Лекція 4. ПРИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ СКЛАДНИХ СИСТЕМ

1. Для характеристики надійності складної системи використовується комплекс показників..

2. Доцільно виділяти показники надійності головні і допоміжні.

3. Кількісні значення показників надійності задаються виходячи з суперечливих вимог забезпечення найвищої надійності і вимог виробництва.

4. Показник надійності кожного разу має бути чітко сформульований на зрозумілій для користувача мові.

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ

Основними конструкторсько-технологічними чинниками підвищення надійності є:

– застосування в конструкції надійніших компонентів

– оптимізація схем з'єднань компонентів з точки зору підвищення схемної надійності

– використання резервування найбільш відповідальних або найменш надійних компонентів

– суворе дотримання технології виготовлення, зборки і ремонтів. Підвищення надійності технічних об'єктів на стадії експлуатації досягається за рахунок: Дотримання умов і режимів експлуатації, зберігання, транспортування і ремонту об'єктів

– раннього виявлення і усунення несправностей;

– усунення причин виникнення відмов в процесі експлуатації

– зниження шкідливих наслідків відмов

– використання автоматизованих систем діагностики, що забезпечують безперервний моніторинг об'єктів.

Резервування

Резервуванням називається метод підвищення надійності об'єкту введенням надмірності, тобто введенням додаткових коштів понад мінімально необхідних для виконання об'єктом заданих функцій.

Резервними засобами можуть бути:

– резервні елементи, що включаються в структуру об'єкту;

– резервні можливості при виконанні елементом системи ряду функцій;

– резерв часу для виконання функції;

– резерв інформації для відновлення інформації у разі її спотворення.

Структурне резервування є найбільш поширеним методом. Для елементів з недостатньою надійністю вводяться резервні елементи, перемикання на які відбувається автоматично при відмові основного елементу. Резервний елемент може бути включений постійно і виконувати функцію одночасно з основним елементом, а може підключатися тільки при відмові основного елементу.

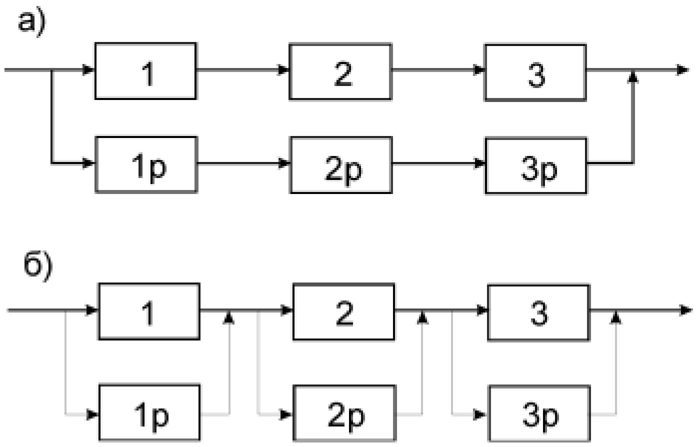

Рис. 4.1 Загальне (а) та роздільне (а) резервування елементів об’єкта

Розрізняють різні способи резервування. При загальному резервуванні резервується об'єкт в цілому (рис. 4.1,а). При роздільному резервуванні резервуються елементи об'єкту окремо (рис. 4.1,б).

При загальному резервуванні використовується резервний об'єкт, який при відмові основного об'єкту продовжує виконувати необхідні функції. У більшості випадків вигідніше резервувати не увесь об'єкт, а тільки його найменш надійні компоненти. Тоді використовують роздільне резервування.

Постійне резервування - резервні елементи постійно включені. Динамічне резервування - резервування з перемиканням структури з метою обходу елементу, що відмовив.

Резервування заміщенням - резервний елемент включається замість основного при його відмові (рис. 4.2,а). Ковзаюче резервування - група основних елементів резервується одним або декількома резервними елементами, кожен з яких може замінити будь-який основний елемент (рис. 4.2,б), що відмовив.

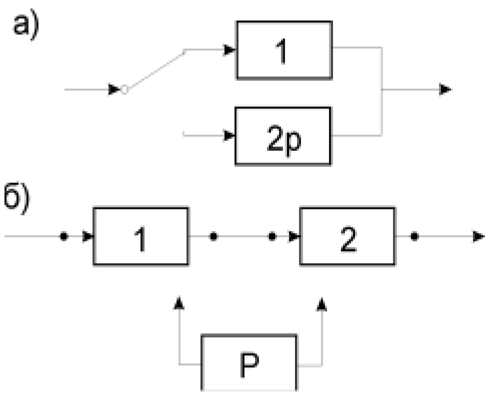

Рис. 4.2 Резервування заміщенням (а), ковзаюче резервування

Ковзаюче резервування вигідно тим, що, використовуючи обмежене число резервних компонентів, можна усунути значне число відмов. Проте цей вид резервування застосовний тільки у тому випадку, коли об'єкт складається з однотипних компонентів.

РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДІВ ТЕОРІЇ ЙМОВІРНОСТІ

При аналізі і розрахунку показників надійності математичним методом необхідно знати функцію розподілу і функцію щільності розподілу вірогідності оцінюваного параметра. На практиці використовуються типові закони розподіли випадкової величини, до яких дуже близькі реальні розподіли показників надійності в часі.

Нормальний розподіл. Є основним в математичній статистиці. Воно утворюється, коли на випадкову величину діє велика кількість чинників. У теорії надійності нормальним розподілом описують напрацювання на відмову об'єктів внаслідок їх зносу і старіння.

Нормальний закон розподілу характеризується двома статистичними параметрами: математичним очікуванням μ і стандартним відхиленням σ. Для оцінки математичного очікування можна використовувати середнє арифметичне значення випадкової величини. Статистичні параметри нормального розподілу

$$\mu \approx \bar{t} = M(t) = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} t_i ,$$

де t - середнє арифметичне значення параметра (часовий параметр); ti - вибіркові значення випадкової величини.

Характер нормального розподілу визначається функціями розподілу і вірогідності щільності випадкової величини. Функція розподілу випадкової величини при нормальному законі розподілу (розглядаємо часовий параметр, оскільки показники надійності є тимчасовими характеристиками)

$$F(t) = \int_{-\infty}^{t} f(t)dt = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{t} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}} dt,$$

Щільність ймовірності нормального закону розподілу

$$f(t) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-\bar{t})^2}{2\sigma^2}}.$$

За допомогою нормального розподілу можна описати вірогідність відмови об'єкту внаслідок його старіння або зносу Q(t)=F(t) залежно від напрацювання об'єкту t. Ймовірність безвідмовної роботи в цьому випадку

$$P(t) = 1 - F(t).$$

Залежність P(t) називають також кривою (функцією) спаду ресурсів

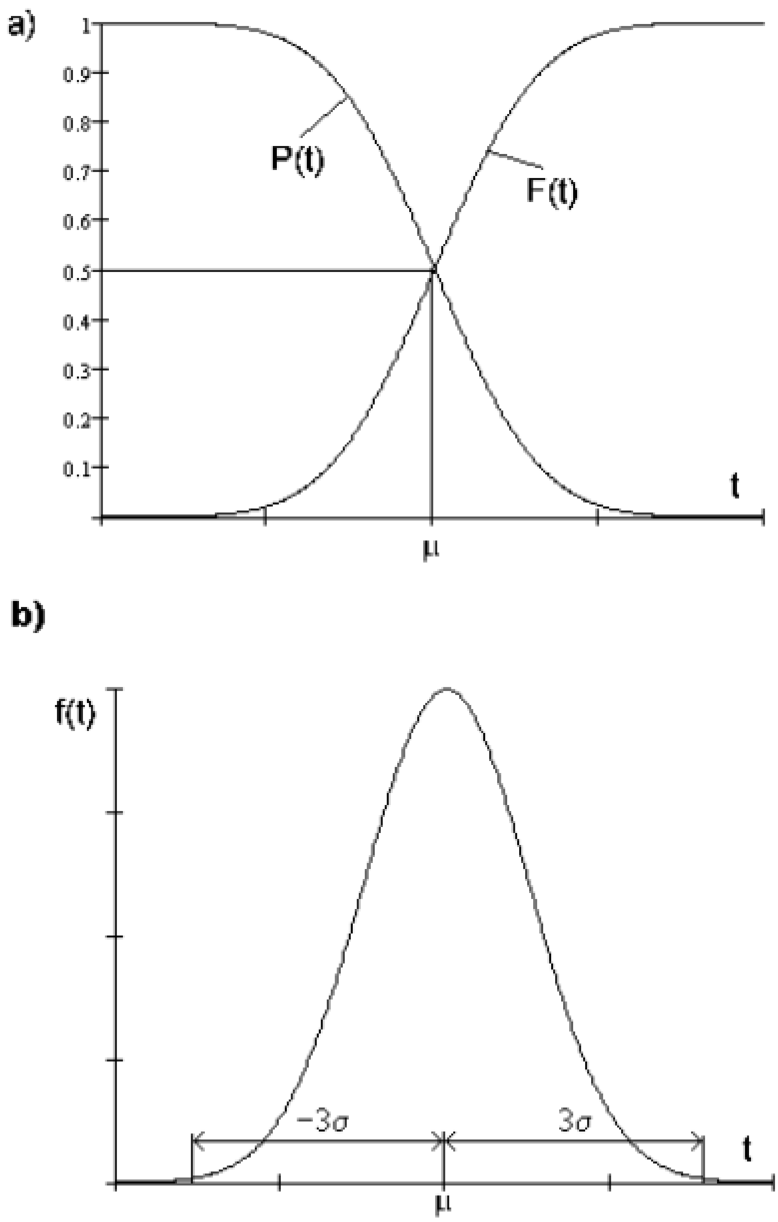

Рис4.3. Графіки функції нормального розподілу (а), щільності ймовірності при нормальному розподілі (б)

Для виконання розрахунків з використанням нормального розподілу застосовують нормований нормальний розподіл (табульовану функцію Лапласа для ймовірності попадання нормованої нормальної величини X в інтервал (0, x):

$$\Phi(x) = 0{,}5 + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^x e^{-\frac{x^2}{2}} dx,$$

де x – квантиль нормованого нормального розподілу

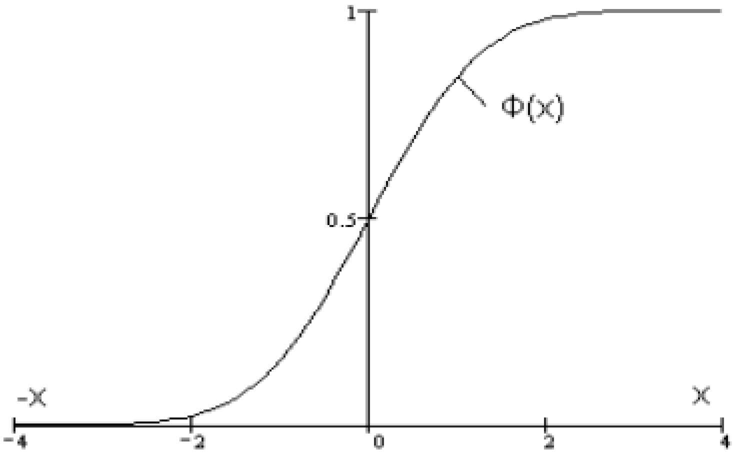

Рис. 4.4. Графік нормованого нормального розподілу

На рисунку 15 показаний графік нормованого нормального розподілу. У таблицях Лапласа приводяться значення Ф(x) для позитивних квантилів x. Для негативних значень квантилів ймовірність рівна

$$\Phi(-x) = 1 - \Phi(x)\,.$$

Нормований нормальний розподіл зручно використовувати при розрахунках як ймовірності випадкової величини, так і для розрахунку значення випадкової величини по її ймовірності.

Для обчислення ймовірності P(t) попадання випадкової величини t в інтервал t1 ÷ t2 з використанням функції Лапласа необхідно знайти

$$P(t_1 \langle t \langle t_2) = \Phi(x_2) - \Phi(x_1) = \Phi\left(\frac{t_2 - \overline{t}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{t_1 - \overline{t}}{\sigma}\right).$$

Експоненціальний розподіл. Цей закон описує надійність роботи виробу в період його нормальної експлуатації, коли поступові відмови внаслідок зносу і старіння ще не проявляються і надійність характеризується раптовими відмовами. Ці відмови викликаються несприятливим поєднанням різних чинників і мають постійну інтенсивність λ. Експоненціальний розподіл часто називають основним законом надійності. Експоненціальний розподіл найбільш застосовується для оцінки безвідмовності об'єктів в період після приroблення і до прояву поступових відмов. Цей закон використовується також при рішенні завдань про обслуговування складних систем.

Експоненціальний розподіл має тільки один параметр λ і є частковим випадком розподілу Вейбулла і гамма-розподілу. Функція розподілу випадкової величини при експоненціальному законі розподілу

$$F(t)=1-e^{-\lambda t},$$

Щільність ймовірності експоненціального розподілу

$$f(t)=\frac{dF(t)}{dt}=\lambda e^{-\lambda t},$$

Функція розподілу описує вірогідність виникнення відмов об'єкту. Вірогідність безвідмовної роботи може бути визначена як

$$P(t)=1-F(t)=e^{\int_0^t \lambda(t)dt}=e^{-\lambda t},$$

де λ - інтенсивність відмов.

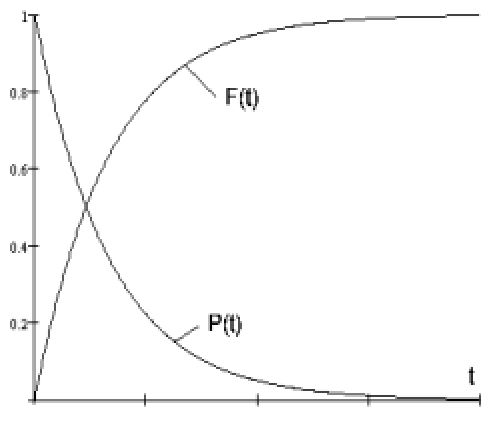

Рис. 4.5. Експоненціальний розподіл

Експоненціальний розподіл ілюструється графіками функції розподілу F(t) і ймовірність безвідмовної роботи P(t), показаними на рисунку 4.5. Цей розподіл справедливий для позитивних значень випадкової величини.

Графіки щільності ймовірності випадкової величини при експоненціальному розподілі приведені на рисунку 4.6. Графік 1 побудований для параметра λ = 0,0015, а графік 2 - для λ = 0,001. Початкове значення на графіці рівне λ.

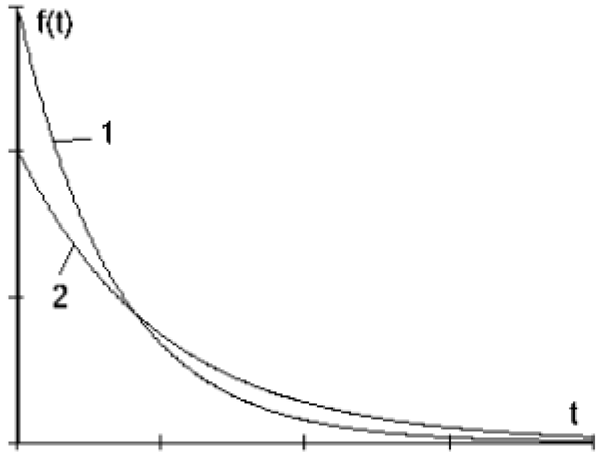

*Рис. 4.6. Е*кспериментальний розподіл до теоретичного експоненціального розподілу

Приклад 1. Напрацювання об'єкту повністю має нормальний розподіл з математичним очікуванням μ = 1000 годин і стандартним відхиленням σ = 200 годин. Визначити ймовірність безвідмовної роботи об'єкту впродовж 400 годин.