

Лекція 4. Підвищення надійності технічних систем. Резервування

1 Методи підвищення надійності технічних систем.

2 Резервування.

1. Методи підвищення надійності можна розділити на **структурні** та **інформаційні**.

Структурні методи підвищення надійності. Абсолютною надійності технічних пристроїв домогтися принципово неможливо, а максимально підвищити показники їх надійності реально, і це є найважливішим науковим і технічним завданням. Підвищення рівня надійності РЕА досягається, перш за все, усуненням причин, що викликають у ній відмови, тобто зведенням до мінімуму конструкторських, технологічних та експлуатаційних помилок.

Значного підвищення надійності РЕА досягають створенням нових елементів. Так, застосування інтегральних схем для побудови РЕА призвело до значного підвищення надійності апаратури третього і четвертого поколінь.

Однак підвищенням надійності елементів не вдається повністю вирішити проблему побудови надійних РЕА, що викликано значним випередженням зростання складності розроблених нових РЕА, великими витратами при отриманні елементів високої надійності, а також існуванням елементів, надійність яких досить низька і важко піддається підвищенню. Тому один із шляхів підвищення надійності РЕА - введення схемної надлишковості.

Інформаційні методи підвищення надійності РЕА. Основне застосування інформаційні методи знаходять в обчислювальній техніці. Реалізуються вони у вигляді коригувальних кодів. Призначення цих кодів складається в тому, щоб виявляти і виправляти помилки в РЕА без переривання їхньої роботи.

Коригувальні коди передбачають введення в вироби деякої надлишковості. Розрізняють тимчасову і просторову надлишковість. Тимчасова надлишковість характеризується неодноразовим рішенням завдання. Отримані результати порівнюються, і якщо вони збігаються, то робиться висновок, що задача вирішена правильно. Тимчасова надмірність вводиться в РЕА програмним шляхом. Просторова надлишковість характеризується подовженням кодів чисел, в які вводять додатково контрольні розряди. Суть виявлення та виправлення помилок за допомогою коригувальних кодів складається в наступному. У множині A вихідних слів пристрою виділяють підмножину B дозволених кодових слів (тобто $B \subset A$). Ці слова можуть з'явитися лише в тому випадку, якщо всі арифметичні і логічні операції, що виконуються РЕА, здійснюються правильно. Тоді очевидно, що підмножина $A - B = C$ буде характеризувати заборонені кодові слова. Останні мають місце тільки при наявності помилок. Далі всі слова на виході пристрою аналізують. Наприклад, якщо слово b_i відноситься до підмножини дозволених кодових слів (тобто $b_i \in B$), то це означає, що процес йде нормально; слово b_i вважають правильним і його можна декодувати.

Якщо на виході пристрою з'являється заборонене кодове слово ci ($ci \in C$), то це свідчить про наявність помилки, і вона фіксується. Для усунення виявлених таким чином помилок усі заборонені кодові слова розбиваються на групи. Кожній такій групі ставиться у відповідність тільки одне дозволене кодове слово. При декодуванні заборонені кодові слова ci автоматично замінюються дозволеними кодовими словами з тієї групи, до якої належить ci . Таким чином, коригувальні коди в стані не тільки виявляти помилки, але й усувати їх.

2 Резервування Резервування – спосіб підвищення надійності апаратури, який полягає у дублюванні РЕА в цілому або окремих її модулів або елементів. Резервування передбачає включення в схему пристрою додаткових елементів, які дозволяють компенсувати відмови окремих частин пристроїв та забезпечити його надійну роботу. Але резервування ефективно тільки в тому випадку, коли несправність є статистично незалежними. Розрізняють загальне резервування (резервується об'єкт в цілому) та роздільне резервування – резервування, при якому резервуються окремі елементи об'єкта або їх групи. Структурне резервування – метод підвищення надійності об'єкта, який передбачає використання надлишкових елементів, що входять у фізичну структуру об'єкта. Тимчасове резервування – метод підвищення надійності об'єкта, який передбачає використання надлишкового часу, виділеного для виконання завдань. Інформаційне резервування – метод підвищення надійності об'єкта, який передбачає використання надлишкової інформації понад мінімально необхідної для виконання завдань. Функціональне резервування – метод підвищення надійності об'єкта, який передбачає використання здатності елементів виконувати додатні функції замість основних або поряд з ними. Навантажувальне резервування – метод підвищення надійності об'єкта, який передбачає використання здатності його елементів сприймати додаткові навантаження понад номінальних. Основний елемент – елемент основної фізичної структури об'єкта, мінімально необхідної для нормального виконання об'єктом його завдань. Резервний елемент – елемент, призначений для забезпечення працездатності об'єкта в разі відмови основного елемента. Дублювання – резервування, при якому одному основному елементу надається один резервний

Кратність резервування-відношення числа резервних елементів до числа резервних елементів об'єкта. Розрізняють такі види резервування: постійне (резервні елементи включені разом з основним і функціонують в тих же режимах); резервування заміщенням (виявлення відмовив елемента і заміна його резервним); ковзне резервування (будь-який резервний елемент може замінювати будь-який елемент, що відмовив). Якщо $P_c(t)$ - ймовірність безвідмовної роботи системи, то установка і включення паралельно декількох таких же систем призводить до збільшення результуючої ймовірності безвідмовної роботи резервованих системи $P(t)$, яку можна визначити з виразу: $P(t) = 1 - [1 - P_c(t)]^{m+1}$, де m - число резервних систем, що включені паралельно основній. Так, наприклад, при ймовірності безвідмовної роботи модуля 0,7 включення одного резервного модуля підвищить ймовірність безвідмовної роботи до 0,91, а двох – до 0,973. Постійне резервування в РЕА виконують за такою схемою: вхідні сигнали

надходять на n логічних схем, причому $n > k$, де k - число логічних схем в нерезервованих схемою. Вихідні сигнали всіх n логічних схем далі подають на вирішальний елемент, який згідно функції рішення з цих сигналів визначає значення вихідних сигналів всієї схеми. Функція рішення - правило відображення входних станів вирішального елемента на безліч його вихідних станів. Найпростіший і найпоширеніший вид функції рішення – «закон більшості» або мажоритарний закон. Вирішальний елемент зазвичай називають мажоритарним елементом. Робота мажоритарного елемента полягає в наступному: на входи елемента надходять двійкові сигнали від непарної кількості ідентичних елементів; вихідний сигнал елемента приймає значення, рівне значенню, яке приймає більшість входних сигналів. Найбільш широко використовують мажоритарні елементи, що працюють за законом «2 з 3». У цих елементах значення вихідного сигналу дорівнює значенню двох однакових входних сигналів. Рисунок 1 – Схема мажоритарного елемента «2 з 3» Крім того, відомі мажоритарні елементи, що працюють за законом «3 з 5», «4 з 7» і т. д. Схема мажоритарного елемента, що працює за законом «2 з 3» і побудованого з логічних елементів І та АБО, наведена на рисунку 1 та характеризується виразом: $z = x_1 x_2 + x_2 x_3 + x_1 x_3$. За способом включення резервних елементів функціональних пристроїв розрізняють три види резервування: постійне, заміщенням і ковзне. При постійному резервуванні припускають, що будь-який елемент, що відмовив, або вузол не впливає на вихідні сигнали і тому його прямого виявлення не проводиться. Постійне резервування найбільш поширене в не відновлюваних пристроях. Крім того, воно є єдино можливим в пристроях, де неприпустимий навіть короткочасна перерва в роботі. Постійне резервування вводиться або за допомогою вирішального блоку, або у вигляді однотипних елементів або блоків, включених послідовно, паралельно або, наприклад, згідно із законами k -кратною логіки. Як вирішальний блок використовується мажоритарні елементи з постійними або змінними вагами, що кодують – пристрої декодування та схеми з логічних елементів І, АБО, НЕ. Резервування заміщенням передбачає виявлення елемента або вузла, що відмовив, та підключення справного. Заміщення може відбуватися або автоматично, або вручну. Резервування заміщенням має такі переваги. Для багатьох схем при включенні резервного обладнання не потрібно додатково регулювати вихідні параметри, внаслідок того, що електричні режими в схемі не змінюються. Резервна апаратура до моменту включення в роботу знеструмлена, що підвищує загальну надійність системи за рахунок збереження ресурсу електронних пристроїв. Є можливість використання одного резервного елемента на кілька робітників. Внаслідок складності апаратури для автоматичного включення резерву резервування заміщенням доцільно застосовувати до великих блоків і окремих функціональних частин РЕА. При ковзному резервування будь-який резервний елемент може замінювати будь-який основний елемент. Для здійснення цього резервування необхідно мати пристрій, який автоматично знаходить несправний елемент і підключає замість нього резервний. Перевага такого резервування в тому, що при ідеальному автоматичному пристрої найбільший виграш буде в надійності в

порівнянні з іншими методами резервування. Проте здійснення ковзного резервування можливе лише при однотипності елементів.

Резервування – спосіб підвищення надійності апаратури, який полягає у дублюванні РЕА в цілому або окремих її модулів або елементів. Резервування передбачає включення в схему пристрою додаткових елементів, які дозволяють компенсувати відмови окремих частин пристроїв Page 3 та забезпечити його надійну роботу.