**Лабораторна робота №1**

*Розрахунок основних показників надійності ТЗ*

Для нормативного забезпечення методів, заходів та засобів вимірювання, спрямованих на досягнення необхідного рівня надійності, використовується система стандартів «Надійність у техніці». Ця система відповідно до міжнародного стандарту ІСО 8402-86, державних стандартів ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення» та ДСТУ 3004-95 «Надійність техніки. Методи оцінки показників надійності за експериментальними даними» забезпечує ефективність організаційно- технічних, конструкторсько-технологічних і експлуатаційних заходів, спрямованих на досягнення необхідного рівня надійності технічних засобів (ТЗ). Аналізом і дослідженням цих питань займається наука, яка називається теорією надійності (theory of dependability), основною задачею якої є вивчення закономірностей виникнення відмов. Ця наука базується на теорії ймовірності і математичної статистики, тому всі розрахунки надійності ТЗ носять ймовірнісний та статистичний характер. При проектуванні технічний засіб (hardware) має відповідати всім технічним вимогам. Ці вимоги можна розділити на: - головні, що забезпечують виконання заданих функцій; - допоміжні, що пов’язані зі зручністю використання, загальним виглядом та ін. З точки зору теорії надійності будь-який ТЗ можна охарактери- зувати його властивостями, технічним станом та можливістю відновлення після втрати роботоздатності. При цьому найважливішою комплексною властивістю ТЗ є його надійність.

*Надійністю (dependability)* називається властивість ТЗ виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників в заданих межах, що відповідають заданим режимам та умовам використання, технічного обслуговування, збереження і транспортування.

 Надійність включає в себе такі властивості: безвідмовність, довговічність, збереженість та ремонтопридатність.

*Нормування надійності (dependability specification)* – це встановлення у нормативно-технічній та (або) конструкторській (проектній) документації кількісних і якісних вимог до надійності ТЗ. Розглянемо основні терміни та визначення, що використовуються в теорії надійності згідно з міжнародним стандартом ІСО 8402-86 та ДСТУ 2860-94 «Надійність техніки. Терміни та визначення».

 *Працездатність (up state)* ТЗ – стан технічного засобу, при якому він здатний виконувати задані функції з параметрами, встановленими вимогами нормативно-технічної та конструкторсько-технологічної документації. Відмова (failure) – подія, що вказує на порушення працездатності ТЗ.

 *Критерій відмови (failure criterion)* – ознака, за якою оцінюється надійність різних ТЗ.

*Безвідмовність (reliability)* – властивість ТЗ безупинно зберігати роботоздатний стан протягом деякого часу.

*Напрацювання (наробіток) (operating time)* – тривалість роботи ТЗ в годиннах, циклах, календарних днях та ін. Напрацювання до відмови (operating time to failure) – напрацювання ТЗ від початку його експлуатації до виникнення першої відмови.

*Напрацювання між відмовами (operating time between failures)* – напрацювання ТЗ від завершення відновлення його працездатного стану після відмови до виникнення наступної відмови.

*Граничний стан (limiting state)* – стан ТЗ, при якому його подальше застосування за призначенням стає неприпустимим чи недоцільним. Довговічність (durability) – властивість ТЗ зберігати робото- здатний стан до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і ремонтів.

*Ремонтопридатність (maintainability)* – властивість ТЗ, яка полягає в можливості попередження і виявлення причин виникнення відмов, підтримання і відновлення роботоздатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів.

*Збережуваність (storabilily)* – властивість ТЗ зберігати значення показників безвідмовності, довговічності і ремонтопридатності протягом експлуатації, зберігання та транспортування.

*Ресурс (useful life)* – напрацювання ТЗ від початку його експлуатації чи відновлення після ремонту до переходу в граничний стан.

*Термін експлуатації (term operation)* ТЗ – календарна тривалість від початку експлуатації ТЗ чи відновлення після ремонту до переходу в граничний стан.

*Середній час відновлення (mean time to recovery)* – це математичне сподівання часу відновлення роботоздатного стану. Конструктивно всі ТЗ можна розділити на невідновлювані та відновлювані.

*Невідновлюваними (non-repairable)* називають такі ТЗ, що у процесі виконання своїх функцій не можуть ремонтуватися, а *відновлювані (repairable)* – ремонтуються. З огляду на цю властивість окремо розраховують і нормують показники надійності для відновлюваних та невідновлюваних ТЗ.

 *Показник надійності (dependability index)* – це кількісна характеристика однієї або декількох властивостей, що визначають надійність ТЗ. Метрологічна справність (metrology good condition) технічного засобу – це стан ТЗ, що визначає відповідність його нормованих метрологічних характеристик встановленим вимогам.

*Метрологічна надійність (metrology dependability) ТЗ* – це надійність ТЗ в частині збереження його метрологічної справності.

 *Метрологічна відмова (metrology failure)* ТЗ – це відмова ТЗ, що полягає у втраті його метрологічної справності.

*Нестабільність (instability) метрологічної характеристики* ТЗ – це зміна метрологічної характеристики ТЗ за встановлений інтервал часу.

*Довірчі межі (confiding limits) нестабільності метрологічної характеристики* ТЗ – це верхня і нижня межі інтервалу, що охоплює нестабільність метрологічної характеристики ТЗ з деякою довірчою вірогідністю.

*Вірогідність (authenticity) метрологічної справності* ТЗ – це вірогідність того, що в заданий момент часу ТЗ виявиться метрологічно справним.

 *Середній час (середнє напрацювання - mean operating time) до метрологічної відмови* ТЗ – це математичне сподівання календарного часу експлуатації (напрацювання) ТЗ до першої метрологічної відмови.

 *Напрацювання на метрологічну відмову* ТЗ – це відношення сумарного напрацювання ТЗ в стані метрологічної справності на заданий період експлуатації до математичного сподівання числа його метрологічних відмов за цей період

*Інтенсивність (intensity) метрологічних відмов* ТЗ – це умовна щільність вірогідності метрологічної відмови ТЗ, яка визначається для даного моменту часу за умови, що до цього моменту відмови не відбулося.

* 1. ***Показники надійності невідновлюваних ТЗ***

Основними нормованими показниками надійності невідновлюваних ТЗ можуть бути такі показники: – ймовірність безвідмовної роботи,

P(t); – ймовірність відмови,

 Q(t); – частота відмов,

 a(t); – інтенсивність відмов,

λ(t); – середнє напрацювання до першої відмови, Tср.

Оскільки час настання відмови T є величина випадкова, то Q(t) – це ймовірність того, що випадкова величина Т набуде значення, менше або рівне t (інтегральна функція (integral function) розподілу відмов), де t – час, за який визначається показник надійності (dependability index). Тобто ймовірністю відмови (probability failure) називається ймовірність того, що за певних умов експлуатації в заданому інтервалі часу виникне хоча б одна відмова

 Q(t) P(T t). = ≤ (1.1)

Ймовірністю безвідмовної роботи (probability reliability work),

P(t) називається ймовірність того, що за певних умов експлуатації в заданому інтервалі часу або у межах заданого напрацювання t не відбудеться жодної відмови

 P(t) = P(T > t) . (1.2)

Оскільки безвідмовна робота і відмова є подіями неспільними і протилежними, то між ними справедливе таке співвідношення

 P(t) + Q(t) = 1. (1.3)

Оскільки Q(t) є законом розподілу випадкової величини (відмов), то залежність між можливими значеннями безперервної випадкової величини T та ймовірностями влучення в їх межі називається щільністю ймовірності (density probability).

Вважаючи, що в момент ввімкнення ТЗ роботоздатний, тобто Р(0) = 1, функція Р(t) монотонно спадає від 1 до 0 так, як це показано на рис. 1.1. При цьому абсолютно зрозумілим є те, що Р(∞ ) = 0, тобто будь-який ТЗ при t → ∞ з часом відмовить.



Рисунок 1.1 – Характеристики зміни ймовірності безвідмовної роботи та ймовірності відмови

На практиці використовують статичні імовірнісні характеристики, які визначають за експериментальними даними. При цьому допускається, що в досліді використовуються однакові події і випробування проводяться в однакових умовах.

*Частота відмов (failure rate)*, a(t) є щільністю ймовірності часу роботи ТЗ до першої відмови



Наступною важливою характеристикою є:

 *інтенсивність відмов (intensity failure) λ(t)* , під якою розуміють ймовірність відмови в одиницю часу за умови, що до цього моменту відмови не виникало.

Інтенсивність відмов є показником безвідмовності неремонтованих і невідновлюваних об'єктів. Визначається відношенням частоти відмов а(t) до ймовірності безвідмовної роботи на даний момент часу t



Звідки

 

Тому



Це формула зв’язку основних показників надійності ТЗ, що не відновлюються.

Якщо λ = const



При t = 0 значення λ(t) = а(0).

Формула зв’язку показує, що всі показники надійності P(t), Q(t), а(t) і λ(t) рівноправні в тому сенсі, що, знаючи один із них, можна визначити інші.

 *Середня інтенсивність відмов (mean intensity failure)* – cереднє значення інтенсивності відмов у заданому інтервалі часу.



***Приклад 1.1.*** Інтенсивність відмов ТЗ залежить від часу і виражається функцією . Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи, частоту відмов і середнє напрацювання до першої відмови.

***Розв’язування:*** Ймовірність безвідмовної роботи розрахуємо за формулою . Вона після відповідних математичних перетворень набуде вигляду: . Частота відмов визначається шляхом підстановки Р(t) у формулу , яка після

перетворень набуде вигляду: .

Відповідно до формули середнє напрацювання до першої відмови буде дорівнювати: 

***Приклад 1.2.*** На випробування поставлено N0 = 1000 ТЗ. За час t =3000 год. відмовило n(t) = 200 ТЗ, а за інтервал часу Δt =100 год. відмовило ще n( Δt) =100 ТЗ. Необхідно визначити статистичну оцінку основних показників надійності P(3000) , P(3100) , P(3050) , a(3050) , λ(3050) .

***Розв’язування:***

За формулою  визначимо: для tп = 3000 (початок інтервалу)

******

для tп = 3100 (кінець інтервалу)

******

Визначимо середню кількість ТЗ, що справно працюють в інтервалі Δt

******

Кількість ТЗ, що відмовили за час t = 3050 год.

******

Тоді:

 

За формулами знаходимо оцінку частоти та інтенсивності відмов:





***Завдання для самостійної роботи:***

1. Інтенсивність відмов ТЗ залежить від часу і виражається функцією (за номером варіанта). Необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи, частоту відмов і середнє напрацювання до першої відмови.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Λ(t)=$\frac{tk^{3}}{k-2t}$ | Λ(k)=$\frac{k^{2}t-2k}{k-t}$ | Λ(k)=$\frac{tk^{3}}{t-2}$ | Λ(k)=$\frac{tk^{3}+2}{k-2t}$ | Λ(k)=$\frac{tk-k}{k-2k^{2}}$ | Λ(k)=$\frac{tk^{3}}{k-2t}$ | Λ(k)=$\frac{tk^{2}}{kt-2}$ | Λ(k)=$\frac{tk^{3}}{kt-2}$ |

1. На випробування поставлено N0 = Х ТЗ. За час t =Y год. відмовило n(t) = Z ТЗ, а за інтервал часу Δt =L год. відмовило ще n( Δt) =M ТЗ. Необхідно визначити статистичну оцінку основних показників надійності P(Y) , P(Y+L) , P(0,5\*(Y+L)) , a(0,5\*(Y+L)) , λ(0,5\*(Y+L)) .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №вар | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Х | 500 | 700 | 900 | 1100 | 1300 | 1500 | 1700 | 1900 |
| Y | 1000 | 1500 | 2000 | 2500 | 3000 | 3500 | 4000 | 4500 |
| Z | 50 | 70 | 90 | 110 | 200 | 250 | 300 | 330 |
| L | 80 | 1001 | 1201 | 150 | 150 | 180 | 200 | 220 |
| M | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |