

Тема 8 . Забезпечення надійності технічних систем

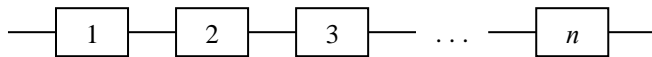
План

1. Оптимізація резервування технічних систем.
2. Переваги резервування при забезпеченні надійності технічних систем.
3. Недоліки резервування технічних систем.

1. Оптимізація резервування технічних систем.

Використання різних способів резервування передбачає забезпечення необхідної надійності виробів. Однак виникає задача якою ціною це досягається. Бажано забезпечувати необхідний рівень надійності шляхом резервування при мінімальних економічних витратах на додаткові елементи системи і їх з'єднання. Таким чином постає питання оптимізації резервування по економічному, а може і якимось іншими критеріями.

Необхідність оптимізації резервування можна пояснити наступним чином якщо ми маємо основне з'єднання елементів тобто послідовне, то:



$$P_c = \prod_{i=1}^n P_i,$$

де P_i – ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента (підсистеми)

Якщо отримана ймовірність безвідмовної роботи системи P_c не задовольняє необхідній P_0 .

$$P_c < P_0,$$

то шляхом використання резервування треба підвищити надійність до бажаного рівня.

Якщо допустити, що відома залежність ймовірності безвідмовної роботи окремого елемента (підсистеми) від кількості так чи інакше підключаємих резервних елементів (підсистеми), тобто $P_i(x_i)$.

Тоді для випадку коли для i -го елемента (підсистеми) використано $x_i \geq 0$ резервних елементів, ймовірність безвідмовної роботи можна представити залежністю:

$$P(X) = \prod_{i=1}^n P_i(x_i),$$

де X – вектор з компонентами x_i тобто:

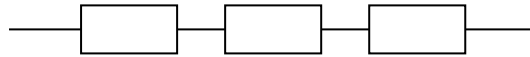
$$X = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$$

Звідсіля видно, що є багато рішень які можуть задовольнити умові:

$$P(X) \geq P_0$$

Це говорить про неоднозначність можливих рішень і про необхідність пошуку оптимального резервування.

Допустимо, що система складається з трьох послідовно з'єднаних елементів:



Для кожного з елементів системи справедлива функція $P_i(x_i)$ яка визначається рівнянням:

$$P_i(x_i) = 1 - F_i^{x_i + 1},$$

де F_i – ймовірність відмови i -го елемента.

x_i – кількість резервних елементів для i -го елемента.

Якщо прийняти, що:

$$\left. \begin{array}{l} q_1=0,1 \\ q_2=0,2 \\ q_3=0,3 \end{array} \right\} \text{ймовірності відмов елементів}$$

$P_0=0,95$ – необхідне значення ймовірності безвідмовної роботи системи

Складемо таблицю залежностей P_i від x_i

Таблиця

Кількість резервних елементів, x_i	$P_1(x_1)$	$P_2(x_2)$	$P_3(x_3)$
0	0,9	0,8	0,7
1	0,99	0,96	0,91
2	0,999	0,99	0,973
3	0,999	0,9984	0,9919
4	-	0,99968	0,99757
5	-	0,999936	0,999271
6	-	-	0,999781
7	-	-	-

Необхідні значення $P(X) \geq P_0$ можна отримати наступним чином:

1. Довільно вибираємо x_1 з такою умовою щоб: $P_1(x_1) > P_0$

2. Потім вибираємо таке значення x_2 , щоб $P_2(x_2) > \frac{P_0}{P_1(x_1)}$

3. Находимо x_3 з умови: $P_3(x_3) > \frac{P_0}{P_1(x_1) \cdot P_2(x_2)}$

Візьмемо для прикладу, що $x_1=1$ при якому $P_1(x_1)=0,99$ (див. табл..) і знайдемо:

$$P_2 = \frac{P_0}{P_1(1)} = \frac{0,95}{0,99} = 0,9595$$

Тобто і якості x_2 можна вибрати $x_2 \geq 1$ так, як $P_2(1) > 0,9595$ (табл.. отриманого розрахунком) $P_2=0,96$

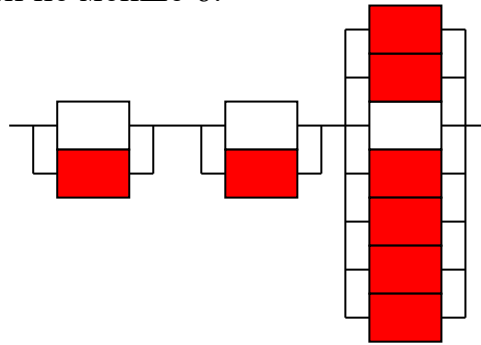
Розрахуємо P_3

$$P_3 = \frac{P_0}{P_1(1) \cdot P_2(1)} = \frac{0,95}{0,96 \cdot 0,99} = 0,99958$$

Як видно з таблиці x_3 може бути не менше 6.

Виходячи з цього маємо:

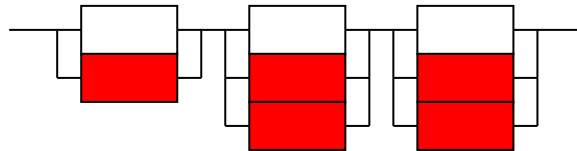
$$X_I = [1, 1, 6]$$



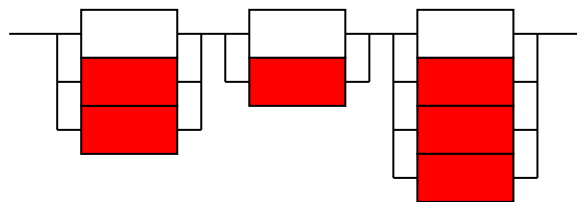
Така система забезпечує необхідний рівень надійності (ймовірності безвідмовної роботи), але по аналогії можуть бути отримані й інші варіанти систем, які забезпечують необхідний рівень.

Наприклад:

$$X_{II} = [1, 2, 2]$$



$$X_{III} = [2, 1, 3]$$



Виникає проблема: якому із рішень надати перевагу? Щоб вирішити питання треба встановити відповідний критерій переваги.

Можна, наприклад, вважати, що найкращий варіант той, що включає в систему найменшу кількість елементів. Тоді стосовно розглянутого прикладу це буде варіант X_{II} , де задіяно 5 елементів.

Якщо в якості критерію вибрати економічний, пов'язаний з додатковими витратами на резервування, то вибір системи буде залежати від вартісних затрат на елементи. Допустимо, що вартість резервованих елементів буде мати значення:

$$C_1 = 1 \text{ од.};$$

$$C_2 = 2 \text{ од.};$$

$$C_3 = 0,5 \text{ од.}$$

Тоді, розглядаючи отримані варіанти X_I , X_{II} і X_{III} , маємо, що вартість

$$I - 6 \text{ од.};$$

$$II - 6 \text{ од.};$$

$$III - 5,5 \text{ од.}$$

Таким чином, при економічному критерії найкращим буде варіант X_{III} .

2. Переваги резервування при забезпеченні надійності технічних систем.

Отже, аналізуючи вище сказане, можна сформулювати 2 задачі оптимального резервування

1. Забезпечити необхідний заданий рівень ймовірності безвідмовної роботи системи, яка складається із n послідовно з'єднаних елементів (підсистем) при умові, що додаткові затрати будуть мінімально можливими, тобто знайти $\min C(X) = \min \sum_{i=1}^n C_i x_i$ при

$$\text{умові, що } P(X) = \prod_{i=1}^n P_i(x_i) \geq P_0.$$

2. Забезпечити максимально можливе значення ймовірності безвідмовної роботи системи, яка складається з n послідовно з'єднаних елементів (підсистем) при умові, що додаткові затрати не будуть перебільшувати деякого заданого значення, тобто:

$$\max P(X) = \max \prod_{i=1}^n P_i(x_i) \text{ при умові } C(X) = \sum_{i=1}^n C_i x_i \leq C_0.$$

Такі двоякі задачі оптимального резервування можна вирішувати різними методами.

Розглянемо методи резервування, які знайшли широке застосування при забезпеченні надійності технічних систем технічного сервісу:

1. Простого перебору варіантів (він і був вище використаний).
2. Невизначених множників Лагранжа.
3. Випуклого програмування.
4. Лінійного програмування.
5. Динамічного програмування.

3. Недоліки резервування технічних систем.

Недоліки резервування технічних систем, якими є машини та комплекси обладнання технічного сервісу пов'язані, насамперед, із збільшенням ваги, об'єму, вартості систем.

Але, крім цього суттєвим є природні обмеження, які заважають нескінченному збільшенню резервних елементів. Прикладом є підприємства технічного сервісу, комплекси машин та обладнання в аграрній сфері і тваринництві.

Необхідно оптимізувати кількість резервних елементів тільки з точки зору їх надійності незважаючи на все інше.

Та обставина, що елемент конструкції може помилково спрацювати, пояснює, чому використання великої кількості резервних елементів може

бути небажаним з точки зору надійності. Само спрацювання елементів (від вібрації, дії зовнішнього середовища тощо) може призвести до відмови системи і обмежує ступінь резервування в розумних границях. В цілому – це складна проблема.

Необхідно пам'ятати також обґрунтування виграшу надійності, коли ми говоримо про недоліки різних видів резервування технічних систем.

Поняття „неправильного функціонування” включає в себе всі градації від повної відмови до функціонування, яке виходить за межі технічного завдання.