

УДК 621.331: 621.311.4

О. О. МАТУСЕВИЧ (ДНУЗТ)

Каф. «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, ORCID: 0000-0002-2174-7774

МЕТОДОЛОГІЯ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ І РЕМОНТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ

Вступ

В умовах складності технологічних процесів і режимів роботи електрифікованих залізниць вирішення першочергових завдань неможливе без забезпечення надійної роботи системи тягового електропостачання (СТЕ), яке у свою чергу залежить від надійності функціонування силового електроустаткування тягових підстанцій (ТП). Підвищення ефективності організації процесу експлуатації електроустаткування ТП може бути досягнуте при забезпеченні оптимального технічного стану устаткування по відношенню до початкового. Тому в умовах критичності технологічних процесів експлуатації потрібне підвищення експлуатаційної надійності ТП за рахунок рівня якості системи технічного обслуговування і ремонту (ТО і Р) при мінімальних витратах на експлуатацію.

Мета

Розробка методики підвищення якості системи ТО і Р основного електрообладнання ТП СТЕ в умовах невизначеності експлуатації на основі експертної інформації.

Результати дослідження

Аналіз існуючого різноманіття підходів розробки сучасних методів вдосконалення системи ТО і Р, дозволяє зробити висновок, вирішення проблеми підвищення якості системи досягається шляхом рішення індивідуальних завдань підвищення експлуатаційної надійності силового електроустаткування ТП в наступних основних взаємозв'язаних напрямках: технічному, економічному та організаційному [1, 2]. Для вирішення задачі мінімізації наслідків відмов пристроїв ТП, система ТО і Р повинна володіти наступними властивостями: бути ефективною в умовах високої невизначеності початкової інформації стану СТЕ; простота застосування, універсальність, комплексність, практична спрямованість, можливість нарощування вхідних даних, тощо.

Однак, вирішення даної проблеми ускладнюється деякими особливостями організації та управління системою ТО і Р, основними з яких є [3]:

– необхідність обліку великої кількості показників експлуатаційної надійності обладнання при виборі їх раціонального варіанту в умовах невизначеності функціонування СТЕ;

– суттєвий взаємозв'язок і взаємозалежність показників що мають суперечливий характер;

– складність отримання вихідних даних залишкового ресурсу обладнання в умовах невизначеності стану пристроїв ТП, які необхідні для вирішення завдань аналізу і синтезу, особливо на ранніх етапах розвитку відмови;

– здебільшого якісний характер показників, які враховуються при аналізі і синтезі системи ТО і Р.

Вказані особливості дуже ускладнюють застосування традиційних математичних методів, зокрема методів математичної статистики і теорії ймовірності, а також класичних методів оптимізації для вирішення прикладних завдань аналізу і синтезу системи ТО і Р ТП внаслідок того що, математична статистика і теорія ймовірності використовують експериментальні дані, які володіють певною точністю і достовірністю.

У цьому випадку перспективним напрямом для вирішення прикладних задач, які пов'язані з оцінкою та вибором напрямів вирішення проблеми зменшення збитків системи тягового електропостачання з причини відмов пристроїв СТЕ, при експертній початковій інформації є: лінгвістичний підхід на базі теорії нечітких множин і лінгвістичної змінної [4, 5]. Теорія нечітких множин має справу з «людськими знаннями», які прийнято називати експертною інформацією. У цьому випадку ухвалення рішень в більшості базується на експертних оцінках і експертній інформації з урахуванням важливості показників підвищення якості системи ТО і Р силового електрообладнання ТП СТЕ. Експертна інформація - це думки фахівців-

експертів виражених в кількісній і/або якісній формі з метою підготовки інформації для ухвалення рішень [6].

Розглянемо можливі взаємозв'язані напрями моделі вдосконалення і підвищення якості системи ТО і Р силового електрообладнання ТП СТЕ та розробимо методику розрахунку інтегрального показника якості системи.

Основними напрямками цієї моделі є [7]:

- *технічні* (застосування сучасних автоматизованих інформаційно-діагностичних систем. Склад і характеристики технічних засобів діагностики своєчасного виявлення відмов, несправностей. Повнота та якість програмного забезпечення автоматизації процесу діагностування обладнання, якісного і оперативного проведення оцінки ризиків експлуатації силового електрообладнання ТП. Резервування, тощо);

- *економічні* (повнота та якість економічно-технічного забезпечення системи ТО і Р, своєчасне і якісне оновлення засобів діагностування, обладнання ТП та забезпечення ремонтними матеріалами і частинами. Матеріальне заохочення ремонтних бригад за якість здійснення обслуговування, тощо);

- *організаційні* (повнота виконання законодавчих, нормативних і методичних документів з питань ефективного та якісного здійснення ТО і Р. Рівень застосування новітніх методик діагностування які забезпечують ефективне, своєчасне та якісне діагностування обладнання ТП, а також оперативне виявлення елементів обладнання які вийшли з ладу та причини цих порушень. Програмне забезпечення якісного і оперативного контролю системи ТО і Р. Повнота виконання функцій ремонтними підрозділами, які забезпечують своєчасне і якісне виявлення відмов, перешкод, несправностей, а також причин цих порушень та проведення ремонтів. Ступінь кваліфікації фахівців, тощо.

1. Вибір варіанту підвищення якості системи ТО і Р силового електрообладнання ТП СТЕ при рівній важливості показників напрямів системи.

Припустимо є множина A з варіантів підвищення якості системи ТО і Р ТП СТЕ

$$A = [a_1, a_2, \dots, a_m] \quad (1)$$

Згідно [6] для деякого показника підвищення надійності C може бути розглянута нечітка множина

$$C = \{\mu_c(a_1) / a_1; \mu_c(a_2) / a_2; \dots; \mu_c(a_m) / a_m\} \quad (2)$$

де $\mu_c(a_i) \in [0,1]$ - експертна оцінка підвищення якості системи ТО і Р ТП варіанту (a_i) по показнику C .

Допустимо є чотири варіанти підвищення якості системи ТО і Р ТП СТЕ: a_1, a_2, a_3, a_4 . Рівень підвищення якості системи (P_a) оцінимо по трьом напрямам показників: C_1 - *технічні*, C_2 - *економічні*, C_3 - *організаційні*.

Наприклад, при обслуговуванні силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП постійного струму (ЕЧЕ-15) [8], експертами надані наступні пропозиції (оцінки) які характеризують ступінь підвищення якості системи ТО і Р заданим вимогам з вказаних трьох напрямів альтернативних варіантів системи:

$$C_1 = \{0,7 / a_1; 0,65 / a_2; 0,9 / a_3; 0,8 / a_4\}$$

$$C_2 = \{0,6 / a_1; 0,9 / a_2; 0,6 / a_3; 0,8 / a_4\} \quad (3)$$

$$C_3 = \{0,9 / a_1; 0,8 / a_2; 0,8 / a_3; 0,8 / a_4\}$$

Згідно [9] рівень підвищення якості функціонування системи обслуговування можна прийняти

$$P_a = \prod_{j=1}^m C_j^{\omega_j} \quad (4)$$

де: C_j - значення j -го показника системи; ω_j - ваговий коефіцієнт j -го показника системи ($0 < \omega_j < 1$).

При рівній важливості показників ($\omega_j = 0,33$) рівень підвищення якості функціонування системи ТО і Р ТП для варіантів (a_1, a_2, a_3, a_4) згідно формули (4) складає: $P_{a1} = 0,725$; $P_{a2} = 0,778$; $P_{a3} = 0,758$; $P_{a4} = 0,802$. Порівняння результатів рівня підвищення якості функціонування системи ТО і Р, при рівній важливості показників, представлено на графіку (рис.1).

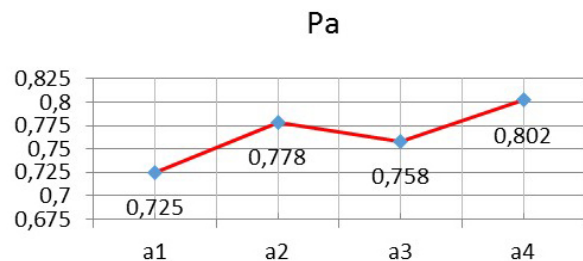


Рис. 1. Рівень підвищення якості функціонування системи ТО і Р при рівній важливості показників

З графіку слідує що найкращим варіантом підвищення якості системи ТО і Р ТП СТЕ у розглянутому випадку є варіант a_4 .

2. Вибір варіанту підвищення якості функціонування системи ТО і Р силового електрообладнання ТП СТЕ при різній важливості показників напрямів системи.

При ухваленні рішення про вибір якнайкращого варіанту підвищення якості функціонування системи виникає задача визначення важливості (ваги) напрямів системи ТО і Р з підвищення якості. Огляд основних методів визначення коефіцієнтів важливості розглядається в публікаціях [10, 11]. Для вирішення практичних завдань автори пропонують визначити вагові коефіцієнти шляхом розраху-

нку середнього геометричного із співвідношення

$$\omega_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}; i = \overline{1, n}} \quad (5)$$

де a_{ij} - коефіцієнти матриці парних порівнянь.

$$\omega_i \geq 0; i = \overline{1, n}; \sum_{i=1}^n \omega_i = 1 \quad (6)$$

Розглянемо приклад визначення коефіцієнтів відносної важливості показників підвищення надійності на основі методу парних порівнянь (метод Сааті). Шкала для оцінки відносної важливості показників приведена в таблиці 1

Таблиця 1

Інтенсивність відносної важливості	Визначення
0,1	Рівна важливість порівнюваних вимог
0,3	Помірна (слабка) перевага одній над іншою
0,5	Сильна (істотна) перевага
0,7	Очевидна перевага
0,9	Абсолютна перевага
0,2; 0,4; 0,6; 0,8	Проміжні рішення між двома сусідніми оцінками

В результаті експертної оцінки відносної важливості показників підвищення якості функціонування системи ТО і Р ТП при обслуговуванні силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП постійного струму (ЕЧЕ-15) [8], експертами запропонована наступна матриця парних порівнянь:

$$\omega = \begin{pmatrix} 0,38 / a_{11} & 0,5 / a_{12} & 0,36 / a_{13} & 0,42 / a_{14} \\ 0,36 / a_{21} & 0,34 / a_{22} & 0,34 / a_{23} & 0,38 / a_{24} \\ 0,26 / a_{31} & 0,16 / a_{32} & 0,3 / a_{33} & 0,2 / a_{34} \end{pmatrix} \quad (7)$$

Згідно співвідношення (5) та даних матриці парних порівнянь (7) визначимо відносну важливість ω_i показників напрямів підвищення якості системи обслуговування C_1, C_2, C_3 :

$$\omega_{c_1} = \sqrt[4]{\omega_{a11} \cdot \omega_{a12} \cdot \omega_{a13} \cdot \omega_{a14}} = 0,413$$

$$\omega_{c_2} = \sqrt[4]{\omega_{a21} \cdot \omega_{a22} \cdot \omega_{a23} \cdot \omega_{a24}} = 0,356$$

$$\omega_{c_3} = \sqrt[4]{\omega_{a31} \cdot \omega_{a32} \cdot \omega_{a33} \cdot \omega_{a34}} = 0,231 \omega_{c_3}$$

Порівняння результатів визначення коефіцієнтів відносної важливості показників підвищення напрямів підвищення якості системи ТО і Р ТП представимо на графіку (рис.2).

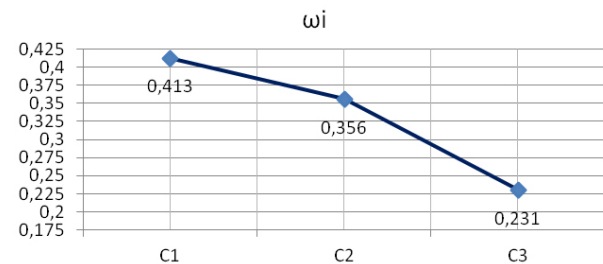


Рис. 2. Коефіцієнти відносної важливості показників підвищення якості функціонування системи ТО і Р ТП

З графіку бачимо що найважливішим показником підвищення якості системи обслуговування у розглянутому випадку, є показник C_1 .

У випадку, якщо показники підвищення надійності мають різну відносну важливість, кожному з них приписується число ω_i (чим важливіше вимога, тим більше ω_i) і загальне правило вибору приймає вигляд [9]

$$P_a = C_1^{\omega_1} \cap C_2^{\omega_2} \cap \dots \cap C_n^{\omega_n} \quad (8)$$

При обслуговуванні силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП постійного струму (ЕЧЕ-15) [9] експертами розглядалися чотири варіанти рішення задачі підвищення якості системи ТО і Р при обслуговуванні трансформатору це варіанти a_1, a_2, a_3, a_4 . Варіанти оцінювалися по тих же напрямках показни-

ків: C_1 - технічні, C_2 - економічні, C_3 - організаційні, які розглянуті вище. Визначені експертні оцінки, відносної важливості напрямів підвищення якості системи обслуговування трансформатора за напрямками, склали: $\omega_1 = 0,45$; $\omega_2 = 0,3$; $\omega_3 = 0,25$.

За результатами експертизи нечітких множин які характеризують альтернативні варіанти

$$C_1^{0,45} = \{0,7^{0,45} / a_1; 0,65^{0,45} / a_2; 0,9^{0,45} / a_3; 0,8^{0,45} / a_4\} = \{0,825 / a_1; 0,824 / a_2; 0,954 / a_3; 0,904 / a_4\}$$

$$C_2^{0,3} = \{0,6^{0,3} / a_1; 0,9^{0,3} / a_2; 0,6^{0,3} / a_3; 0,8^{0,3} / a_4\} = \{0,858 / a_1; 0,969 / a_2; 0,858 / a_3; 0,935 / a_4\}$$

$$C_3^{0,25} = \{0,9^{0,25} / a_1; 0,8^{0,25} / a_2; 0,8^{0,25} / a_3; 0,8^{0,25} / a_4\} = \{0,974 / a_1; 0,946 / a_2; 0,946 / a_3; 0,946 / a_4\}$$

Відповідно до (2) та (4) отримаємо множину P_a :

$$P_a = \{0,712 / a_1; 0,755 / a_2; 0,744 / a_3; 0,8 / a_4\}$$

Порівняння результатів альтернативних варіантів підвищення якості обслуговування силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП з врахуванням відносної важливості напрямів системи ТО і Р представлено на графіку (рис.3).

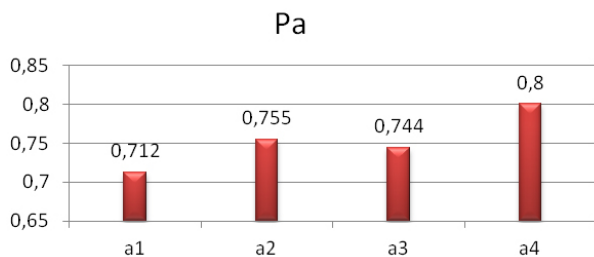


Рис. 3. Результати альтернативних варіантів підвищення якості обслуговування силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП з врахуванням відносної важливості напрямів системи ТО і Р

З графіку бачимо що максимальне значення рівня якості обслуговування силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП P_a має альтернатива a_4 - її і обираємо для реалізації, як кращий варіант підвищення якості системи обслуговування.

Висновки

Існуюче різноманіття підходів розробки сучасних методів вдосконалення системи ТО і Р,

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Андриюшин, А.В. Основы концепции комплексного подхода к системе технического обслуживания и ремонта на электростанции / А.В. Андриюшин, Д.А. Баршак, Ю.Л. Гуськов, Н.И. Тимошенко. - Моск. Энерг.ин-т. - 2000. Деп в ВИНТИ, 06.04.00, № 913-В00.

підвищення якості обслуговування силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП складають, вираз (3).

Модифікуємо дані множини (3) з урахуванням відносної важливості напрямів підвищення якості системи обслуговування трансформатора:

дозволяє зробити висновок, вирішення проблеми підвищення якості системи досягається шляхом рішення індивідуальних завдань підвищення експлуатаційної надійності силового електроустаткування ТП в основних взаємозв'язаних напрямках: технічному, економічному та організаційному.

У статті запропоновано методика подальшого розвитку системного підходу з підвищення якості функціонування системи ТО і Р силового електрообладнання тягової підстанції в умовах невизначеності на основі експертній інформації з урахуванням важливості показників. Даний метод дає змогу проводити експертну оцінку стану системи обслуговування та прогнозувати і вибирати раціональний варіант підвищення якості системи ТО і Р з урахуванням не тільки технічних, але й організаційно – правових та фінансово-економічних заходів.

Визначено відносну важливість ω_i показників напрямів підвищення якості системи обслуговування трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП постійного струму.

Запропонована методика визначення альтернативних варіантів підвищення якості обслуговування силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП з врахуванням відносної важливості напрямів системи ТО і Р з метою обрання кращого варіанту підвищення якості системи.

REFERENCES

1. Andryushin A.B., Barshak D.A., Gus'kov Yu.L., Timoshenko N.I. *Osnovy kontseptsii kompleksnogo podkhoda k sisteme tekhnicheskogo obsluzhivaniya i remonta na elektrostantsii* [Based on the concept of an integrated approach to the system of maintenance and repairs to power plants]. Moscow, 2000.

2. Матусевич, О. О. Удосконалення методології системи технічного обслуговування і ремонту тягових підстанцій: монографія / О.О. Матусевич.- Дніпропетровськ: Дніпропетровський національний державний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. - 2015. - 295 с.

3. Матусевич, О. О. Методи підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспорту на основі експертної інформації / О.О. Матусевич. // Вісник Дніпропетровського національного державного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. №26/2009 - С. 63-66.

4. Костерев Н. В. Нечеткое моделирование электрооборудования для оценки технического состояния и принятия решений о стратегии дальнейшей эксплуатации / Н. В. Костерев, Е. И. Бардик // Техническая электродинамика. Темат. вып. "Проблемы современной электротехники". - 2006. - Ч.3. - С. 39-43.

5. Круглов, В.В. Нечеткая логика и искусственные сети / В.В. Круглов. - М.: Физматлит. 2001. - 221 с.

6. Панкова, Л. А. Организация экспертизы и анализ экспертной информации / Л. А. Панкова, А.М. Петровский, Н.В. Шнейдерман. - М.: Наука, 1984. - 214 с.

7. Матусевич, О.О. Методика проведення експертизи оцінки надійності функціонування системи автоматизованого керування тягового електропостачання електричного транспорту / О.О. Матусевич. // Вісник Дніпропетровського національного державного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна №28/2009 -С. 37-39.

8. Сиченко, В.Г. Процесний інжиніринг удосконалення системи діагностування тягових підстанцій / В.Г. Сиченко, О.О. Матусевич, А.О. Кириченко. // Електрифікація транспорту. - 2014. - №8. С. 118-128.

9. Борисов, А.Н. Принятие решения на основе нечетких моделей: примеры использования / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. - Рига.: Знание, 1990. - 184 с.

10. Анохин, А.М. Методы определения коэффициентов важности критериев / А.М. Анохин, В.А. Глотов, В.В. Павельев, А.М. Черкашин // Автоматика и телемеханика. - 1997, -№8 - С. 3-35.

11. Матусевич, О.О. Підвищення надійності функціонування системи керування тягового електропостачання електричного транспорту на основі експертної інформації з урахуванням важливості показників / О.О. Матусевич. // Вісник Дніпропетровського національного державного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна №27/2009 - С. 84-87.

Надійшла до друку 01.12.2012.

2. Matusевич O. O. *Udoskonalennya metodolohy systemy tekhnichnoho obsluhovuvannya i remontu tyahovykh pidstantsiy* [Improving methodologies for system of maintenance and repair of traction substations]. Dnipropetrovsk, DNURT Publ, 2015. 295 p.

3. Matusевич, O. O. Metody pidvyshchennya nadiynosti funktsiyuvannya systemy keruvannya tyahovoho elektropostachannya elektrychnoho transportu na osnovi ekspertnoyi informatsiyi [Methods to improve the reliability of the control system of the traction power supply electric vehicle based on expert information]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, no. 26, pp. 63-66.

4. Kosterev N. V., Bardik E. I. Nечetkoe modelirovanie elektrooborudovaniya dlya otsenki tekhnicheskogo sostoyaniya i prinyatiya resheniy o strategii dal'neyshey ekspluatatsii [Fuzzy modeling of electrical equipment for technical condition assessment and decision-making about the strategy of further exploitation]. *Tekhnichna elektrodynamika - Technical electrodyamics*, 2006, pp. 39-43.

5. Kruglov, V.V. *Nечetkaya logika i iskusstvennyye seti* [Fuzzy logic and artificial network]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2001. 221 p.

6. Pankova L. A., Petrovskiy A.M., Shneyderman N.V. *Organizatsiya ekspertizy i analiz ekspertnoy informatsii* [Organization of examination and analysis of expert information]. Moscow, Nauka Publ., 1984. 214 p.

7. Matusевич O.O. Metodyka provedennya ekspertyzy otsinky nadiynosti funktsionnuvannya systemy avtomatyzovanoho keruvannya tyahovoho elektropostachannya elektrychnoho transport [Methods of assessing the reliability of the examination of the system of automated management of the traction power supply electric transport]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, no. 28, pp. 37-39.

8. Sychenko V.G., Matusевич O.O., Kyrychenko A.O. Protseсныy inzhynirnyh udoskonalennya systemy diahnostuvannya tyahovykh pidstantsiy [Process engineering improvement of diagnostics traction substations]. *Elektryfikatsiya transport - Electrification of transport*, 2014, no. 8, pp. 118-128.

9. Borisov A.N., Krumberg O.A., Fedorov I.P. *Prinyatie resheniya na osnove nechetkikh modeley: primery ispol'zovaniya* [Making a decision based on fuzzy models usage examples]. Riga, Znanie Publ., 1990. 184 p.

10. Anokhin A.M., Glotov V.A., Pavel'ev V.V., Cherkashin A.M. Metody opredeleniya koeffitsientov vazhnosti kriteriev [Methods for determination of the coefficients of importance of criteria]. *Avtomatika i telemekhanika - Automation and Remote Control*, 1997, no. 8, pp. 3-35.

11. Matusевич O.O. Pidvyshchennya nadiynosti

funkcionuvannya systemy keruvannya tyahovoho elektropostachannya elektrychnoho transportu na osnovi ekspertnoyi informatsiyi z urakhuvanniam vazhlyvosti pokaznykiv [Improving the reliability of the control system of the traction power supply electric vehicle based on expert information, given the importance of indicators]. *Visnyk Dnipropetrovskoho natsionalnoho universytetu zaliznychnoho transportu imeni akademika V. Lazariana* [Bulletin of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan], 2009, no. 27, pp. 84-87.

Внутрішній рецензент *Костін М. О.*

Зовнішній рецензент *Хворост М. В.*

Розробка методики підвищення якості системи ТО і Р основного електрообладнання ТП СТЕ в умовах невизначеності експлуатації на основі експертної інформації. Для вирішення поставленого завдання були використані основні положення теорії нечітких множин і лінгвістичної змінної. Оцінка якості системи ТО і Р ТП СТЕ здійснювалася на прикладі обслуговування силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП постійного струму. Аналіз існуючого різноманіття підходів розробки сучасних методів вдосконалення системи ТО і Р, дозволяє зробити висновок, вирішення проблеми підвищення якості системи досягається шляхом рішення індивідуальних завдань підвищення експлуатаційної надійності силового електрообладнання ТП в наступних основних взаємозв'язаних напрямках: технічному, економічному та організаційному. Для вирішення задачі підвищення якості системи ТО і Р ТП прийнятий перспективний напрям для вирішення прикладних задач, це експертна початкова інформація з використанням лінгвістичного підходу на базі теорії нечітких множин і лінгвістичної змінної. Визначено відносну важливість ω_j показників напрямів підвищення якості системи обслуговування трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП постійного струму. Запропонована методика визначення альтернативних варіантів підвищення якості обслуговування силового трансформатора ТДТН-25000/150-70 У1 ТП з врахуванням відносної важливості напрямів системи ТО і Р з метою обрання кращого варіанту підвищення якості системи. У статті отримав подальший розвиток метод системного підходу з підвищення якості функціонування системи ТО і Р силового електрообладнання тягової підстанції в умовах невизначеності на основі експертної інформації з урахуванням важливості показників. Даний метод дає змогу проводити експертну оцінку стану системи обслуговування та прогнозувати і вибрати раціональний варіант підвищення якості системи ТО і Р силового електрообладнання ТП з урахуванням не тільки технічних, але й організаційно – правових та фінансово-економічних заходів. Формування на електрифікованих залізницях України системи управління якістю ТО і Р ТП дозволить підвищити ефективність і якість системи технічного обслуговування силового електрообладнання ТП, та забезпечити попередження виникнення або зниження важкості можливих відмов обладнання.

Ключові слова: електропостачання, система тягового електропостачання, тягова підстанція, технічний стан обладнання, ТО і Р, експертна інформація, нечіткі множини, лінгвістичні змінні.

УДК 621.331: 621.311.4

А. А. МАТУСЕВИЧ (ДНУЖТ)

Каф. «Електроснабження залізничних доріг», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (056)793 19 17, ел. пошта: al_m0452@meta.ua, ORCID: 0000-0002-2174-7774

МЕТОДОЛОГИЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Разработка методики повышения качества системы ТО и Р основного электрооборудования ТП СТЭ в условиях неопределенности эксплуатации на основе экспертной информации. Для решения поставленной задачи были использованы основные положения теории нечетких множеств и лингвистической переменной. Оценка качества системы ТО и Р ТП СТЭ осуществлялась на примере обслуживания силового трансформатора ТДТН - 25000 / 150-70 У1 ТП постоянного тока. Анализ существующего многообразия подходов разработки современных методов совершенствования системы ТО и Р, позволяет сделать вывод, решение проблемы повышения качества системы достигается путем решения индивидуальных задач повышения эксплуатационной надежности силового электрооборудования ТП в следующих основных взаимосвязанных направлениях: техническом, экономическом и организационном. Для решения задачи повышения качества системы ТО и Р ТП принято перспективное направление для решения прикладных задач, это экспертная начальная информация с использованием лингвистического подхода на базе теории нечетких множеств и лингвистической переменной. Определена относительная важность показателей направлений повышения качества системы обслуживания трансформатора ТДТН-25000 / 150-70 У1 ТП постоянного то-

© Матусевич О. О., 2015

ка. Предложена методика определения альтернативных вариантов повышения качества обслуживания силового трансформатора ТДТН-25000 / 150-70 У1 ТП с учетом относительной важности направлений системы ТО и Р с целью избрания лучшего варианта повышения качества системы. В статье получил дальнейшее развитие метод системного подхода по повышению качества функционирования системы ТО и Р силового электрооборудования тяговой подстанции в условиях неопределенности на основе экспертной информации с учетом важности показателей. Данный метод позволяет проводить экспертную оценку состояния системы обслуживания и прогнозировать и выбирать оптимальный вариант повышения качества системы ТО и Р силового электрооборудования ТП с учетом не только технических, но и организационно - правовых и финансово-экономических мероприятий. Формирование на электрифицированных железных дорогах Украины системы управления качеством ТО и Р ТП позволит повысить эффективность и качество системы технического обслуживания силового электрооборудования ТП, и обеспечить предупреждение возникновения или снижение тяжести возможных отказов оборудования.

Ключевые слова: электроснабжение, система тягового электроснабжения, тяговая подстанция, техническое состояние оборудования, ТО и Р, экспертная информация, нечеткие множества, лингвистические переменные.

Внутренний рецензент *Костин Н. О.*

Внешний рецензент *Хворост Н. В.*

UDC 621.331: 621.311.4

О. О. MATUSEVYCH (DNURT)

Department of Power Supply, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnipropetrovsk, Ukraine, tel.: +38 (056)793 19 17, e-mail: al_m0452@meta.ua, ORCID: orcid.org/0000-0002-2174-7774

METHODOLOGY OF IMPROVING THE QUALITY THE SYSTEM OF MAINTENANCE AND REPAIR THE ELECTRICAL EQUIPMENT OF TRACTION SUBSTATION

Development of methods to improve the quality of M and R main electrical TS operating in conditions of uncertainty on the basis of expert information. To solve this problem have been used basic tenets of the theory of fuzzy sets and linguistic variable. Assessment of the quality of M and R TS carried out by the example of the power of service TDTN - 25000 / 150-70 U1 TA DC. Analysis of the existing diversity of approaches development of modern methods of improving the system of M and R, allows you to conclude a solution to improve the quality of the system is achieved by solving individual problems increase reliability of electric power transformer substation in the following main interrelated areas: technical, economic and organizational. To solve the problem of improving the quality of M and R TS made a promising direction for applications, the initial information is an expert using a linguistic approach based on the theory of fuzzy sets and linguistic variable. It determines the relative importance of the indicators towards improving the quality of service TDTN-25000 / 150-70 U1 TA DC. The technique of definition of alternatives to improve the quality of service of the power transformer TDTN-25000 / 150-70 U1 TA, given the relative importance of the areas of M and R to elect the best option to improve the quality of the system. The article has been further development of the method of a systematic approach to improve the quality of the system M and R power electric traction substation in the face of uncertainty on the basis of expert information with regard to the importance of indicators. This method allows for an expert assessment of the service system and to predict and select the best option to improve the quality of M and R power electric transformer substations taking into account not only technical but also organizational - legal, financial and economic activities. Formation of the electrified railways of Ukraine quality management system M and R TS will improve the efficiency and quality of maintenance of electric power transformer substation, and to prevent the occurrence or reduce the severity of possible equipment failures

Keywords: electricity, traction power supply system, traction substation, the technical condition of equipment, M and R, expert information, fuzzy sets, linguistic variables.

Internal reviewer *Kostin M. O.*

External reviewer *Khvorost M. V.*