

ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ТА РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В АПК

УДК 621.316.57

Вісник ХНТУСГ, Випуск 57, Том 1, с. 91

МОДЕЛІ ПЛАНУВАННЯ РЕМОНТІВ І ЗАМІНИ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

Уваров О. В.¹, Мірошник О. В.², Савченко П. І.²

¹Вовчанський технікум механізації сільського господарства
Харківського національного технічного університету
сільського господарства імені Петра Василенка,

²Харківський національний технічний університет
сільського господарства імені Петра Василенка

Робота присвячена розробці модифікації математичних моделей, адаптованих до умов стратегії стандартних ремонтів і заміні, дозволяючи враховувати імовірність виявлення несправності електрообладнання в процесі експлуатації засобами діагностики.

Постановка проблеми. Підвищення надійності і економічної ефективності роботи електротехнічних систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Надійність і економічна ефективність роботи електротехнічних систем залежать від якості технічного обслуговування і ремонту електрообладнання в процесі його експлуатації. Їх проведення пов'язано з необхідністю вибору стратегії, планування, підготовки, організації, фінансування, контролю і обліку виконуваних робіт. Відомі різні стратегії планових ремонтів (ПР) і заміні технічного устаткування [1]. Для енергетичного обладнання в [2] визначені три їх основні вигляди: стратегії стандартного і індивідуального ремонтів і стратегія ремонту по технічному стану.

Мета статті. Підвищення надійності і економічної ефективності роботи електротехнічних систем на основі якісного обслуговування і ремонту електрообладнання в процесі його експлуатації.

Основні матеріали дослідження. Розглянемо приклад планування ПР і капітальних (КР) ремонтів, а також заміні електрообладнання, які здійснюються виходячи із стратегії

стандартного ремонту (заміни) і пов'язаних з ним витрат C_1 , а також її поєднання із стратегією обслуговування по технічному стану, контрольованому засобами діагностики в процесі експлуатації. Ці стратегії відповідають положенням [3]. Стратегія стандартного ремонту припускає виконання ПР і КР із заданою періодичністю напруцювання, не залежного від проведення непланових ремонтів в проміжках між плановими.

В загальному виді витрати на проведення планових і аварійних ремонтів (АР), а також на покриття економічних втрат через відмови електроустаткування визначаються з виразу

$$C_1 = C_{\Pi} + C_0 \cdot H \cdot (T_{\Pi}) \quad (1)$$

де C_{Π} – витрати на планові ремонти;

$C_0 = C_a + C_v$ – витрати на ремонт у разі непланового відключення, включаючи вартість C_a відновлення устаткування (в результаті аварії), що відмовило, а також економічні втрати (збиток) C_v від можливого порушення технологічного процесу;

$H(T_{\Pi})$ – функція відновлення (математичне очікування числа відмов елемента) на інтервалі T_{Π} періодичності планових ремонтів.

При визначенні витрат на ПР і відновлення електроустаткуванні використані дані [2]. Значення економічних втрат C_v обчислені по методиці [4] з урахуванням продуктивності і схеми роботи агрегатів.

Для даної стратегії ремонту значення $H(T_{\Pi})$ отримано з виразу [5].

$$H(T_{\Pi}) = \int_0^{T_{\Pi}} \lambda(t) dt \quad (2)$$

де $\lambda(t)$ – інтенсивність відмов.

Елементи систем електропостачання відносяться до класу обладнання із зростаючою функцією інтенсивності відмов. На практиці залежність інтенсивності відмов від часу зручно апроксимувати лінійною функцією часу.

$$\lambda(t) = \lambda_0 + k \cdot t \quad (3)$$

де λ_0 – початкове значення інтенсивності відмов;

k – коефіцієнт, що визначає темпи старіння устаткування.

Для оптимізації термінів ПР рекомендується [1,2,5] користуватися питомими витратами c_1 , що доводяться на одиницю часу.

$$c_1 = \frac{C_1}{T_{\text{П}}} \quad (4)$$

враховуючи вирази (1)-(4) формула для визначення питомих витрат:

$$c_1 = \frac{\left[C_{\text{П}} + C_0 \left(\lambda_0 \cdot T_{\text{П}} + \frac{k \cdot T_{\text{П}}^2}{2} \right) \right]}{T_{\text{П}}} \quad (5)$$

Мінімізація питомих витрат за часом (обчислення $T_{\text{П}}$ з рівняння $dc / dT_{\text{П}} = 0$) дозволяє отримати формулу для визначення оптимальної періодичності $T_{\text{Пор}}$ планових ремонтів:

$$T_{\text{Пор}} = \sqrt{\frac{2}{c \cdot k}} \quad (6)$$

де $C = C_0 / C_{\text{П}}$ — відношення витрат при аварійному (з урахуванням економічних втрат через порушення технологічного процесу) і плановому ремонтах елемента даної системи.

Застосування цієї формули найбільш обґрунтовано для знаходження оптимальних термінів планових поточних ремонтів $T_{\text{ПР}}^{\text{опт}}$ електроустаткування. Відзначимо, що оптимальна періодичність ПР не залежить від початкового значення інтенсивності відмов, а визначається темпом старіння і співвідношенням витрат на аварійні і планові поточні ремонти. Якщо напрацювання на відмову устаткування відповідає експоненціальному закону [$\lambda(t) = \lambda_0, k = 0$], то згідно з формулою (6) $T_{\text{ПР}}^{\text{опт}} = \infty$. В даному випадку немає

необхідності у виконанні ПР, що підтверджує відоме положення з теорії надійності.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що високий рівень резервування систем промислового електропостачання (наявність резервних і аварійних джерел, а також технологічного резерву відповідального устаткування) дає можливість збільшити терміни проведення ПР значної частини електрообладнання.

Формула (6) може використовуватися і для попередньої оцінки оптимальної періодичності КР і заміन електроустаткування (з урахуванням значень вартості відповідних ПР і замін). Проте, у міру збільшення даних інтервалів часу припущення про монотонність зростання інтенсивності відмов обладнання, стає менш обґрунтованим – проведення ПР приводить до її зниження. Тому, при плануванні КР і замін, доцільно перейти до моделі з частковим відновленням ресурсу устаткування в процесі ремонтів. Зміна інтенсивності відмов в такій моделі показана на рис. 1.

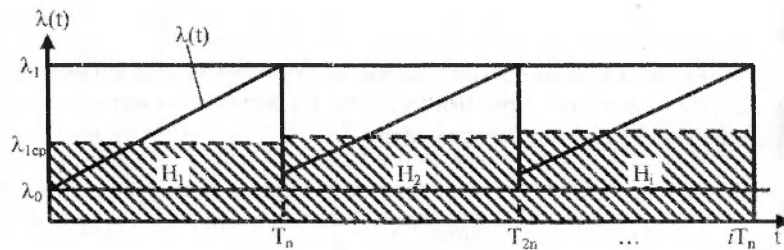


Рисунок 1 – Зміна інтенсивності відмов

Для моделі часткового відновлення витрати на проведення АР, ПР і КР, а також на покриття економічних втрат через відмови електроустаткування за період T_{TP} можна визначити з виразу:

$$C_1 = C_{KP} + C_{TP}(i - 1) + C_0 \left(\lambda_0 T_{TP} + \frac{k T_{TP}^2}{2} \right) (1 + \gamma + \dots + \gamma^{(i-1)}), \quad (7)$$

де C_{KR} , C_{TP} – витрати на капітальний і поточний ремонт устаткування; q – коефіцієнт "деградації", що характеризує неповноту відновлення значення інтенсивності відмов після ПР.

Аналіз результатів оптимізації термінів проведення КР дозволив зробити висновок про можливість їх збільшення для більшості елементів електричних мереж об'єкту. Для деяких видів обладнання нижче 1000 В, що керують допоміжним електроустаткуванням, оптимальні періоди ПР на порядок перевищують планові значення [2], а періоди КР близькі до їх термінів служби. Для таких елементів можна відмовитися від планових (поточних і капітальних) ремонтів, обмежившись технічним обслуговуванням і замінами в оптимальні терміни.

Найбільший вплив надає коефіцієнт "деградації", проте навіть істотна помилка в його визначенні не приводить до різкої зміни питомих економічних втрат в межах періоду КР. В значній мірі на оптимальну періодичність КР впливають також параметри C_0 і λ_0 . Враховуючи, що вони істотно впливають і на абсолютне значення питомих витрат, необхідно особливо уважно визначати їх при експлуатації.

З розвитком засобів діагностики електрообладнання все більш перспективною стає стратегія ремонту по технічному стану, проте, її ефективність залежить від рівня повноти і достовірності діагностики. При поєднанні стратегії стандартного ремонту з ремонтом по стану і припущенні, що частина несправностей виявляється під час експлуатації і усувається при найближчому ПР, справедлива наступна формула для визначення питомих витрат:

$$c_{1-3} = \frac{\left[C_{\Pi} + C_0 \left(\lambda_0 T_{\Pi} + \frac{k T_{\Pi}^2}{2} \right) (1 - q) \right]}{T_{\Pi}}, \quad (8)$$

де q – імовірність виявлення несправності засобами діагностики; $(1 - q)$ – імовірність відмови через несправність, не знайдену засобами діагностики.

Мінімізував функцію питомих витрат за часом, отримаємо наступний вираз:

$$T_{\text{Порт}}^* = \sqrt{\frac{2}{c \cdot k(1-q)}}, \quad (9)$$

де $T_{\text{Порт}}^*$ – оптимальна періодичність ПР.

Таким чином, розроблені модифікації математичних моделей, адаптовані до умов стратегії стандартних ремонтів і заміन, дозволяють враховувати імовірність виявлення несправності електрообладнання в процесі експлуатації засобами діагностики. В порівнянні з відомими моделями, розроблені моделі вимагають менше початкових даних і можуть бути встановлені в основу інженерної методики планування оптимальної періодичності ремонтів і замін електрообладнання у сільському господарстві.

Для виробничих об'єктів, відмінних високим ступенем резервування електротехнічного і технологічного устаткування, встановлена можливість істотного збільшення періодичності ПР (аж до відмови від них для частини устаткування) і періодичності замін значної частини обладнання.

Висновки:

1. Розроблені модифікації математичних моделей, адаптовані до умов стратегії стандартних ремонтів і замін, дозволяють враховувати імовірність виявлення несправності електрообладнання в процесі експлуатації засобами діагностики.

2. В порівнянні з відомими, розроблені моделі вимагають менше початкових даних і можуть бути встановлені в основу інженерної методики планування оптимальної періодичності ремонтів і замін електрообладнання у сільському господарстві.

3. Для виробничих об'єктів, відмінних високим ступенем резервування електротехнічного і технологічного устаткування, встановлена можливість істотного збільшення періодичності ПР (аж до відмови від них для частини устаткування) і періодичності замін значної частини обладнання.

