

ВСТУП

Навчальний посібник призначений для студентів НУК, що навчаються за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (галузь знань 14 «Електрична інженерія»).

Дисципліна «Надійність і діагностика електрообладнання» вивчає теорію надійності електрообладнання транспортних засобів, робототехнічних систем і комплексів та промислового обладнання, методи забезпечення надійності при проектуванні, виробництві та експлуатації електрообладнання, а також заходи з прогнозування рівня надійності нового електрообладнання.

Основним завданням та метою дисципліни є ознайомлення з показниками надійності, що регламентуються галузевими і державними стандартами; оволодіння методами визначення показників надійності електрообладнання, вивчення сучасних методів забезпечення та підтримання сучасного рівня надійності електрообладнання.

Вивчення навчальної дисципліни базується на знаннях з проектування, виробництва, експлуатації електрообладнання.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен вміти визначати номенклатуру показників надійності для даного виду електрообладнання, розраховувати показники

надійності електрообладнання за статистичними даними та давати їм імовірнісну оцінку, прогнозувати рівень надійності для нових типів електрообладнання. Також студент повинен знати загальні положення теорії надійності; номенклатуру показників надійності та методи їх визначення; основні заходи щодо підтримання рівня надійності при експлуатації та забезпечення належного рівня надійності при проектуванні й виробництві електрообладнання.

Відомо, що основні положення теорії надійності ґрунтуються на статистичній обробці результатів спостереження, випробувань та експериментів. Тому поряд з лекційним курсом проводяться практичні заняття, метою яких є набуття студентами досвіду статистичної обробки експериментальних даних та визначення основних показників надійності елементів електрообладнання.

Тематика практичних робіт охоплює найбільш важливі питання курсу і дозволяє сформувати у студентів практичні знання та вміння щодо оцінки надійності електрообладнання.

Практичне заняття № 1
Статистична оцінка кількісних характеристик
надійності виробів електрообладнання

Теоретичні відомості

Статистична оцінка ймовірності безвідмовної роботи виробу визначається виразом

$$\dot{P}(t) = \frac{N - n(t)}{N}, \quad (1.1)$$

де $\dot{P}(t)$ – статистична оцінка ймовірності безвідмовної роботи виробу;

$n(t)$ – число виробів, які відмовили до моменту часу t ;

N – число виробів, поставлених на випробування.

Для статистичної оцінки ймовірності відмови справедливе співвідношення

$$\dot{q}(t) = \frac{n(t)}{N}, \quad (1.2)$$

де $\dot{q}(t)$ – статистична оцінка ймовірності відмови виробу.

Статистична оцінка частоти відмов виробу визначається виразом

$$\dot{f}(t) = \frac{\Delta n(t)}{N \cdot \Delta t}, \quad (1.3)$$

де $\dot{f}(t)$ – статистична оцінка частоти відмов виробу;
 $\Delta n(t)$ – число відмов виробів на інтервалі часу $(t, t + \Delta t)$;
 Δt – інтервал часу.

Статистична оцінка інтенсивності відмов виробу визначається формулою

$$\dot{\lambda}(t) = \frac{\Delta n(t)}{\Delta t \cdot N_{\text{cp}}}, \quad (1.4)$$

де $\dot{\lambda}(t)$ – статистична оцінка інтенсивності відмов виробу;

$N_{\text{cp}} = \frac{N(t) + N(t + \Delta t)}{2}$ – середнє число справно працюючих виробів на інтервалі часу Δt .

Статистична оцінка середнього часу безвідмовної роботи виробу оцінюється виразом

$$\dot{m}_i = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i, \quad (1.5)$$

де t_i – час безвідмовної роботи i -го виробу;

\dot{m}_i – статистична оцінка середнього часу безвідмовної роботи виробу.

Для визначення \dot{m}_i за формулою (1.5) необхідно знати моменти виходу з ладу всіх N виробів. Можна визначати \dot{m}_i з рівняння

$$\dot{m}_i \approx \sum_{i=1}^m n_i \cdot t_{\text{cp}i}, \quad (1.6)$$

де n_i – кількість поламаних виробів в i -му інтервалі часу;

$t_{\text{cp}i} = (t_{i-1} + t_i)/2$ – середній час інтервалу часу;

$m = t_k/\Delta t$ – кількість поламаних виробів за час випробувань;

$\Delta t = t_{i+1} - t_i$ – інтервал часу;

t_{i-1} – час початку i -го інтервалу;

t_i – час кінця i -го інтервалу;

t_k – час, протягом якого вийшли з ладу всі вироби.

Дисперсія часу безвідмовної роботи виробу за статистичними даними визначається формулою

$$\dot{D}_t = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (t_i - \dot{m}_t)^2, \quad (1.7)$$

де \dot{D}_t – статистична оцінка дисперсії часу безвідмовної роботи виробу.

Розв'язання типових задач

Задача 1.1. На випробування поставлено 1000 однотипних електродвигунів. За 3000 год відмовило 80 електродвигунів. Потрібно визначити $\dot{P}(t)$ та $\dot{q}(t)$ при $t = 3000$ год.

Розв'язання. В даному випадку $N = 1000$; $n(t) = 80$. За формулами (1.1) і (1.2) визначаємо

$$\dot{P}(3000) = \frac{N - n(t)}{N} = \frac{1000 - 80}{1000} = 0,92;$$

$$\dot{q}(3000) = \frac{n(t)}{N} = \frac{80}{1000} = 0,08$$

або

$$\dot{q}(3000) = 1 - \dot{P}(3000) = 1 - 0,92 = 0,08.$$

Задача 1.2. На випробування було поставлено тисячу однотипних автоматичних вимикачів. За перші 3000 год відмовило 80 вимикачів, а за інтервал часу 3000–4000 год відмовило ще 50 вимикачів. Потрібно визначити статистичну оцінку частоти та інтенсивності відмов автоматичних вимикачів у проміжку часу 3000–4000 год.

ЗМІСТ

Вступ	3
Перелік умовних позначень	5
Практичне заняття № 1. Статистична оцінка кількісних характеристик надійності виробів електрообладнання	7
Практичне заняття № 2. Аналітичне визначення кількісних характеристик надійності виробів	15
Практичне заняття № 3. Послідовне з'єднання елементів у систему	26
Практичне заняття № 4. Розрахунок надійності системи з постійним резервуванням	34
Практичне заняття № 5. Резервування заміщенням у режимі полегшеного (гарячого) резерву і в режимі ненавантаженого (холодного) резерву	45
Практичне заняття № 6. Розрахунок надійності системи з поелементним резервуванням	55
Практичне заняття № 7. Резервування з дробовою кратністю і постійно включеним резервом	66
Практичне заняття № 8. Ковзаюче резервування при експоненціальному законі надійності	72
Практичне заняття № 9. Розрахунок показників надійності резервованих пристроїв з урахуванням відновлення	78
Перелік джерел посилання	108
Додаток А	119
Додаток Б	111
Додаток В	112
Додаток Г	113
	115