

Волох Людмила Василівна 

канд. фіз-мат. наук, доцент кафедри прикладної фізики та вищої математики
Київський національний університет технологій та дизайну, Україна

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ЗАКОНІВ РОЗПОДІЛУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ НАДІЙНОСТІ ТЕХНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ТА СИСТЕМ

Проблема забезпечення надійності технічних об'єктів та систем – одна з нагальних під час проектування, виробництва та експлуатації будь-яких ТС. Надійність техніки є найважливішим елементом її якості. Роль проблеми забезпечення надійності сучасних ТС зростає через безупинне їх ускладнення, постійне збільшення навантажень та інтенсивності використання, значне розширення діапазону умов експлуатації й галузей застосування, підвищення рівня автоматизації ТОС.

Відмови в технічних системах та об'єктах виникають під впливом різноманітних чинників. Оскільки кожен фактор впливу у свою чергу залежить від багатьох причин, то відмови елементів, що входять до складу системи, належать до випадкових подій, а час роботи до виникнення відмов – до випадкових величин. В інженерній практиці можливі і не випадкові (детерміновані) відмови (відмови, виникнення яких відбувається в певний момент часу та існує конкретний зв'язок між причиною відмови і моментом її виникнення). При аналізі надійності об'єктом дослідження надійності системи є випадкові події та величини. В якості теоретичних розподілів напрацювання до відмови можуть бути використані будь-які поширені в теорії імовірності неперервні розподіли.

Відмови відновлюваного пристрою утворюють ймовірносний потік подій (потік відмов). Під дією потоку відмов і потоку відновлень технічний пристрій може перебувати в різних станах (повної відмови, часткової відмови, працездатний). Перехід виробу з одного стану в інше являє собою випадковий процес. В теорії надійності за випадкову величину зазвичай приймають час роботи об'єкту. У цьому випадку функція щільності розподілу $f(t)$ буде повною характеристикою розсіювання термінів служби елементів. Тип цієї функції залежить від закономірностей процесу втрати об'єктом працездатності.

В теорії надійності найбільше поширення одержали наступні закони розподілу випадкових величин $f(t)$: для дискретних випадкових величин – біноміальний закон; закон Пуассона; для неперервних випадкових величин – експоненціальний закон; нормальний закон; гамма-розподіл; закон Вейбулла та інші.

Час безвідмовної роботи елементів апарату є безперервною випадковою величиною і для опису її роботи в теорії надійності використовують наступні закони розподілу: Вейбула, експоненціальний, Релея, нормальний та ін.

Проведемо порівняльний аналіз основних законів розподілу, які застосовуються в теорії надійності:

1. Розподіл Вейбулла. Досвід експлуатації дуже багатьох електронних приладів і значної кількості електромеханічної апаратури показує, що для них характерні три види залежностей інтенсивності відмов від часу, що відповідають трьом періодам використання цих пристроїв. Зазначені три види залежностей інтенсивності відмов від часу можна отримати, використовуючи для імовірнісного опису випадкового напрацювання до відмови двопараметричний розподіл Вейбулла. Цьому закону добре підкоряються розподіли відмов в об'єктах, що містять велику кількість однотипових невідновлювальних елементів, особливо коли відмова пов'язана з погіршенням їх параметрів. Підходить для опису деяких

типів електровакуумних, напівпровідникових і НВЧ-приладів. Розподіл Вейбулла підходить для описання відмов ряду механічних об'єктів. Цей закон застосуємо для відмов пристрою, що складається з послідовно з'єднаних дубльованих елементів і інших подібних випадків. Використовується для оцінки надійності виробів в період їх приробітку, а також при зносі і старінні.

2. Експоненціальний розподіл Експоненціальний розподіл є частинним випадком розподілу Вейбулла. Цей розподіл однопараметричний, тобто для запису розрахункового виразу досить одного параметра, $\lambda = \text{const}$. Для цього закону вірно і зворотне твердження: якщо інтенсивність відмов постійна, то імовірність безвідмовної роботи як функція часу підпорядковується експоненціальному закону. Таким чином, знаючи середній час безвідмовної роботи T (або постійну інтенсивність відмов), можна в разі експоненціального розподілу знайти імовірність безвідмовної роботи для інтервалу часу від моменту включення об'єкта до будь-якого заданого моменту t . Даний розподіл описує напрацювання до відмови об'єктів, у яких у результаті здавальних випробувань (вихідного контролю) відсутній період припрацювання, а призначений ресурс встановлений до закінчення періоду нормальної експлуатації. Модель експоненціального розподілу часто використовується для апіорного аналізу, оскільки він дозволяє не дуже складними розрахунками отримати прості співвідношення для різних варіантів створюваної системи. На стадії апостеріорного аналізу (досвідчених даних) повинна проводитися перевірка відповідності експоненціальної моделі результатам випробувань. Даний розподіл характерний для складних систем, які містять велику кількість різних невідновлювальних елементів, що мають переважно раптові відмови. Застосовується до відновлюваних об'єктів з найпростішим потоком відмов або для наближеної оцінки безвідмовності. На практиці цей закон логічно застосовувати в тому випадку, коли процеси старіння і зносу протікають достатньо повільно, тобто для періоду нормальної роботи виробу. Цей закон можна використовувати і в тих випадках, коли у виробках мають місце приховані дефекти, що призводять до раптових відмов.

3. Розподіл Релея. Розподіл Релея також є частинним випадком розподілу Вейбулла. Він придатний для опису поведінки об'єктів яким характерне зношення або старіння.

4. Нормальний та логарифмічно нормальний закони розподілу. Нормальний закон розподілу (розподіл Гауса) найчастіше зустрічається на практиці. Його використовують, коли випадкова величина залежить від великої кількості випадкових факторів, однорідних за своїм впливом, при цьому вплив кожного з них у порівнянні з усією їхньою сукупністю незначний. Цим законом розподілу добре описуються результати незалежних вимірювань фізичних величин, а також користуються при оцінці надійності виробів в процесі їхнього зносу і, відповідно, старіння. Його використовують для визначення часу напрацювання до відмови. Логарифмічно нормальний закон розподілу використовується при оцінці відмов через зношення в тих випадках, коли відмова виникає через пошкодження.

5. Гамма-розподіл Гамма-розподіл використовується при оцінці надійності елементів і систем у початковий період експлуатації, при дослідженні надійності електромеханічних і механічних пристроїв, елементів високонадійної апаратури з інтенсивністю відмов, що зменшується в часі. Крім того, даний розподіл описує розподіл часу відмов систем, резервованих способом заміщення, якщо напрацювання на відмову основної та резервних систем підпорядковане показниковому закону. Прикладом використання гамма-розподілу є резервована система, що складається з δ однакових елементів. При цьому під навантаженням знаходиться один елемент. Інші елементи почергово автоматично включаються в роботу після відмови працюючого елемента.

Для опису характеристик надійності в широкому інтервалі часу експлуатації, що включає в себе періоди початкових відмов і старіння, використовуються композиції законів розподілів. Звичайно для початкового періоду експлуатації застосовують закони Вейбулла

і гамма-розподіл, для періоду нормальної експлуатації – експоненціальний розподіл, а для періоду старіння – нормальний, логарифмічно нормальний або розподіл Релея. В деяких випадках використовується такий ряд законів: біноміальний розподіл, χ -розподіл, розподіл Максвелла, розподіл Ерланга та інші.

Висновки./Conclusions. Визначення закону розподілу відмов має велике значення при дослідженнях і оцінках надійності. Закон розподілу відмов можна визначити за експериментальними даними, але для цього необхідно проведення великого числа дослідів в однакових умовах. На практиці ці умови важко забезпечити. Разом з тим у багатьох випадках за час експлуатації встигає відмовити лише незначна частка об'єктів. Велике значення має вивчення умов, фізичних процесів, при яких виникає та чи інша відмова, щоб встановити закон розподілу. При цьому складаються моделі виникнення відмов і відповідні їм закони розподілу часу до появи відмови, що дозволяє робити обґрунтовані припущення про закон розподілу. Такий підхід необхідний для оцінки надійності нових виробів, для яких статистичний матеріал дуже обмежений.

Список використаних джерел:

1. Єрмолаєв С. О. Експлуатація енергообладнання та засобів автоматизації в системі АПК : підручник / Єрмолаєв С. О., Мунтян В. О., Яковлев В. Ф. - К. : Мета, 2003. - 543 с.
2. Лут М. Т. Основи технічної експлуатації енергетичного обладнання АПК / Лут М. Т., Мірошник О. В., Трунова І. М. - Харків : Факт, 2008. - 438 с.
3. Мірошник О. В. Організація технічної експлуатації енергетичного устаткування підприємств АПК / О. В. Мірошник, І. М. Трунова. - Харків : ПП ЧЕРВЯК, 2005. - 128 с.