

Практична робота №6
РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ РЕЗЕРВОВАНОЇ СИСТЕМИ
ПРИ ЗАГАЛЬНОМУ РЕЗЕРВУВАННІ В РЕЖИМІ НАВАНТАЖЕНОГО ТА
НЕНАВАНТАЖЕНОГО РЕЗЕРВУ БЕЗ ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ

Теоретичні відомості

Для розрахунку надійності технічної системи необхідно мати модель надійності системи, яка складається на основі функціональної (електричної) схеми системи. При цьому допускаються припущення, що:

- 1) кожний елемент та система в цілому можуть знаходитись в одному з двох станів: працездатному, або непрацездатному;
- 2) відмови елементів системи є подіями випадковими та неза-лежними;
- 3) одночасно два або більше елементів відмовити не можуть;
- 4) середнє напрацювання до відмови елементів системи роз-поділене по експонентному закону.

На логічних схемах, як правило, використовують три способи з'єднання елементів:

- послідовний;
- паралельний;
- послідовно-паралельний.

Послідовне з'єднання відповідає випадку, коли безвідмовна робота системи забезпечується при умові збереження працездатності усіма елементами послідовного з'єднання (див. рис.6.1,а).

При послідовному логічному з'єднанні ймовірність безвідмовної роботи системи за час t дорівнює:

$$P_c(t) = P_1(t)P_2(t) \cdots P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t),$$

де $P_i(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента системи за час t ; n – кількість послідовно з'єднаних елементів системи.

Ймовірність безвідмовної роботи елемента системи за час t визначається експоненційною залежністю:

$$P_i(t) = e^{-\lambda_i t},$$

де λ_i – інтенсивність відмов i -го елемента, год⁻¹;

t - час роботи елемента.

Паралельне з'єднання відповідає випадку, коли відмова одного чи навіть декількох елементів не приводить до відмови системи в цілому. Показники надійності при паралельному з'єднанні на логічній схемі розраховуються за формулами з врахуванням режиму роботи резервних елементів.

При паралельному навантаженому з'єднанні елементів (див. рис. 6.1,б) ймовірність відмови системи дорівнює:

$$Q_c(t) = q_1(t)q_2(t) \cdots q_k(t) = \prod_{j=1}^k q_j(t),$$

де $q_j(t)$ – ймовірність відмови j -го елемента за час t ,

k – кількість паралельно з'єднаних на логічній схемі елементів

Оскільки ймовірність відмови і ймовірність безвідмовної роботи зв'язані між собою співвідношенням:

$$q_j(t) = 1 - P_j(t),$$

то ймовірність відмови системи за час t дорівнює:

$$Q_c(t) = \prod_{j=1}^k q_j(t) = \prod_{j=1}^k [1 - p_j(t)].$$

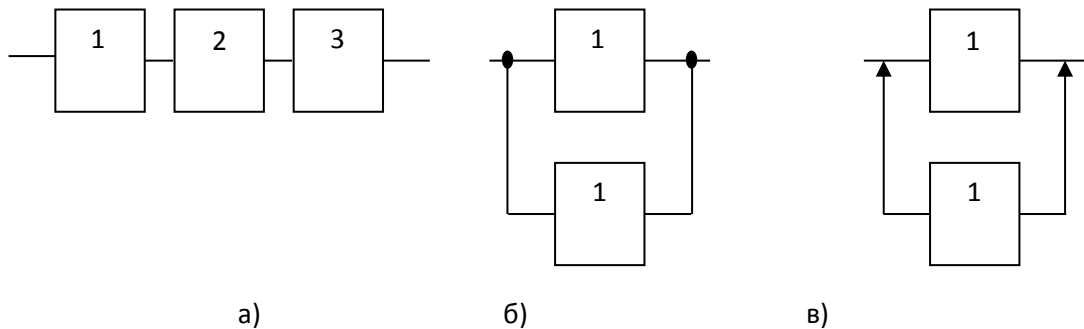


Рис. 6.1

Ймовірність безвідмовної роботи системи, складеної з паралельно з'єднаних навантажених елементів, дорівнює:

$$P_c(t) = 1 - Q_c(t) = 1 - \prod_{j=1}^k [1 - p_j(t)].$$

У випадку рівно надійних елементів системи, з'єднаних паралельно:

$$P_c(t) = 1 - [1 - p(t)]^k.$$

Паралельне **ненавантажене** з'єднання відповідає випадку, коли при відмові основного елемента системи включається в роботу черговий резервний елемент і таким чином система зберігає свою працездатність.

При паралельному ненавантаженому з'єднанні елементів (див. рис.6.1,в) ймовірність безвідмовної роботи системи у випадку експоненційного розподілу напрацювання до відмови та рівно-надійних елементах дорівнює:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_0 t} \cdot \sum_{j=0}^k \frac{(\lambda_0 t)^j}{j!},$$

де λ_0 – інтенсивність відмов одного із k паралельно з'єднаних на логічній схемі надійності елементів.

В якості приклада розглянемо систему, логічна схема надійності якої показана на рис. 6.2.

Вхідні дані цієї системи :

Інтенсивність відмов елементів дорівнює: $\lambda_1 = 0,5 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$;
 $\lambda_2 = 2 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ і $\lambda_3 = 7 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$

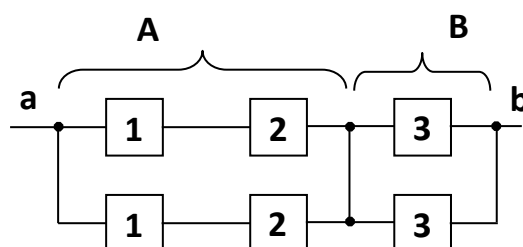


Рис. 6.2

Режим роботи резервних елементів – навантажений.

Потрібно оцінити виграш в надійності системи при вказаній схемі резервування за час $t = 100$ год.

Оцінку виграшу в ймовірності відмови резервованої системи за час t в порівнянні з основною зробити у формі відношення ймовірностей відмови основної та резервованої системи.

Завдання

Розрахувати ймовірність безвідмовної роботи технічної системи з резервуванням на протязі часу напруження t . Оцінити виграш в надійності резервованої системи в порівнянні з основною (нерезервованою) системою. Однотипні резервні елементи системи вважати рівно надійними.

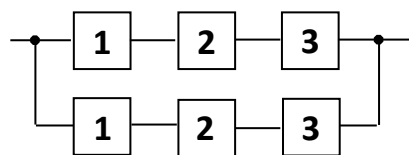
Дані про інтенсивності відмов елементів системи, режими роботи резервних елементів, та номер рисунка логічної схеми наведені в табл. 6.1. Причому, таблиця 4 розділена на 3 підтаблиці, в заголовку яких вказано № рисунка (Рис. 6.3, 6.4, 6.5) та рядом з номером варіанта в дужках вказана літера (а,б,в,г,д,е,ж,з,л) номера схеми на цьому рисунку.

Таблиця 6.1

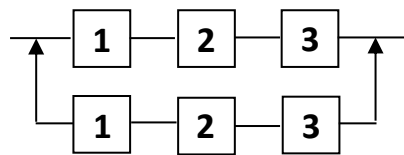
Параметр	Варіант (Рис.6.3)									
	1(а)	2(в)	3(д)	4(ж)	5(к)	6(б)	7(г)	8(е)	9(з)	10(л)
$\lambda_1 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	2	10	12	8	8	2	3	13	15	10
$\lambda_2 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	3	8	3	2	7	5	5	3	4	1
$\lambda_3 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	5	10	2	12	0,5	7	2	2	8	3
t , год	100	200	300	400	500	500	100	300	500	300
Резерв	Навантажений					Ненавантажений				

Параметр	Варіант (Рис. 6.4)									
	11(а)	12(в)	13(д)	14(ж)	15(к)	16(б)	17(г)	18(е)	19(з)	20(л)
$\lambda_1 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	0,1	9	1,2	9	6	2	8	7	6	0,3
$\lambda_2 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	0,2	5	2	2	2	3	4	8	0,8	5
$\lambda_3 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	2	1	0,1	7	1	9	1,5	2	8	0,7
t, год	400	300	500	200	100	150	500	100	200	300
Резерв	Навантажений					Ненавантажений				

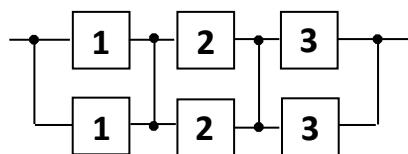
Параметр	Варіант (Рис. 6.5)									
	21(а)	22(в)	23(д)	24(ж)	25(к)	26(б)	27(г)	28(е)	29(з)	30(л)
$\lambda_1 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	1,5	2	0,8	0,5	10	1,5	2	1	0,6	5
$\lambda_2 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	18	9	7	12	15	18	9	9	8	5
$\lambda_3 \cdot 10^5 \text{год}^{-1}$	1,2	10	9	25	18	1,2	10	8	22	7
t, год	400	300	500	200	100	150	500	100	200	300
Резерв	Навантажений					Ненавантажений				



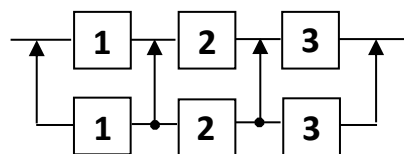
а)



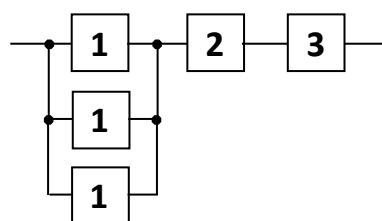
б)



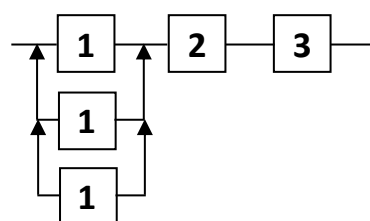
в)



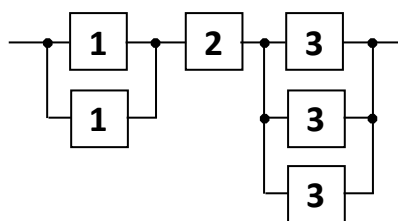
г)



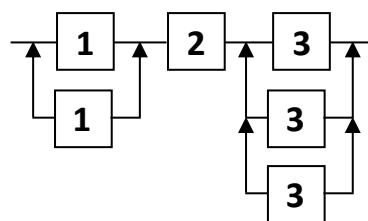
д)



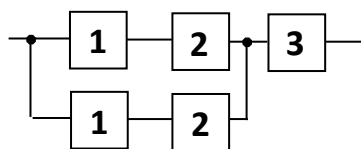
е)



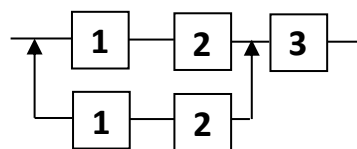
ж)



з)

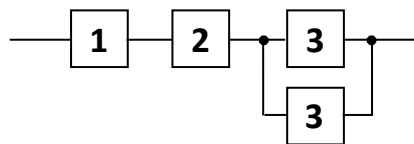


к)

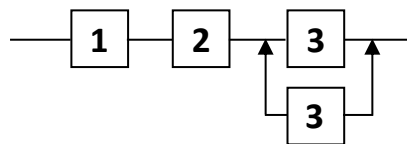


л)

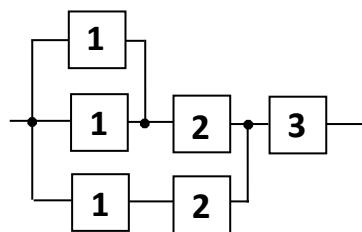
Рис. 6.3



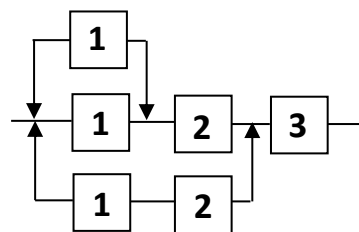
а)



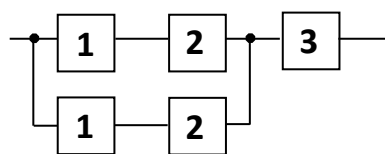
б)



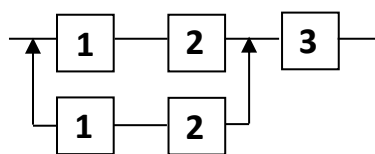
в)



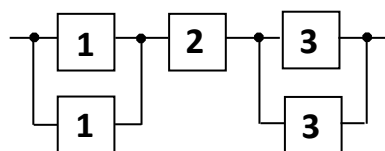
г)



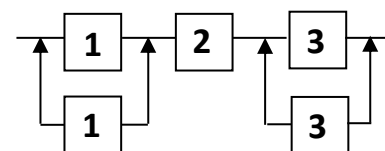
д)



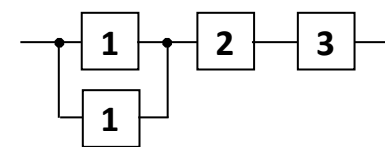
е)



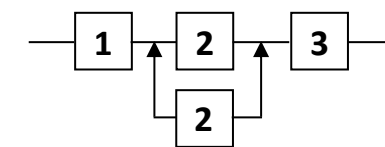
ж)



з)



к)



л)

Рис. 6.4

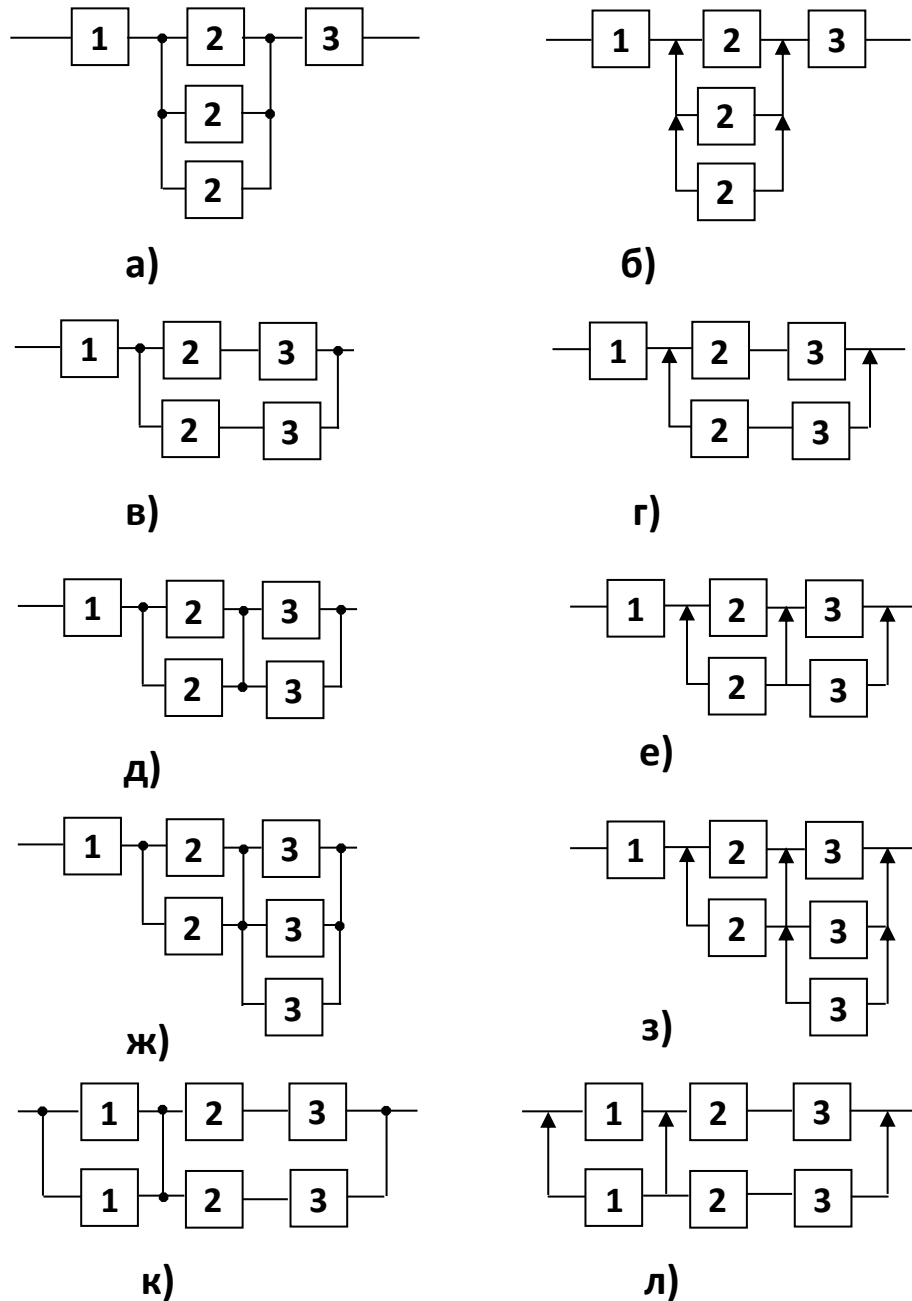


Рис.6.5

Приклад розв'язання

Критерієм відмови системи вважається розрив зв'язку між точками *a* і *b* в логічній схемі надійності.

Розрахунок надійності системи проводиться в такій послідовності:

1) поділимо логічну схему надійності системи на дві частини, як це показано на рис.6.2. Визначимо ймовірність безвідмовної роботи кожної з цих частин;

2) ймовірність безвідмовної роботи резервованої частини *A*, що складається з двох послідовно з'єднаних елементів 1 та 2, дорівнює:

$$P_A(t) = 1 - [1 - p_1(t) \cdot p_2(t)]^2.$$

3) ймовірність безвідмовної роботи резервованої частини *B* системи, що складається з паралельно з'єднаних елементів 3 визначається аналогічно:

$$P_B(t) = 1 - [1 - p_3(t)]^2.$$

4) ймовірність безвідмовної роботи системи в цілому за час *t* буде:

$$P_{рез}(t) = P_A(t) \cdot P_B(t) = \{1 - [1 - p_1(t) \cdot p_2(t)]^2\} \cdot \{1 - [1 - p_3(t)]^2\}$$

Підставивши значення $P_1(t)$, $P_2(t)$ та $P_3(t)$ для часу $t = 100$ год у даний вираз, визначимо ймовірність безвідмовної резервованої системи за час $t = 100$ год:

$$P_{рез}(100) = [1 - (1 - e^{-2,5 \cdot 10^{-4} \cdot 100})^2] [1 - (1 - e^{-7 \cdot 10^{-4} \cdot 100})^2] = 0,9948$$

5) для оцінки виграшу в ймовірності відмови за час $t = 100$ год. в порівнянні з основною системою необхідно визначити ймовірність безвідмовної роботи основної (нерезервованої) системи, тобто без врахування резервних елементів.

Оскільки в основній системі основні елементи з'єднані між собою послідовно, то ймовірність безвідмовної роботи системи за час t буде дорівнювати:

$$P_{осн}(t) = P_1(t) \cdot P_2(t) \cdot P_3(t)$$

Підставивши значення $P_1(t)$, $P_2(t)$, $P_3(t)$ для часу $t = 100$ год, одержимо:

$$P_{осн}(100) = e^{-9,5 \cdot 10^{-4} \cdot 100} = 0,9094.$$

6) оцінку виграшу в ймовірності відмови резервованої системи за час $t = 100$ год. в порівнянні з основною системою визначимо по співвідношенню:

$$B = \frac{1 - P_{осн}(100)}{1 - P_{рез}(100)} = \frac{0,0906}{0,0052} = 17,42$$