06 Резервування

Резервування – це спосіб забезпечення надійності об'єкта за рахунок використання додаткових засобів та (або) можливостей, надлишкових відносно мінімально необхідних для виконання потрібних функцій.

У залежності від виду додаткових засобів резервування поділяється на:

- структурне;
- часове;
- інформаційне;
- функціональне.

Структурне резервування потребує наявності додаткових апаратурних компонентів (об'єкта в цілому – при загальному резервуванні, окремих складових елементів (вузлів, блоків) об'єкта – при роздільному резервуванні) і передбачає три способи включення резерву: постійне, заміщенням і ковзне.

Постійне резервування потребує функціонування резервних елементів об'єкта в тому ж режимі, що і основних, і тому їх ресурс витрачається з моменту включення в роботу об'єкта в цілому.

Резервування заміщенням передбачає передавання функцій резервному елементу тільки після відмови основного. При цьому обов'язкова наявність пристроїв комутації для підключення резервних елементів замість тих, що відмовили. Якщо об'єкт включає декілька груп однотипних основних елементів, то для резервування достатньо мати один або декілька резервних елементів. У цьому випадку резервування називають ковзним.

Елементи для резервування заміщенням або ковзним можуть знаходитись в одному з трьох режимів: навантаженому, полегшеному або ненавантаженому.

Резервування звичайно реалізується шляхом включення одного або декількох додаткових елементів, які підключаються паралельно в структурній схемі надійності. У цьому випадку ймовірність відмови дорівнює

$$Q_s(t) = \prod_{j=1}^{m} Q_j(t), \tag{1.58}$$

а ймовірність безвідмовної роботи

$$P_s = 1 - Q_s(t) = 1 - \prod_{j=1}^{m} Q_j(t). \tag{1.59}$$

Якщо інтенсивності відмов резерву та основного блока однакові, то

$$Q_s(t) = Q_j^m(t). \tag{1.60}$$

Якщо маємо n послідовно з'єднаних елементів, кожен з яких має m резервних елементів, то одержуємо так зване *роздільне резервування.*

Ймовірність безвідмовної роботи окремого резервованого елемента системи

$$P_j = 1 - \prod_{i=1}^{m+1} (1 - P_{ij}), \tag{1.66}$$

а всієї системи при роздільному резервуванні

$$P_s = \prod_{j=1}^{n} P_j = \prod_{j=1}^{n} [1 - \prod_{i=1}^{m+1} (1 - P_{ij})] . \qquad (1.67)$$

При однаковій надійності усіх елементів маємо

$$P_s = [1 - (1 - P_э)^{m+1}]^n . \qquad (1.68)$$

Приклад 1. Розрахувати показник безвідмовності РЕП, структурна схема надійності якого наведена на рис. 1.8, ймовірності безвідмовної роботи елементів $P_1 = 0,99; P_2 = 0,97; P_3 = 0,9$. Відмови незалежні.

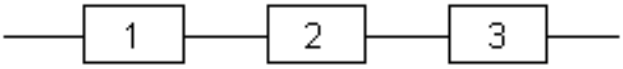

Рис. 1.8

Розв'язання.

Маємо нерезервовану не відновлювану схему ЗВТ. Для послідовно з'єднаних елементів ймовірність безвідмовної роботи визначиться як

$$P(t) = P_1 P_2 P_3 = 0,99 \cdot 0,97 \cdot 0,9 = 0,86(427) .$$

Приклад 2. Розрахувати показники безвідмовності ЗВТ, ССН якого наведена на рис. 1.9, ймовірності безвідмовної роботи елементів $P_1 = 0,99; P_2 = 0,97; P_3 = 0,9$. Відмови незалежні.

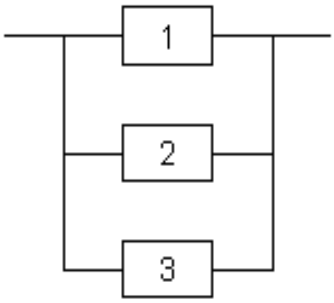

Рис. 1.9

Розв'язання.

Маємо резервовану не відновлювану схему ЗВТ. Для паралельно з'єднаних елементів ймовірність відмови визначиться як

$$Q(t) = Q_1 Q_2 Q_3 = (1-P_1)(1-P_2)(1-P_3) = 0,01 \cdot 0,03 \cdot 0,1 = 0,00003 .$$

Ймовірність безвідмовної роботи

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - 0,00003 = 0,99(997) .$$

Приклад 3. Розрахувати показники безвідмовності РЕП, ССН якого наведена на рис. 1.10, ймовірності безвідмовної роботи елементів $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 0,9$. Відмови незалежні.

Розв'язання.

Для послідовно з'єднаних елементів

$$Q_{1,2} = (1 - P_{1,2}) = 1 - P_1 P_2 = 1 - 0,9 * 0,9 = 1 - 0,81 = 0,19 .$$

$$Q_{3,4} = (1 - P_{3,4}) = 1 - P_3 P_4 = 1 - 0,9 * 0,9 = 1 - 0,81 = 0,19 .$$

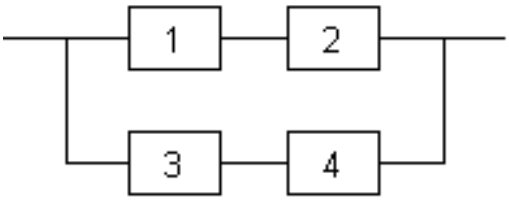

Рис. 1.10

Для паралельно з'єднаних елементів

$$Q(t) = Q_{1,2} * Q_{3,4} = 0,19 * 0,19 = 0,0361 .$$

$$P(t) = 1 - Q(t) = 1 - 0,0361 = 0,99(39) .$$

Приклад 4. Розрахувати показники безвідмовності РЕП, ССН якого наведена на рис. 1.11, ймовірності безвідмовної роботи елементів $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = 0,9$. Відмови незалежні.

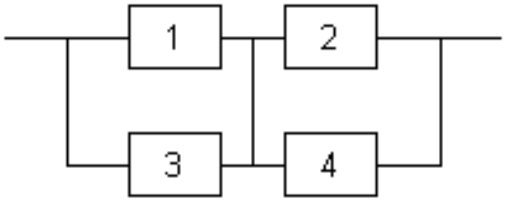

Рис. 1.11

Розв'язання.

Для паралельно з′єднаних елементів

$$P_{1,3} = 1 - Q_{1,3} = 1 - Q_1 Q_2 = 1 - (1-P_1)(1-P_3) = 1 - (1-0,9)(1-0,9) = 1 - 0,1 \cdot 0,1 = 1 - 0,01 = 0,99 .$$

$$P_{2,4} = 1 - Q_{2,4} = 1 - Q_2 Q_4 = 1 - (1-P_2)(1-P_4) = 1 - (1-0,9)(1-0,9) = 1 - 0,1 \cdot 0,1 = 1 - 0,01 = 0,99$$

.

Для послідовно з'єднаних ланок елементів

$$P(t) = P_{1,3} P_{2,4} = 0,99 \cdot 0,99 = 0,98(01) .$$

Приклад 5. Розрахувати показники безвідмовності РЕП, ССН якого наведена на рис. 1.12, ймовірності безвідмовної роботи елементів $P_1 = P_2 = P_3 = P_4 = P_5 = 0,9$. Відмови незалежні.

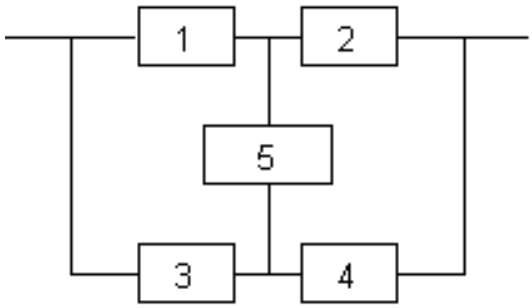

Рис. 1.12

Розв'язання.

Використаємо теорему про суму ймовірностей незалежних подій, при цьому ССН розглянемо, як "композицію" ССН прикладів 1.17 та 1.18, коли елемент 5 відповідно непрацездатний ($P_5 = 0$) та працездатний ($P_5 = 1$).

Тоді можна записати

$$P(t) = P_{1.11}(1 - P_5) = P_{1.12}P_5 = 0,9939(1 - 0,9) + 0,9801 \cdot 0,9 = 0,09939 + 0,88209 = 0,98(148)$$