електрообладнання ТП, суміщення обслуговування за фактичним технічним станом і ППР та процесного інжинірингу до управління системою ТО і Р за обраною цільовою функцією.

Найбільш повно вимогам процесного інжинірингу задовольняють комплексні показники надійності у вигляді цільових функціоналів готовності і технічного використання.

В результаті проведених розрахунків комплексних показників експлуатаційної надійності $K_2(T)$ та $K_{mv}(T)$ силового обладнання ТП встановлено їх збільшення в результаті визначення дійсних параметрів обладнання та обслуговування за фактичним технічним станом.

Підвищення комплексних показників експлуатаційної надійності силового електрообладнання ТП забезпечить більш надійну його роботу, а зменшення кількості планових профілактичних робіт дозволить скоротити витрати на проведення ТО і Р.

Зменшення часу на виконання планових ремонтів силових трансформаторів ТП дозволить зменшити витрати на проведення ТО і Р.

Наукова новизна та практична значимість

Запропоновані нові підходи подальшого удосконалення системи діагностики та ТО і Р тягових підстанцій електрифікованих залізниць з використанням технологій процесного інжинірингу, які покращують комплексні показники експлуатаційної надійності. Це дозволить підвищити експлуатаційну надійність роботи електрообладнання ТП, зменшити кількості ТО

і Р, скоротити витрати на проведення ТО і Р та скоротити час підготовки і виконання робіт.

Висновки

1. Обладнання ТП, що знаходиться в експлуатації, вже вичерпало свій ресурс і потребує поетапної модернізації, оновлення або заміни.

2. Перспективними методами рішення значених проблем є обслуговування за фактичним технічним станом силового електрообладнання ТП або суміщення ППР з обслуговування за фактичним технічним станом та процесний інжиніринг управління системою ТО і Р за ці-

льовими функціями готовності і технічного використання.

3. Проведене дослідження показує, що застосування таких підходів дозволить підвищити коефіцієнти готовності та технічного використання силового обладнання, підвищити експлуатаційну надійність, скоротити час на виконання планових ремонтних робіт до 50% та зменшити витрати на проведення ТО і Р одного силового трансформатора ТП за шість років експлуатації до 27236,56 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналіз роботи господарства електрифікації та електропостачання в (2002 - 2013) році [Текст]. – К.: ТОВ «ВД «Мануфактура», 2002 – 2013.

2. Савельев В. А. Принципы новой технологии управления техническим состоянием электрооборудования станций и подстанций / В. А. Савельев, А. Н. Назарычев // РНСЭ: Материалы докладов. Казань: Казан. Гос. энерг. ун-т, 2001. – т. II. – С.42-45.

3. Капиця, М. І. Стратегії експлуатації, технічного обслуговування та ремонту локомотивів / М. І. Капиця, Р. О. Коренюк // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – Д., 2012. – Вип. 40. – С. 63-66.

4. Державний стандарт України ДСТУ ISO 9001:2009. Системи управління якістю. Вимоги. – На заміну ДСТУ ISO 9001:2001; надано чинності 2009-06-22. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 26 с.

5. ГОСТ 27.002.-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

6. Кузнецов В. Г. Надійність і діагностика пристроїв тягового електропостачання [начальний посібник] / В. Г. Кузнецов, О. Г. Галкін, О. В. Єфімов, О. О. Матусевич. – Д.: Вид-во Маковецький О.В., 2009 – 248 с.

7. Інструкція з технічного обслуговування і ремонту обладнання тягових підстанцій, пунктів живлення і секціонування електрифікованих залізниць – К.: ТОВ «Інпрес», 2008. – 125 с.

8. Технологічні карти поточного ремонту обладнання тягових підстанцій залізниць. – К., 2013. – 243 с.

9. Типові норми часу на поточний ремонт обладнання та пристроїв тягових підстанцій і секцій секціонування електрифікованих залізниць. – К., 2013. – 252 с.

10. Азовцев, Ю. А. Диагностика и прогноз технического состояния оборудования целлюлозно-бумажной промышленности в рыночных условиях [Электронный ресурс] / Ю. А. Азовцев, Н. А. Баркова, В.А. Доронин // Журнал "Бумага, картон, целлюлоза", 1999. –Режим доступа: www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book17. – Загл. с экрана.

REFERENCES

1. Analiz roboti gospodarstva elektrifikatsiyi ta elektropostachannya v (2002 - 2013) rotsi [Tekst] [Analysis of the economy in electrification and power (2002 - 2013)year], – Kyiv, TOV «VD «Manufaktura», 2002 – 2013.

2. Savelev V.A., Nazaryichev A.N. Printsipyi novoy tehnologii upravleniya tehicheskim sostoyaniem elektrooborudovaniya stantsiy i podstantsiy [Principles of the new control technology technical condition of electrical stations and substations] // RNSE: Materialyi dokladov. Kazan: Kazan. Gos. energ. un-t, 2001, vol. II, pp. 42-45

3. Kapitsya, M. I. Strategiyi ekspluatatsiyi, tehlichnogo obslugovuvannya ta remontu lokomotiviv [Strategies for operation, maintenance and repair of locomotives]/M. I. Kapitsya, R. O. Korenyuk // VIsnik DnIpropetrovskogo natsIonalnogo unIversitetu zalIznichnogo transportu Im. akad. V. Lazaryana. – D., 2012, issue 40, pp. 63-66.

4. Derzhavniy standart UkraYini DSTU ISO 9001:2009. Sistemi upravlnnya yakIstyu. Vimogi. – Na zamInu DSTU ISO 9001:2001 [State Standard of Ukraine ISO 9001: 2009. Quality management systems. Requirements. - The replacement of ISO 9001: 2001]; nadano chinnostI 2009-06-22, K.: Derzhspozhivstandart Ukrayini, 2009, 26 p.

5. GOST 27.002.-89. Nadezhnost v tehnikе. Osnovnyie ponyatiya. Terminy i opredeleniya. [GOST 27.002.-89. Reliability engineering. Basic concepts. Terms and definitions]

6. Kuznetsov V.G., GalkIn O.G., EfImov O. V., Matusevich O.O. NadIynIst I dIagnostika pristroYiv tyagovogo elektropostachannya [nachalniy posIb-nik] [Reliability and diagnostics devices yraction power supply]. D., Vid-vo Makovetskiy O.V., 2009, 248 p.

7. InstruksIya z tehlichnogo obslugovuvannya I remontu obladnannya tyagovih pIdstantsIy, punktIv zhivlennya I sektIonuvannya elektrIfikovanih zalIznits [Instructions for maintenance and repair of equipment traction substations, power points and sectioning electrified railways], Kyiv, TOV «Inpres», 2008, 125 p.

8. TehnologIchnI karti potochnogo remontu obladnannya tyagovih pIdstantsIy zalIznits [Technological maps current repair equipment railway traction substa-

11. Бабенко, И. А. Внедрение системы технического обслуживания по фактическому состоянию машинного парка завода [Электронный ресурс] / И. А. Бабенко // Материалы научно-технических проектов молодых специалистов НК ЮКОС, 2001. – Режим доступа: www.samara.sibintek.ru. – Загл. с экрана.

Надійшла до друку 17.10.2014.

tions], Kyiv, 2013, 243 p.

9. Tipovi normi chasu na potochniy remont obladnannya ta pristroyiv tyagovih pidstantsiy i postiv sektionuvannya elektrifikovanih zaliznits [Typical standard time of maintenance equipment and devices traction substations and sectioning posts electrified railways], Kyiv, 2013, 252 p.

10. Azovtsev Yu. A., Barkova N. A., Doronin V. A. Diagnostika i prognoz tehnikeskogo sostoyaniya oborudovaniya tsellyulozno-bumazhnoy promyshlennosti v ryinonchnykh usloviyah [Elektronniy resurs] [Diagnosis and prognosis of equipment condition pulp and paper industry in market conditions] // Zhurnal "Bumaga, karton, tsellyuloza", 1999, Rezhim dostupa: www.vibrotek.ru/russian/biblioteka/book17.

11. Babenko, I. A. Vnedrenie sistemyi tehnikeskogo obsluzhivaniya po fakticheskomu sostoyaniyu mashinnogo parka zavoda [Elektronniy resurs] [Implementation of the system maintenance on the actual state of the machinery factory] // Materialy nauchno-tehnicheskikh projektov molodyih spetsialistov NK YUKOS, 2001, Rezhim dostupa: www.samara.sibintek.ru

Внутрішній рецензент *Костін М. О.*

Зовнішній рецензент *Сасенко Ю. Л.*

Метою даної статті є аналіз існуючих систем технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) та дослідження експлуатації силового обладнання тягових підстанцій (ТП) з метою підвищення експлуатаційної надійності його функціонування та зниження аварійності за рахунок удосконалення системи діагностування. Пошук нових сучасних методів удосконалення системи діагностування та ТО і Р в процесі експлуатації ТП. Для досягнення поставленої мети проведено дослідження динаміки зміни комплексних показників надійності силового устаткування ТП у вигляді цільових функцій готовності і технічного використання з нормативним і фактичним часом виконання планових ремонтних робіт та переходу на ТО і Р за технічним фактичним станом. Проведено дослідження основних методів ТО і Р та діагностування пристроїв ТП електрифікованих залізниць.

У результаті дослідження встановлено, що перспективними методами вирішення зазначених проблем є процесний інжиніринг управління системою ТО і Р при обслуговуванні електрообладнання ТП за фактичним технічним станом. Проведені розрахунки підтверджують зменшення кількості профілактичних обслуговувань і поточних ремонтів обладнання ТП за рахунок удосконалення системи діагностування.

Запропоновано нові напрями удосконалення системи діагностики тягових підстанцій та системи ТО і Р з використанням технологій процесного інжинірингу, які покращують комплексні показники експлуатаційної надійності. Застосування даних підходів дозволяє покращити коефіцієнти готовності та технічного використання силового обладнання ТП, підвищити його експлуатаційну надійність, знизити кількість обслуговувань та відмов, знизити витрати на проведення ТО і Р.

Ключові слова: електропостачання, електрифіковані залізниці, тягова підстанція, обладнання, процесний підхід, ТО і Р, діагностування, надійність, фактичний технічний стан, коефіцієнт готовності, коефіцієнт технічного використання.

УДК 621.331:621.311.4

В. Г. СЫЧЕНКО, А. А. МАТУСЕВИЧ, А. А. КИРИЧЕНКО (ДНУЖТ)

Кафедра «Электроснабжение железных дорог», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепропетровск, Украина, 49010, тел. +38(056)793-19-17, эл. почта: al_m0452@meta.ua

ПРОЦЕССНЫЙ ИНЖИНИРИНГ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Целью данной статьи является анализ существующих систем технического обслуживания и ремонта (ТО и Р) и исследования эксплуатации силового оборудования тяговых подстанций (ТП) с целью повышения эксплуатационной надежности его функционирования и снижения аварийности за счет совершенствования системы диагностирования. Поиск новых современных методов совершенствования системы диагностики и ТО и Р в процессе эксплуатации ТП. Для достижения поставленной цели проведено исследование динамики изменения комплексных показателей надежности силового оборудования ТП в виде целевых функций готовности и технического использования с нормативным и фактическим временем выполнения

© Сиченко В. Г. та ін., 2014

плановых ремонтных работ и перехода на ТО и Р по техническому фактическим состоянием. Проведено исследование основных методов ТО и Р и диагностирования устройств ТП электрифицированных железных дорог.

В результате исследования установлено, что перспективными методами решения указанных проблем является процессный инжиниринг управления системой ТО и Р при обслуживании электрооборудования ТП по фактическому техническому состоянию. Проведенные расчеты подтверждают уменьшение количества профилактических обслуживаний и текущих ремонтов оборудования ТП за счет усовершенствовании системы диагностирования.

Предложены новые направления совершенствования системы диагностики тяговых подстанций и системы ТО и Р с использованием технологий процессного инжиниринга, которые улучшают комплексные показателя эксплуатационной надежности. Применение данных подходов позволяет улучшить коэффициенты готовности и технического использования силового оборудования ТП, повысить его эксплуатационную надежность, снизить количество обслуживаний и отказов, снизить затраты на проведение ТО и Р.

Ключевые слова: электроснабжение, электрифицированные железные дороги, тяговая подстанция, оборудования, процессный подход, ТО и Р, диагностирования, надежность, фактическое техническое состояние, коэффициент готовности, коэффициент технического использования.

Внутренний рецензент *Костин Н. А.*

Внешний рецензент *Саенко Ю. Л.*

UDC 621.331:621.311.4

V. G. SICHENKO, O. O. MATUSEVICH, A. O. KIRICHENKO (DNURT)

Department of Power supply of Railways, Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryan Street, 2, Dnepropetrovsk, Ukraine, 49010, tel. +38(056)793 19 17, e-mail: al_m0452@meta.ua

PROCESS ENGINEERING IMPROVEMENT OF DIAGNOSIS TRACTION SUBSTATION

The purpose of this article is to analyze existing systems maintenance and repair and research operation of the power equipment of traction substations in order to improve operational reliability of its operations and reduce the accident rate by improving the system diagnostics. Search for new modern methods of improving the system of diagnosis and maintenance and repair in the operation of traction substations. To achieve this goal a study of the dynamics of complex change of reliability indices of power equipment of traction substations as target functions preparedness and technical use with standard and actual execution time of scheduled repairs and jump to the actual technical condition.

The study found that the promising methods for solving these problems is a process engineering management system maintenance and repair when servicing electrical equipment of traction substations on the actual technical condition. The calculations confirm the reduction in the number of preventive maintenance and current repairs of the equipment of the system due to the improvement of the diagnosis.

We propose new ways of improving the diagnostic system of traction substations and maintenance and repair system using technologies of process engineering that improve integrated display dozens of operational reliability. The application of these approaches can improve the availability and use of technical equipment of the power transformer substations, improve its operational reliability, and reduce the amount of maintenance and failure to reduce the costs of the maintenance and repair.

Keywords: electricity, electrified railways, traction substation, equipment, process approach, maintenance, repair, diagnosis, reliability, actual technical condition, availability, technical factor.

Internal reviewer *Kostin M. O.*

External reviewer *Saenko Yu. L.*