04 Фактори, що обумовлюють надійність ТО

Вимоги щодо надійності різних технічних об'єктів не однакові, тому що відмова лампи освітлення лише трохи збільшує видаткову частину сімейного бюджету, несправність вимірювального приладу на виробництві призводить до браку у виробництві багатьох виробів, а ушкодження літака або устаткування атомної електростанції можуть викликати катастрофу. Тому надійності й умовам її забезпечення приділяється увага на всіх етапах життєвого циклу (терміну від розробки до утилізації) будь-якого технічного об'єкта (ТО).

Основні етапи життєвого циклу ТО:

- розробка:

1) технічного завдання (закладаються вимоги до надійності);

2) схеми (схемне забезпечення надійності);

3) конструкції (конструкторське забезпечення надійності - наприклад, вибір типів елементів);

4) технології (забезпечення необхідної якості виготовлення);

- випробування;
- виготовлення;
- експлуатація.

Показники надійності закладаються в радіоелектронний засіб на етапі розробки (у ході дослідження та проектування) і виробництва. Вони визначаються рядом факторів, серед яких потрібно виділити якість використовуваних елементів, вдале схемне рішення, правильний вибір коефіцієнтів навантаження.

Під час виробництва надійність технічних об’єктів забезпечується додержанням технології виготовлення та наявністю системи управління якості на підприємстві.

Під час експлуатації показники надійності підтримуються організацією технічного обслуговування (робіт з підтримання ТО у справному або працездатному стані) та ремонту (робіт з відновлення справного чи працездатного стану ТО або його складових частин).

Реальні показники надійності РЕП залежать від умов виробництва та експлуатації. За характером впливу фактори можна розділити *на конструктивно-виробничі та експлуатаційні.*

До конструктивно-виробничих відносять фактори, пов'язані з розробкою, проектуванням і виготовленням РЕП. Їхній вплив на надійність апаратури є визначальним.

Експлуатаційні фактори впливають на надійність у процесі застосування РЕП.

Експлуатаційні фактори умовно можна розділити на суб'єктивні й об'єктивні.

Оскільки всі РЕП здебільшого складені з невідновлеваних елементів, при розрахунку й аналізі ПН найбільш часто як вхідну інформацію використовують інтенсивність відмов елементів надійністі (ЕН). Їх значення наведені в паспортах всіх елементів РЕП. Вони визначені експериментально для кожного елемента при роботі в нормальних умовах.

Нормальні умови - це стандартизований термін, що характеризує такі умови експлуатації: температура +(20±2) °С, атмосферний тиск 750 мм рт. ст., відносна вологість 60±20%, номінальний електричний режим, відсутність механічних навантажень і т.д. Інтенсивність відмов елементів у нормальних умовах експлуатації називається номінальною $\lambda_{\text{íîðì}}$.

При експлуатації в реальних умовах $\lambda_{\text{íîðì}}$ варто помножити на поправочний коефіцієнт α . Цей коефіцієнт визначений експериментально для кожного фактора, що впливає, і

табульований для кожного елемента. Він характеризує збільшення інтенсивності відмов у реальних умовах у порівнянні з нормальними:

$$\lambda = \lambda_{\text{í î ðì}} \cdot \alpha .$$

При впливі декількох факторів значення α визначають для кожного фактора і перемножують їх:

Оскільки сумарний вплив декількох факторів найчастіше неадекватний сумі впливів окремих факторів, то в довідкових таблицях наводять поправочні коефіцієнти, які визначені при впливі одночасно декількох факторів, наприклад:

$$\alpha = F \text{ (вологість, температура).}$$

Так, при підвищеній вологості і температурі 25-35°С починають позначатися нові фактори, - біологічні: грибкові утворення та цвіль. Вони знижують поверхневий опір діелектриків, утворюють провідні перемички, руйнують різні матеріали.

До ***суб'єктивних факторів*** відносять організацію системи технічного обслуговування, ремонту; забезпеченість запасними частинами та кваліфікація обслуговуючого персоналу. Найбільший вплив на надійність має кваліфікація обслуговуючого персоналу, що виявляється в умінні ефективно використовувати РЕП за призначенням, попереджати, відшукувати й усувати відмови, проводити технічне обслуговування.

За даними Міністерства цивільного флоту колишнього СРСР 1988р. близько 30% відмов електро- та радіоапаратури на морських судах є наслідком недостатньої кваліфікації обслуговуючого персоналу. Аварія на Чорнобильській АЕС була наслідком помилок обслуговуючого персоналу.

Варто враховувати, що вплив кваліфікації на надійність РЕП зменшується із зростанням автоматизації процесів управління, контролю і пошуку дефектів.

Серед ***об'єктивних (зовнішніх)*** *факторів* звичайно враховують кліматичні, механічні та біологічні.

До *кліматичних факторів* відносяться температура, вологість, тиск, сонячна радіація, чистота повітря та ін.

При підвищенні температури характерні такі процеси в елементах РЕП:

- знижується коефіцієнт підсилення транзисторів;
- збільшуються зворотні струми напівпровідникових переходів;
- зростає величина провідності витоку конденсаторів і змінюється їхня ємність;
- знижується електрична міцність конденсаторів;
- висихають і жолобляться ізоляційні матеріали і прокладки;
- знижується міцність термоактивних пластмас;
- зростають значення опору металевих резисторів;
- збільшуються внутрішні напруження в кристалічних матеріалах, особливо на границях з різними температурними коефіцієнтами;
- збільшується внутрішній опір напівпровідників.

Наприклад, при збільшенні температури від +20°С до +80°С інтенсивність відмов транзисторів і інтегральних мікросхем (ІМС) збільшується в 3 рази, конденсаторів у 5 разів, вуглеродистих резисторів - до 3 разів.

Вологість і атмосферні опади також стимулюють деградаційні процеси в елементах і конструкціях РЕП. При підвищенні вологості прискорюється процес корозії металів, у

результаті чого погіршуються їх характеристики міцності. Наприклад, термін служби конструкції з алюмінієвих сплавів при відносній вологості 80-100% зменшується більш ніж у 2 рази. Через погіршення ізоляційних властивостей зростають і втрати в контурах, котушках, дроселях, трансформаторах і т.д.

Знижений тиск погіршує відвід тепла, впливає на ізоляційні властивості повітря, призводить до зміни ємності повітряних конденсаторів (на висоті 6 км теплоємність повітря падає в 2 рази в порівнянні з теплоємністю на рівні моря).

Наявність пилу і хімічних домішок у повітрі, що характеризують *чистоту повітря*, знижують поверхневий опір, прискорюють знос частин, що рухаються, контактів.

Механічні навантаження проявляються у вигляді ударів, вібрацій, прискорення і звукових тисків.

Вібрації й удари призводять до передчасного зношування елементів РЕП, появи явищ «втоми» або руйнувань. Під дією вібрацій порушується первісне налагодження регульованих елементів. Впливи, створювані вібрацією, залежать від частоти власних коливань ЕН. Для РЕП небезпечними є частоти 15-150 Гц, що викликають резонансні явища в конструктивних ЕН. Вібрації оцінюються тривалістю впливу, частотою і значенням відносного прискорення (стосовно прискорення вільного падіння). Удари оцінюються за відносним прискоренням. У довідниках часто наводять поправочні коефіцієнти не для конкретних значень параметрів ударів і вібрацій, а для відомих умов експлуатації РЕП. Наприклад: лабораторні умови, польові, корабельні, залізничні та ін.

Дія звукового тиску на елементи РЕП аналогічна дії вібрації, тому що воно збуджує механічні коливання деталей і вузлів. У транзисторах виникає мікрофонний ефект, відбувається порушення корпуса.

Вплив *електричних режимів* на надійність об′єктів варто віднести до конструктивно-виробничих факторів. Всі елементи РЕП характеризуються припустимими навантаженнями за потужністю розсіювання, струмами, напругами і т.д. Робота елементів на граничних навантаженнях ненадійна і скорочує термін служби елементів. Зменшення навантаження до оптимальних значень збільшує надійність РЕП.

Про значення реального навантаження судять за статистичними даними експлуатації РЕП при оцінюванні режимів роботи елементів. Для цього використовують коефіцієнт навантаження за потужністю K_P і напругою K_U:

$$K_{ð} = P_{ðîá} / P_{íîì} \ ,$$

$$K_U = U_{ðîá} / U_{íîì} \ ,$$

де $P_{ðîá}, P_{íîì}$ – відповідно робоче і номінальне значення потужності розсіювання;

$U_{ðîá}, U_{íîì}$ – відповідно робоче і номінальне значення напруги живлення.

Наприклад, зменшення навантаження за потужністю в два рази від номінального значення для транзисторів знижує інтенсивність їхніх відмов у 3 рази.

Збільшення $K_{ð}$ і K_U найчастіше еквівалентно збільшенню температури навколишнього середовища. У багатьох довідниках наводяться значення α, як функції двох змінних: K_U і $T^{\circ}C$.