

# Тема 4. Розрахунок надійності резервованих систем, які не відновлюються

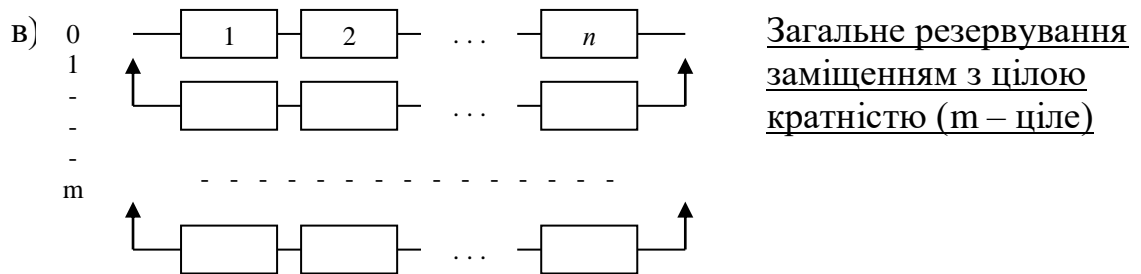
## План

### 1. Способи резервування.

### 2. Рекомендації до розрахунків систем з резервуванням.

#### 1. Способи резервування (схеми в, г, д, е).

Проведемо аналіз наступних схем надійності технічних систем технічного сервісу. Проведемо аналіз надійності технічної системи загальним резервуванням заміщенням з цілою кратністю.



Для експоненціального закону надійності:

- ненавантажений резерв

$$P_c(t) = e^{-\lambda_0 t} \sum_{i=0}^m \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!} \quad (3)$$

$$T_{cpc} = T_{cpo} (m + 1)$$

де  $\lambda_0$ ,  $T_{cpo}$  – інтенсивність відмов і середній наробіток до першої відмови основного (нерезервованого) об'єкта.

- недовантажений резерв

$$P_c(t) = e^{-\lambda_0 t} \left[ 1 + \sum_{i=1}^m \frac{a_i}{i!} (1 - e^{-\lambda_1 t})^i \right] \quad (4)$$

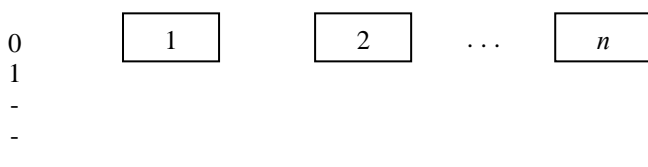
$$T_{cpc} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^m \frac{1}{1 + ik}$$

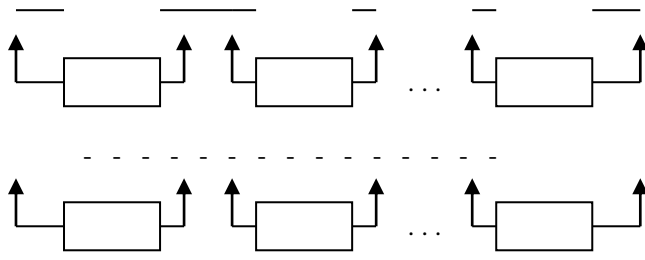
де  $a_i = \prod_{j=0}^{i-1} \left( i + \frac{\lambda_0}{\lambda_1} \right), \quad k = \frac{\lambda_1}{\lambda_0}$

$\lambda_1$  – інтенсивність відмов резервного виробу до заміщення.

- при навантаженому резерві формули співпадають з (1 і 2) (лекція №3)

г) наступна схема надійності технічної системи з роздільним резервуванням



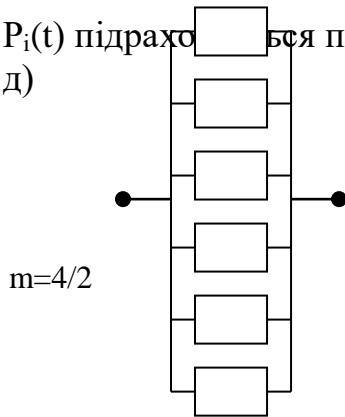


Роздільне резервування  
заміщенням з цілою  
кратністю (m – ціле)

$$P_c(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t)$$

$P_i(t)$  підраховується по формулам (3 і 4)

д)



Загальне резервування з дробною кратністю і  
постійно включеним резервом

$$P_c(t) = \sum_{i=0}^{l-h} C_l^i P^{l-i}(t) \sum (-1)^i C_l^i P_0^i(t)$$

$$T_{cpc} = \frac{1}{\lambda_0} \sum_{i=0}^{e-h} \frac{1}{h+i}$$

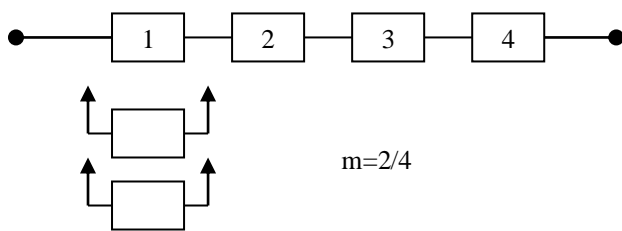
де  $P_0(t)$  – ймовірність безвідмовної роботи основного або любого резервного елемента;

$l$  – загальне число основних і резервних систем;

$h$  – число систем необхідних для нормальної роботи резервної системи.

$$m = \frac{l-h}{h}$$

е)



Роздільне резервування  
заміщенням з дробною  
кратністю  
(ковзаюче резервування)

для експоненціального закону:  $P_c(t) = e^{-\lambda_0 t} \sum_{i=0}^{m_0} \frac{(\lambda_0 t)^i}{i!}$  (майже співпадає з (3))

$$T_{cpc} = T_{cpo} (m+1) \text{ (співпадає з (4))}$$

$\lambda_0 = n \cdot \lambda$  – інтенсивність відмов нерезервованої системи;

$\lambda$  – інтенсивність відмови елемента;

$n$  – число елементів основної системи;

$T_{cpo}$  – середній час безвідмовної роботи нерезервованої системи;

$m_0$  – число резервних елементів.

В цьому випадку  $m = m_0/n$

## 2. Рекомендації до розрахунків систем з резервуванням.

У випадках коли технічні рішення не приводять до логічних схем розрахунків на надійність (не можна побудувати структурні схеми) необхідно використовувати метод перебору сприятливих гіпотез (варіантів). Тоді ймовірність безвідмовної роботи складної технічної системи технічного сервісу розраховується згідно формули:

$$P_c(t) = \sum_{i=1}^k P_i(t)$$

де  $P_i(t)$  – ймовірність  $i$ -ї сприятливої гіпотези;  
 $k$  – число сприятливих гіпотез.

При порівнянні конструктивних варіантів систем доцільно використовувати показник виграшу надійності ( $G$ ).

$$G = \frac{\text{кількісна характеристика надійності резервованої системи}}{\text{кількісна характеристика надійності нерезерованої системи}}$$

$G_F(t)$  – виграш по ймовірності відмов;

$G_P(t)$  – виграш по ймовірності безвідмовної роботи;

$G_T$  – виграш по середньому часу безвідмовної роботи.

За результатами отриманого результату виграшу надійності технічної системи технічного сервісу можна розробляти заходи, що направлені на забезпечення працездатності, відповідності одиничним і комплексним показникам надійності згідно нормативно-технічної документації на використання машин.

Ефективним способом забезпечення надійності технічної системи технічного сервісу є використання різноманітних способів резервування, які розглянути в першому пункті лекції. Найбільш ефективними схемами є різні схеми роздільного резервування.