

# ВИБІР ОПТИМАЛЬНОЇ СТРАТЕГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Показано, що вибір стратегії технічного обслуговування та ремонту електрообладнання значно залежить від щільності розподілу напрацювання до відмови. Визначено показники, які дозволяють оцінити ефективність застосування різних стратегій технічного обслуговування та ремонту електрообладнання. Доведено, що використання стратегії відновлення за контролем технічного стану електрообладнання має певні переваги, проте її застосування потребує вирішення окремих задач.

**Ключові слова:** стратегії технічного обслуговування та ремонту електрообладнання, технічний стан.

## Abstract

It is shown that the choice of a strategy for maintenance and repair of electrical equipment significantly depends on the density of the distribution of operating hours before failure. Indicators are determined that allow assessing the effectiveness of the application of various strategies for maintenance and repair of electrical equipment. It is proven that the use of a recovery strategy based on monitoring the technical condition of electrical equipment has certain advantages, but its application requires solving certain problems.

**Keywords:** strategies for maintenance and repair of electrical equipment, technical condition

## Вступ

Основною ознакою класифікації стратегії управління технічним станом об'єкта (ТС) або його елементами є принцип прийняття рішень під час виконання відновлювальних заходів. Існують три основні стратегії відновлення елементів: після відмови; попереджувальна за напрацюванням - після досягнення певного обсягу робіт або часу експлуатації елемента; попереджувальна за станом - на основі результатів моніторингу технічного стану та контролю рівня надійності.

Існуюча система технічного обслуговування і ремонту (ТОР) в більшості випадків використовує стратегію відновлюваних дій після відмови та попереджувальна за напрацюванням [1,2].

Метою роботи є вибір оптимальної стратегії технічного обслуговування і ремонту електрообладнання.

## Результати досліджень.

Для елементів, яким властива експоненційна щільність розподілу напрацювання до відмови варто використовувати стратегію відновлювальних дій після відмови виду

$$f(T) = \lambda \exp(-\lambda T), \quad (1)$$

де  $T$  - час безвідмовної роботи;  $\lambda$  - параметр потоку відмов.

Цю стратегію можна застосувати і для елементів, відмова яких приводить не до втрати роботоздатності виробу, а до виникнення пошкодження, що призводить до погіршення електробезпеки. Економічний показник відновлювальних робіт після відмови - рівень питомих втрат  $C'_n$  - визначається рівнем втрат від відмови елемента  $C_0$  і його середнім напрацюванням на відмову  $\bar{T}$

$$C'_n = C_0 / \bar{T} = C_0 / \int_{T_{min}}^{T_{max}} T f(T) dT, \quad (2)$$

де  $T_{max}$ ,  $T_{min}$  - мінімальний та максимальний час напрацювання на відмову;  $f(T)$  - щільність розподілу напрацювання на відмову.

Для керування технічним станом виробу за напрацюванням, роботи групуються в комплекси, які відрізняються за періодичністю і номенклатурою [3]. В загальному випадку елемент відмовить і буде відновлений до моменту  $T_p$  попереджувального відновлення з ймовірністю

$$Q(T_p) = \int_{T_{min}}^{T_p} f(T) dT. \quad (3)$$

Середнє напрацювання на відмову за умови, що вона виникає до  $T_p$ , визначимо як [3]:

$$T' = \int_{T_{min}}^{T_p} T f / Q(T_p). \quad (4)$$

Середній використаний ресурс елемента  $\bar{R}$  з урахуванням відновлення через відмови і попереджувальної заміни через напрацювання  $T_p$ :

$$\bar{R} = \int_{T_{min}}^{T_p} T f(T) dT + T_p [1 - Q(T_p)]. \quad (5)$$

Якщо відсутні неперервні втрати від зміни параметра елемента, питомі втрати

$$C_{п}'' = (C_0 - C_{п}) \cdot Q(T_p) + C_{п} / \bar{R}, \quad (6)$$

де  $C_{п}$  - втрати, пов'язані з попереджувальним відновленням елемента.

З (4), (6) видно, що зменшення  $T_p$  знижує ймовірність відмови елемента, а збільшуючи  $T_p$  збільшити середній використаний ресурс. Значення  $T_p$  при досягненні мінімуму питомих втрат:

$$dC_{п}''(T_p) / dT_p = 0. \quad (7)$$

Розглянемо можливості керування основними показниками виробу - безвідмовністю і рівнем питомих втрат при цих стратегіях відновлення. Для елементів, відмова яких є одночасно і відмовою виробу, у випадку відновлювальних дій після відмови, попереджувальне керування ТС взагалі не має сенсу. Рівень безвідмовності і нижня границя втрат у випадку відмови в даному випадку визначаються тільки надійністю елемента, яку можна підвищити тільки зміною конструкції самого елемента. Ефективність відновлювальних робіт при даній стратегії можна досягти лише за рахунок автоматизації процесу пошуку пошкодженого елемента.

У випадку застосування стратегії за напрацюванням маємо два види втрат - відмови одних елементів і недовикористаний ресурс інших. Зменшити один вид втрат без збільшення іншого неможливо.

Загалом при здійсненні відновлювальних дій за результатами контролю параметрів ТС визначають допустиме значення контрольованого параметра  $U_d$  і періодичність контролю діагностичного параметра  $T_K$ . Питомі витрати при здійсненні відновлювальних дій за контролем ТС визначимо як

$$C_{п}'''(U_d, T_K) = Q(U_d, T_K) C_0 + [1 - Q(U_d, T_K)] C_{п} + K_d(U_d, T_K) C_d / \bar{T}_ф(U_d, T_K), \quad (8)$$

де  $Q(U_d, T_K)$  - ймовірність того, що елемент пошкодиться і буде відновлений при вибраних  $U_d, T_K$ ;  $C_d$  - витрати на діагностування;  $K_d(U_d, T_K)$  - середня кількість перевірок параметра за термін служби елемента;  $\bar{T}_ф(U_d, T_K)$  - середнє напрацювання елемента до відновлення за результатами контролю.

Із виразу (8) зрозуміло, що при використанні стратегії відновлення за контролем ТС з'являється можливість зменшити втрати і від відмов, і від недовикористаного ресурсу, причому тим більшою мірою, чим нижче рівень витрат на діагностування  $C_d$ .

### Висновки

Таким чином використання стратегії відновлення за контролем ТС має переваги, проте потребує розв'язання ряду задач. Перша - полягає у виборі сукупності контрольованих діагностичних параметрів та визначенні умови роботоздатності елементів. Друга задача - визначення можливості контролювати діагностичні параметри взагалі або з потрібною вартістю і точністю неруйнівними методами. Третя - полягає в можливості пошуку місць пошкодження на ранній стадії їх розвитку.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кутін В. М. Вибір стратегії відновлювальних дій складних електротехнічних систем / В. М. Кутін, С. В. Матвієнко, В. О. Травінський, Ю. М. Притула // Вісник Керменчуцького державного політехнічного університету. 2004. № 2 (25). С. 48 - 49.
2. Технічна експлуатація електричних станцій і мереж. Правила. К.: Об'єднання енергетичних підприємств «Галузевий резервно-інвестиційний фонд розвитку енергетики», 2003. 329 с.
3. Лут. М. Технології обслуговування та ремонту енергообладнання і засобів автоматики: навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. Частина 1 (перевидання, доповнене і перероблене) / М.Т. Лут, В.В. Коробський К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020. 558 с.

**Кутіна Марина Василівна** – канд. технічн. наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, e-mail: mkytina@gmail.com.

**Заверуха Михайло Олегович** – студент групи ст.гр.ЕСЕ-23м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: ZavM@gmail.com

**Kutina Marina Vasylyvna** – Candidate of Science, senior lecturer in Department of electrical power consumption and power management, e-mail: mkytina@gmail.com.

**Zaverukha Mykhailo Olegovich** – student of the group of st.gr.ESE-23m, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: ZavM@gmail.com