

УДК 536.4:621.7

О.М. Довгаль, Ю.С. Лапченко

Луцький національний технічний університет

## **ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ АНАЛІЗАТОРА СПЕКТРУ СК4-56 ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ**

*Під аналітичним дослідженням надійності деякої системи розуміють розрахунок її надійності на основі даних про надійність компонентів, структуру, умови функціонування і режим обслуговування. Стосовно технічної складової аналізатора спектру СК4-56 аналітичне дослідження надійності зводиться в першу чергу до визначення характеристик і показників безвідмовності як найважливішої складової надійності, а також ремонтпридатності (відновлюваності).*

Всі відомі аналітичні методи розраховані на оцінку надійності аналізатора спектру СК4-56в цілому (випадок однофункціональної системи) чи за окремими виконуваними нею функціями.

Розглянемо склад і способи подання вихідних даних, необхідних для аналітичного дослідження надійності аналізатора спектру СК4-56.

1) При оцінці ремонтпридатності аналізатора спектру СК4-56 звичайно визначають числові показники: середній час відновлення, ймовірність відновлення в заданий час.

2) При оцінці безвідмовності необхідно визначати характеристики (функції розподілу) часу безвідмовної роботи системи в цілому чи часу безвідмовного виконання кожної її функції. Це особливо важливо в тих випадках, коли наперед відомий часовий режим роботи системи, а також для вирішення питань технічного обслуговування

системи, оскільки властивості розподілу суттєво впливають на ефективність профілактики.

Коли досліджувана система має структурну надлишковість (відмови і відновлення окремих елементів можуть відбуватися без порушення працездатності системи), в якості вихідних даних повинні задаватися властивості ремонтопридатності елементів.

При деяких умовах закон результуючого розподілу системи в цілому чи за окремими її функціями може бути визначений незалежно від законів розподілу її компонентів, а шукані параметри можуть бути обчислені на базі числових характеристик вихідних розподілів. Однак така оцінка буде лише приблизною. В загальному випадку для визначення як шуканих функцій розподілу, так і показників безвідмовності системи необхідно мати в якості вихідних даних розподіли всіх її компонентів.

Повне знання структури системи – необхідна умова дослідження надійності. Можливі первинні описи структури у вигляді графічного подання, аналітичного чи словесного опису.

Особливості структури аналізатора спектру СК4-56 з точки зору надійності:

- велика кількість компонентів;
- багатофункціональність;
- наявність структурної, інформаційної та інших видів надлишковості;
- складні форми взаємозв'язку компонентів, що не зводяться до послідовно-паралельного з'єднання;
- суттєва роль часових співвідношень відмов окремих компонентів в працездатності і відмовах системи;
- наявність розвинутого технічного обслуговування (зокрема, планового і позапланового відновлення надлишкових компонентів, що відмовили, ще при працездатній системі);

- різні закони розподілів використовуваних компонентів.

На жаль, в даний час неможливо побудувати аналітичний метод, який би дозволив врахувати одночасно всі перелічені особливості. Тому для дослідження системи потрібно використовувати різні методи.

На ефективність аналізатора спектру СК4-56 впливають також умови експлуатації і режим обслуговування.

До умов експлуатації аналізатора спектру СК4-56 відносять значення зовнішніх впливаючих факторів (температура, рівні завад всіх видів, вібрації, забрудненість повітря тощо) і режим роботи (періодичність включення, час безперервної роботи системи в цілому і окремих її компонентів і т.д.). Зовнішні фактори впливають головним чином на показники надійності використовуваних компонентів і відображаються на вихідних даних по компонентах. Режим роботи аналізатора спектру СК4-56 визначається найчастіше режимом роботи керованого економічного об'єкта, який необхідно знати для правильного вибору числових показників надійності системи в цілому чи окремих її функцій.

Під режимом обслуговування розуміють періодичність, тривалість, об'єм і зміст профілактичних робіт по системі та її компонентах. Крім цих даних, для розрахунку надійності необхідно знати модель впливу профілактики на безвідмовність компонентів системи.

Показники надійності - це кількісні характеристики властивостей, які визначають надійність системи.

Якщо показники характеризують одну із властивостей надійності, то вони називаються одиничними. Існують одиничні показники безвідмовності, ремонтпридатності, збережуваності, довговічності.

Якщо показники характеризують одночасно дві (чи більше) властивостей надійності, то вони називаються комплексними. Найчастіше комплексні показники використовують для кількісної оцінки безвідмовності і ремонтпридатності відновлюваних систем.

Ефективність інформаційної системи в значній мірі залежить від рівня її надійності, в першу чергу від рівня її безвідмовності. Досвід експлуатації показує, що рівень надійності систем не завжди відповідає сучасним вимогам, тому дуже актуальною є проблема розробки методів, які б забезпечували необхідні рівні характеристик надійності системи. Надійність системи можна підвищити, використовуючи різні методи. При цьому щоразу слід вибирати придатний метод з врахуванням вартості, вагових, габаритних та інших характеристик системи.

Методи підвищення надійності аналізатора спектру СК4-56 можна класифікувати наступним чином (рис. 1).

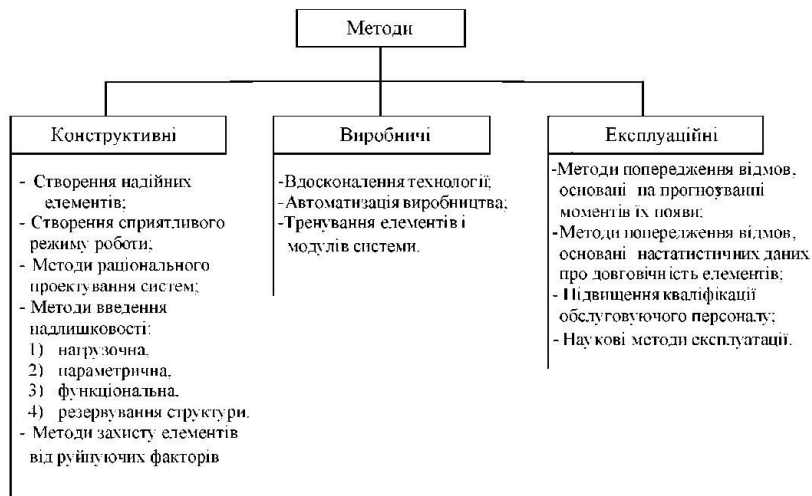


Рис. 1. Класифікація методів підвищення надійності аналізатора спектру СК4-56.

При високій якості обслуговування експлуатаційна надійність аналізатора спектру СК4-56 може підвищуватись в порівнянні з прогнозованою на етапі проектування і виробництва.

Для підвищення надійності аналізатора спектру СК4-56 використовують такі основні методи:

- резервування;
- зменшення інтенсивності відмов;
- зменшення часу безвідмовної роботи;
- зменшення середнього часу відновлення.

Резервування є одним із ефективних способів підвищення надійності аналізатора спектру СК4-56, але завжди пов'язане із збільшенням її габаритів, маси, вартості.

Розглянемо класифікацію методів резервування (табл.

1).

Головними видами резервування є:

- апаратне (елементне);
- функціональне;
- часове;
- інформаційне.

Розрізняють два основних способи з'єднань елементів в систему: послідовне (основне) і паралельне (резервне).

З'єднання елементів називається послідовним, якщо відмова хоча б одного елемента приводить до відмови всієї системи.

Система послідовно з'єднаних елементів працездатна тоді і тільки тоді, коли працездатні всі її елементи. Елементи такої системи називаються основними. Структурна схема системи з послідовно з'єднаними елементами подана на (рис. 2).

Таблиця 1.

**Класифікація методів резервування**

Ознака резервування	Метод резервування
За видом з'єднання основних і резервних елементів	Загальне
	Окреме
	Змішане
	Зі змінною структурою (динамічне)
За навантаженням резервних елементів до їх включення	Навантажене
	Недовантажене (полегшене)
	Ненавантажене
	Зі змінним навантаженням
За способом переключення основних і резервних елементів	З ручним переключенням
	З напівавтоматичним переключенням
	З автоматичним переключенням
За наявністю відновлення елементів	Без відновлення
	З відновленням
За використовуваними параметрами системи	Інформаційне
	Структурне (апаратне, елементне)
	Функціональне
	Часове

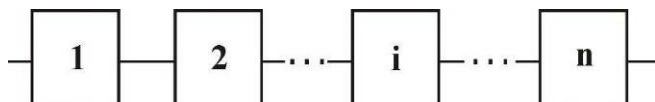


Рис. 2. Послідовне з'єднання елементів.

З'єднання елементів в систему називається паралельним (резервним), якщо відмова в системі настає тільки після відмови всіх елементів. Таким чином, системи з паралельним включенням елементів володіють структурною надлишковістю, що забезпечує підвищення надійності. Спосіб підвищення надійності за рахунок введення структурної надлишковості називається резервуванням.

При правильному виборі способу резервування надійність, в загальному, збільшується, але при цьому збільшуються зусилля на обслуговування, перевірку і профілактику, оскільки потік відмов елементів збільшується за рахунок збільшення числа елементів. Ввід надлишковості за рахунок додаткових функціональних зв'язків збільшує надійність, але цьому процесу суперечить процес зменшення надійності за рахунок безпосереднього збільшення об'єму апаратури. Тому необхідне таке проектування, яке в результаті забезпечило б суттєве підвищення надійності всього виробу.

В резервованій системі розрізняють основний елемент і резервні елементи, які підключені паралельно основному і беруть на себе функції основного елемента в разі відмови (рис. 3).

Основним параметром резервування є його кратність  $m$ -відношення числа резервних елементів до числа основних. Кратність резервування може бути цілою і дробовою. Резервування називається загальним, якщо резервується вся система.

Резервування називається поелементним, якщо резервуються окремо елементи системи. Поелементне резервування порівняно з загальним має ряд переваг:

- дозволяє отримати вищу надійність;
- є можливість резервувати диференційовано "слабі місця" шляхом подальшого поділу підсистем;

- при застосуванні невеликих додаткових апаратних затрат можна ввести індикацію відмов, що суттєво спрощує пошук несправностей.

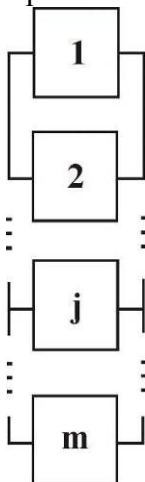


Рис. 3. Паралельне (резервне) з'єднання елементів

Реальні системи часто мають змішану структуру з'єднання елементів, тобто складаються з підсистем, що містять різну кількість послідовних і паралельних елементів.

За способом включення резервних елементів розрізняють постійне резервування і резервування замісництвом. При постійному резервуванні резервні елементи підключаються до основних протягом всього часу роботи і знаходяться в однаковому з ними режимі. У випадку відмови одного елемента його функції продовжує виконувати інший. При резервуванні замісництвом резервні елементи підключаються на місце основного після його відмови і приймають на себе його функції.

Постійне резервування інакше називають "гарячим", резервування замісництвом - "холодним".



При побудові схеми резервування необхідно також враховувати наступні моменти:

- при постійному резервуванні резервний елемент витрачає свій ресурс неперервно;
- підключення резервних елементів може здійснюватись вручну або автоматично;
- можливі різні поєднання методів резервування;
- рекомендується резервування замісництвом застосовувати на рівні великих конструктивних одиниць (наприклад, на рівні блоків) або систем, а постійне резервування - на рівні елементів і деталей.

При включенні резерву замісництвом резервні елементи до моменту включення їх в роботу можуть знаходитись в різних режимах: в режимі навантаженого резерву, коли умови роботи резервних елементів співпадають з умовами роботи основних елементів; в режимі ненавантаженого резерву, коли умови роботи резервних елементів такі, що їх ресурси практично починають використовуватись тільки після включення їх на місце основного. Можливий проміжний полегшений режим роботи резервних елементів, коли резервні елементи знаходяться в стані недовантаження, при цьому їх ресурси в стані резерву витрачаються повільніше, ніж в стані роботи.

Особливе значення для підвищення надійності передачі інформації по каналах зв'язку і надійності обчислювальних комплексів має резервування мажоритарне (з використанням "голосування"). Цей спосіб оснований на використанні додаткового елемента, який називається мажоритарний або логічний, або кворум-елемент. Він дозволяє вести порівняння сигналів, які поступають від елементів, що виконують одну і ту ж функцію.

Резервування по принципу голосування "два з трьох" - будь-які два співпадаючі результати з трьох вважаються істинними і проходять на вихід пристрою. Можна використовувати співвідношення три з п'яти та інш. Головною перевагою цього способу є забезпечення підвищення надійності при будь-яких видах відмов працюючих елементів і підвищення достовірності інформаційно-логічних пристроїв.

За навантаженістю резервних елементів резервування поділяється на такі види:

1. Навантажене резервування - коли резервний елемент знаходиться в тому ж режимі, що й основний елемент.

2. Недовантажене резервування - коли резервний елемент знаходиться в менш навантаженому режимі, ніж основний елемент.

3. Ненавантаженое резервування - коли резервний елемент не несе навантаження (вимкнутий).

4. Резервування із змінним навантаженням - коли резервний елемент у певні моменти часу може знаходитись в одному із заданих станів (навантаженому, полегшеному, ненавантаженому).

Сучасні аналізатори спектру підтримують можливість встановлення надлишкових або резервних пристроїв і автоматичної передачі повноважень справному пристрою від іншого, який відмовив. Надлишково можуть бути встановлені джерела живлень, вентилятори, мережеві адаптери, центральні процесори, жорсткі диски та інші компоненти. Для забезпечення неперервної роботи використовуються інтерфейси з можливістю заміни компонент без зупинки системи. Апаратна надлишковість суттєво підвищує вартість системи, проте ймовірність втрати даних та простоїв системи значно зменшується.

Функціональне резервування - резервування, при якому задана функція може виконуватись різними способами і технічними засобами. Наприклад, функція передачі інформації може виконуватись з використанням радіоканалів, телеграфу, телефону та інших засобів зв'язку. Функціональне резервування призначене для підвищення функціональної надійності. При використанні функціонального резервування ефективність роботи в основному і резервних режимах, як правило, суттєво відрізняється. Тому для оцінки надійності системи з функціональним резервуванням усереднені оцінки безвідмовності (середнє напрацювання на відмову, середній коефіцієнт готовності, ймовірність безвідмовного стану) стають малоінформативними і не зовсім придатними для використання. Найбільш прийнятливими показниками надійності в такому випадку - коефіцієнт ефективності і набір показників технічної надійності ( $P(t)$ ,  $T$ ,  $K_r$ ) для кожного із можливих працездатних станів системи.

Часове резервування - таке планування роботи системи, при якому створюється резерв робочого часу для виконання заданих функцій. Цей резерв може забезпечуватись різними способами. Нехай для виконання деякої операції, наприклад для передачі інформації заданого об'єму, необхідний час  $t$ . При плануванні роботи на цю операцію відводиться час  $(t+t_r)$ , де  $t_r$ -резервний час. Резервний час може бути використаний або для повторення передачі інформації, або для усунення несправності апаратури. Введення  $t_r$  дозволяє підвищити достовірність роботи і знижує кількість відмов, враховуваних при оцінці надійності. Апаратура передачі і прийому інформації може знаходитись в режимі неперервної готовності, але інформацію передає і приймає на великих інтервалах часу періодично. В цьому випадку виникають інтервали часу, на

яких відмови апаратури не приводять до відмови функціонування системи. Таким чином, створюється своєрідний резерв часу. Він може бути використаний для усунення несправностей. Відмови, які виникли на інтервалі цього резервного часу, не враховуються при оцінці надійності.

Інформаційне резервування (надлишковість) - введення надлишкових інформаційних символів при передачі, обробці і відтворенні інформації. Наприклад, зображення цифр з допомогою деяких комбінацій ліній із загального числа семи можливих. Деякі з цих цифр можуть бути відтворені при зниканні однієї з ліній (наприклад, 1, 2, 4), а значення цифри сприйняте без спотворення. Значення інших цифр (наприклад, 8, 6) спотворюється при одиничній відмові. Тому можна стверджувати, що при зображенні цифр 1, 2, 4 в даному випадку має місце інформаційна надлишковість (резервування), що дозволяє підвищити надійність у відтворенні інформації. До категорії інформаційної надлишковості відноситься також кодування інформації з використанням додаткових розрядів, які дозволяють виявити і навіть усунути помилки в передачі інформації (коректуючі коди).

### **Література:**

1. ДСТУ 2940-94. Системи оброблення інформації. Керування процесами оброблення даних. Терміни та визначення. - К.: Держстандарт України. - 1995. - 28 с.
2. ДСТУ 2566-94. Засоби радіоелектронні. Надійність резервованих систем. Загальні положення. - К.: Держстандарт України. - 1995. - 27 с.