

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут”

Кафедра приладів і систем орієнтації і навігації

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять

«Випробування і діагностика приладів та систем-2»

для студентів напрямку підготовки 6.051003 - “Приладобудування”
приладобудівного факультету
спеціальності: 7.05100303 та 8.05100303 – прилади і системи
орієнтації та навігації

Затверджено Вченою радою ПБФ НТУУ “КПІ”

Київ – 2015

Випробування і діагностика приладів та систем-2: методичні вказівки до виконання практичних занять для студентів напряму підготовки 6.051003 – "Приладобудування", спеціальності: 7.05100303 та 8.05100303 – прилади і системи орієнтації та навігації / Уклад.: В.В. Аврутов – К.: НТУУ "КПІ", 2015. – 15 с.

*Гриф надано Вченою радою ПБФ НТУУ "КПІ"
(Протокол № _____ від __.__._____)*

Методичні вказівки є практичною частиною комплексу навчально-методичних матеріалів з дисципліни «Випробування і діагностика приладів та систем-2» для студентів приладобудівного факультету які навчаються за програмою освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» (спеціальність: 7.05100303) та «магістр» (спеціальність: 8.05100303) – прилади і системи орієнтації та навігації.

В матеріалах методичних вказівок наведені матеріали для проведення практичних занять стосовно тематиці розділу «Діагностика і надійність приладів та систем».

Укладач:

Аврутов Вадим Вікторович,
канд. техн. наук, доц.

Відповідальний
редактор

Н.І. Бурау, докт. техн. наук, проф.

Рецензент

І.В. Коробко, докт. техн. наук, проф.

ЗМІСТ

Передмова	4
1. Показники надійності невідновних об'єктів.....	5
2. Розрахунок надійності систем.....	7
3. Таблиці стану або таблиці функцій несправностей.....	10
Література	15

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки складені відповідно до чинної робочої навчальної дисципліни кредитного модуля "Випробування і діагностика приладів та систем-2" для студентів приладобудівного факультету які навчаються за програмою освітньо-кваліфікаційного рівня «спеціаліст» (спеціальність: 7.05100303) та «магістр» (спеціальність: 8.05100303) – прилади і системи орієнтації та навігації.

Метою даного навчального видання є допомога студентам в освоєнні теоретичного матеріалу та надбанні необхідних практичних навичок в розрахунках показників надійності та використання методів діагностики в процесі виконання практичних занять.

Виконання практичних занять сприятиме закріпленню, поглибленню та узагальненню теоретичних основ курсу, а також сприятиме розвитку навичок самостійної творчої роботи студентів у процесі їх навчання.

Методичні вказівки містять стислі теоретичні відомості стосовно тематиці розділу, приклади виконання практичних занять та завдання для різних варіантів практичних занять.

3). Визначимо середнє число справно працюючих виробів в інтервалі Δt :

$$N_{cp} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2} = \frac{200 + 100}{2} = 150.$$

4). Визначимо частоту відмов:

$$\bar{a}(\Delta t) = \frac{n(\Delta t)}{N_0 \cdot \Delta t} = \frac{100}{400 \cdot 100} = 2,5 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{час}}.$$

5). Визначимо інтенсивність відмов:

$$\bar{\lambda}(\Delta t) = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t} = \frac{100}{150 \cdot 100} = 6,7 \cdot 10^{-3} \frac{1}{\text{час}}.$$

1.4.

На випробування поставлено 1000 однотипних елементів. За перші 500 годин відмовило 35 елементів; за період 500÷1500 годин – ще 50 елементів.

Визначити:

- 1.Інтенсивність відмов елементів за кожний період випробувань.
- 2.Інтенсивність відмов за весь час випробувань.
- 3.Середнє напрацювання на відмову за весь час випробувань.

1) Інтенсивність відмов елементів за перший період випробувань

$$\bar{\lambda}_1 = \frac{n(t_1)}{N_{cp1} \cdot t_1}, \quad \text{де } N_{cp1} = \frac{N_i + N_{i+1}}{2}, \quad N_i = N_0 = 1000,$$

$$N_{i+1} = N_i - n(t_1) = 1000 - 35 = 965.$$

$$\bar{\lambda}_1 = \frac{n(t_1)}{N_{cp1} \cdot t_1} = \frac{35 \cdot 2}{(1000 + 965) \cdot 500} = 7,1 \cdot 10^{-5} \text{ 1/год}.$$

Інтенсивність відмов елементів за другий період випробувань

$$\bar{\lambda}_2 = \frac{n(\Delta t)}{N_{cp2} \cdot \Delta t},$$

$$\text{де } N_{cp2} = \frac{965 + 915}{2},$$

$$\bar{\lambda}_2 = \frac{50 \cdot 2}{(965 + 915) \cdot 1000} = 5,3 \cdot 10^{-5} \text{ 1/год}.$$

Інтенсивність відмов елементів за весь період випробувань

$$\bar{\lambda} = \frac{n(t_1) + n(\Delta t)}{N_{cp} \cdot \Delta t_{\Sigma}} = \frac{85 \cdot 2}{1915 \cdot 1500} = 5,92 \cdot 10^{-5} \text{ 1/год}.$$

Середнє напрацювання на відмову за весь час випробувань

$$\bar{T}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m n(\Delta t_i) \cdot t_{cp_i}}{N_{OTK}},$$

$$\text{де } t_{cp_i} = \frac{t_{i-1} + t_i}{2}, \quad m = 2, \quad N_{OTK} = \sum_{i=1}^m n(\Delta t_i) = 35 + 50 = 85$$

$$t_0 = 0, t_1 = 500 \text{ год}, t_2 = 1500 \text{ год}$$

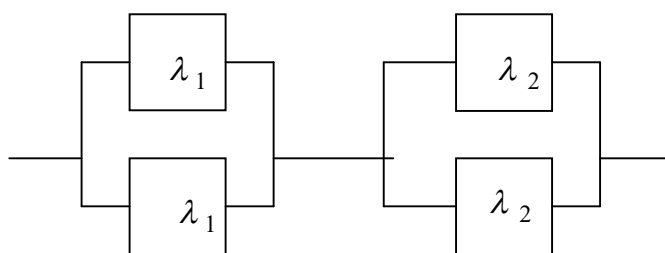
$$t_{cp_1} = \frac{t_0 + t_1}{2} = 250 \text{ год}, \quad t_{cp_2} = \frac{t_1 + t_2}{2} = 1000 \text{ год}.$$

$$\bar{T}_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^m n(\Delta t_i) \cdot t_{cp_i}}{N_{OTK}} = \frac{35 \cdot 250 + 50 \cdot 1000}{85} = 691 \text{ год}.$$

2. Розрахунок надійності систем

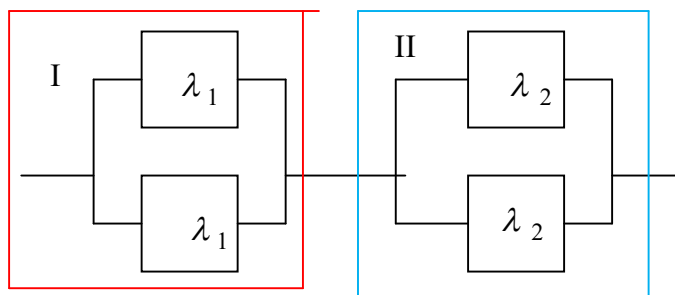
2.1.

Знайти середнє напрацювання на відмову системи, якщо відомі інтенсивності відмов елементів: $\lambda_1 = 0,2 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}$, $\lambda_2 = 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ 1/год}$.



Рішення. Середнє напрацювання на відмову системи

$$T_c = \int_0^{\infty} P_c(t) dt.$$



Маємо для схеми даного варіанту

$$P_c(t) = P_I(t) \cdot P_{II}(t),$$

$$\text{де } P_I(t) = 1 - Q_I(t) = 1 - [1 - P_1(t)]^2 = 1 - 1 + 2P_1(t) - P_1^2(t) = 2P_1(t) - P_1^2(t);$$

$$P_{II}(t) = 1 - Q_{II}(t) = 1 - [1 - P_2(t)]^2 = 1 - 1 + 2P_2(t) - P_2^2(t) = 2P_2(t) - P_2^2(t).$$

$$P_c(t) = [2P_1(t) - P_1^2(t)] \cdot [2P_2(t) - P_2^2(t)] =$$

$$= 4P_1(t)P_2(t) - 2P_1(t)P_2^2(t) - 2P_1^2(t)P_2(t) + P_1^2(t)P_2^2(t) =$$

$$= 4e^{-(\lambda_1 + \lambda_2)t} - 2e^{-(\lambda_1 + 2\lambda_2)t} - 2e^{-(2\lambda_1 + \lambda_2)t} + e^{-2(\lambda_1 + \lambda_2)t}.$$

Інтегруючи останній вираз, будемо мати

$$T_c = \frac{4}{\lambda_1 + \lambda_2} - \frac{2}{\lambda_1 + 2\lambda_2} - \frac{2}{2\lambda_1 + \lambda_2} + \frac{1}{2(\lambda_1 + \lambda_2)} = 30000 \text{ год}.$$

2.2.

Для системи з послідовно з'єднаними елементами справедливий експоненціальний закон розподілу. Середній час безвідмовної роботи системи складає 350 годин.

Визначити:

1. Безвідмовність системи наприкінці 50-ої години роботи.
2. Час роботи системи, за який її безвідмовність досягне величини 0,85.
3. Інтенсивність відмов елементів, якщо система складається з 35 однотипних елементів.

Рішення. Інтенсивність відмов системи

$$\lambda_c = \frac{1}{T_c} = \frac{1}{350} = 0,0028 \text{ год}^{-1}$$

Безвідмовність системи знаходимо за формулою:

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t}.$$

Тоді безвідмовність системи наприкінці 50-ої години роботи буде

$$P_c(50) = e^{-0,0028 \cdot 50} = 0,869.$$

Щоб знайти час безперервної роботи системи, при якій безвідмовність системи не нижче 0,85, треба взяти логарифм виразу безвідмовності системи:

$$\ln P_c(t) = -\lambda_c t.$$

Тоді час безперервної роботи системи

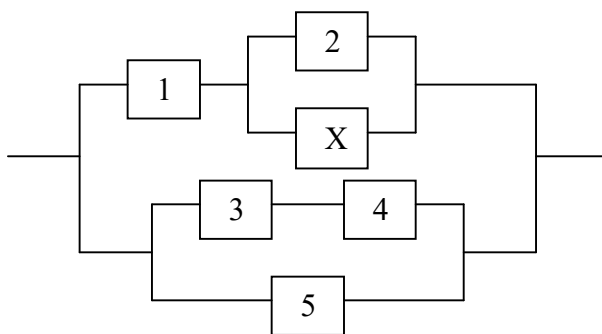
$$t = -\frac{\ln P_c(t)}{\lambda_c} = -\frac{\ln 0,85}{0,0028} = 58,04 \text{ год}.$$

Інтенсивність відмов системи $\lambda_c = n\lambda_i$.

Тоді інтенсивність відмов елементу $\lambda_i = \frac{\lambda_c}{n} = \frac{0,0028}{35} = 8,16 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$.

2.3.

Експоненціальний закон розподілу. Інтенсивність відмов системи 0,00005 1/год. Час роботи системи 30 годин.



$$P_1=0,95; P_2=0,8; P_3=0,93; P_4=0,95; P_5=0,8.$$

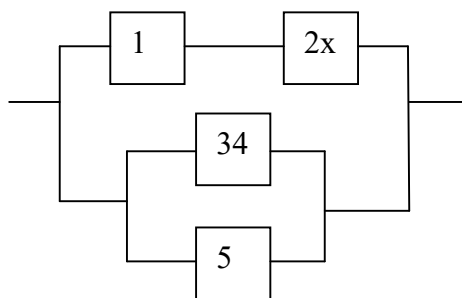
Визначити:

1. Інтенсивність відмов елемента X.
2. Частоту відмов елемента 5.
3. Частоту відмов системи в цілому.

Рішення. Знайдемо безвідмовність системи

$$P_c(t) = e^{-\lambda_c t} = e^{-5 \cdot 10^{-5} \cdot 30} = 0,9985.$$

Перетворимо схему:

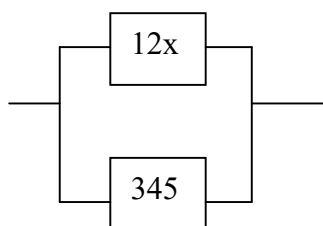


$$Q_{2X} = Q_2 \cdot Q_X = (1 - P_2)(1 - P_X) = 0,2(1 - P_X).$$

$$P_{34} = P_3 \cdot P_4 = 0,93 \cdot 0,95 = 0,88.$$

$$Q_{34} = 1 - P_{34} = 1 - 0,88 = 0,12.$$

Знову перетворимо схему:



$$Q_{345} = Q_{34} \cdot Q_5 = 0,12(1 - P_5) = 0,12 \cdot 0,2 = 0,024.$$

$$P_{12X} = P_1 \cdot P_{2X} = P_1 \cdot (1 - Q_{2X}) = 0,95 \cdot [1 - 0,2(1 - P_X)] = 0,95 - 0,19(1 - P_X).$$

$$Q_{12X} = 1 - P_{12X} = 1 - 0,95 + 0,19(1 - P_X) = 0,05 + 0,19(1 - P_X).$$

$$Q_c(t) = Q_{12X} \cdot Q_{345} = [0,05 + 0,19(1 - P_X)]0,024 = 0,0012 + 0,00456(1 - P_X)$$

$$P_c(t) = 1 - Q_c(t) = 1 - 0,0012 - 0,00456(1 - P_X) = 0,9988 - 0,00456(1 - P_X).$$

Але оскільки $P_c(t) = 0,9985$, то прирівнюючи останні вирази, будемо мати наступне рівняння

$$0,9988 - 0,00456(1 - P_X) = 0,9985.$$

Звідси получимо $P_X = 0,93$.

Відомо, що безвідмовність елемента X

$$P_x(t) = e^{-\lambda_x t}.$$

Якщо взяти логарифм останнього виразу, будемо мати

$$\ln P_X(t) = -\lambda_X t.$$

$$\text{Тоді } \lambda_X = -\frac{\ln P_X(t)}{t} = -\frac{\ln 0,93}{30} = 0,0024.$$

Щоб знайти інтенсивність відмов п'ятого елемента, скористаймося формулою для безвідмовності п'ятого елемента

$$P_5(t) = e^{-\lambda_5 t}.$$

$$\text{Звідси } \lambda_5 = -\frac{\ln P_5(t)}{t} = -\frac{\ln 0,8}{30} = 0,0074.$$

Тоді частота відмов п'ятого елемента

$$a_5(30) = 0,0074 \cdot e^{-0,0074 \cdot 30} = 0,006.$$

$$\text{Частота відмов системи } a_c(t) = \lambda_c e^{-\lambda_c t}.$$

Тоді за 30 годин частота відмов системи

$$a_c(30) = 5 \cdot 10^{-5} e^{-5 \cdot 10^{-5} \cdot 30} = 4,99 \cdot 10^{-5}.$$

3. Таблиці стану або таблиці функцій несправностей

Таблицею функцій несправностей (таблицею станів або таблицею несправностей) називається прямокутна таблиця, рядкам якої поставлені у відповідність допустимі елементарні перевірки π_j , а стовпцям – технічні стани, що реалізуються об'єктом, що знаходиться в справному e_0 чи несправному e_i стані.

У клітку (j,i) цієї таблиці рядка, що знаходиться на перетині π_j и стовпця e_i проставляється результат R_j^i елементарної перевірки π_j об'єкта, що знаходиться у технічному стані e_i .

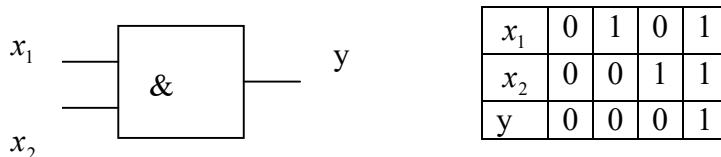
$e_i \backslash \pi_j$	e_0	e_1	...	e_i	...	e_s
π_1	R_1^0	R_1^1	...	R_1^i	...	R_1^s
π_2	R_2^0	R_2^1	...	R_2^i	...	R_2^s
...
π_j	R_j^0	R_j^1	...	R_j^i	...	R_j^s
...
π_n	R_n^0	R_n^1	...	R_n^i	...	R_n^s

Складемо ТФН або таблицю станів, скориставшись *методом функцій вхідних сигналів блоків моделі*:

ФУНКЦІЯ F_i ВХІДНИХ СИГНАЛІВ i -го БЛОКУ Є КОН'ЮНКЦІЯ ПРАВИЛЬНИХ ВХОДІВ ЦЬОГО БЛОКУ:

$$F_i = x_{i1} \wedge x_{i2} \wedge \dots \wedge x_{in} \quad (3.1)$$

Нагадаємо, що КОН'ЮНКЦІЯ - операція логічного множення (логічний елемент І):



Хай блоки схеми мають позначення Q_i , а сформовані з вихідних параметрів блоків ознаки позначені через π_i (елементарні перевірки).

Тоді фактичне значення виходу π_i блоку Q_i залежить від стану блоку (справний - $Q_i=1$, несправний - $Q_i=0$) та значення функції F_i .

Формально π_i являється кон'юнкцією змінних F_i і Q_i :

$$\pi_i = Q_i \wedge F_i. \quad (3.2)$$

3.1.

Розглянемо логічну модель системи електропостачання літака

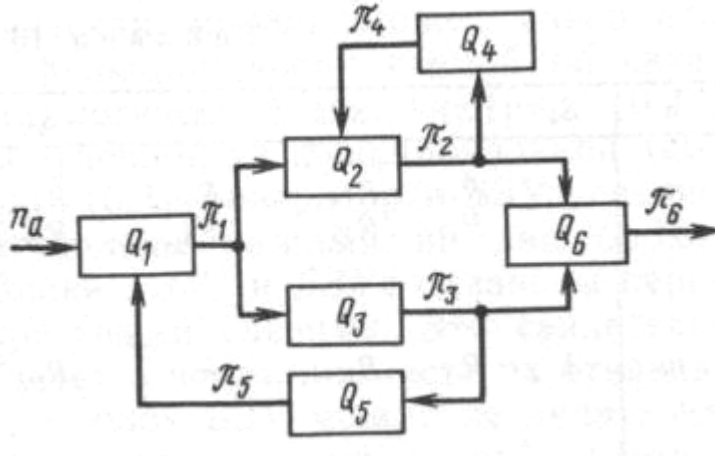


Рис.3-1

Для даної моделі маємо:

$$F_1 = n_a \pi_5; F_2 = \pi_1 \pi_4; F_3 = \pi_1; F_4 = \pi_2; F_5 = \pi_3; F_6 = \pi_2 \pi_3.$$

Складемо вирази типу (2) для кожного блоку:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= Q_1 F_1 = Q_1 n_a \pi_5; \\ \pi_2 &= Q_2 F_2 = Q_2 \pi_1 \pi_4; \\ \pi_3 &= Q_3 F_3 = Q_3 \pi_1; \\ \pi_4 &= Q_4 F_4 = Q_4 \pi_2; \\ \pi_5 &= Q_5 F_5 = Q_5 \pi_3; \\ \pi_6 &= Q_6 F_6 = Q_6 \pi_2 \pi_3. \end{aligned} \quad (3.3)$$

Таблицю заповнюватимемо по стовпцях, враховуючи, що зовнішній вхід $n_a = 1$.

Перший стовбець e_0 , відповідний справному стану об'єкту контролю, тобто умові, що $Q_i = 1$ для усіх блоків $i = \overline{1,6}$, заповнюється значеннями $\pi_i = 1$ відповідно результатам розрахунків по виразах (3.3):

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_3 = 1 \cdot 1 = 1; \\ \pi_4 &= 1 \cdot 1 = 1; \pi_5 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_6 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1. \end{aligned}$$

Другий стовбець e_1 обчислюється за умови $Q_1 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків $i = \overline{2,6}$. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 0 \cdot 1 \cdot 0 = 0; \pi_2 = 1 \cdot 0 = 0; \pi_3 = 1 \cdot 0 = 0; \\ \pi_4 &= 1 \cdot 0 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 0 = 0; \pi_6 = 1 \cdot 0 \cdot 0 = 0. \end{aligned}$$

Третій стовбець e_2 обчислюється за умови $Q_2 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 0 \cdot 1 \cdot 0 = 0; \pi_3 = 1 \cdot 1 = 1; \\ \pi_4 &= 1 \cdot 0 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_6 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0. \end{aligned}$$

Четвертий стовбець e_3 обчислюється за умови $Q_3 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\pi_1 = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0; \pi_2 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0; \pi_3 = 0 \cdot 0 = 0;$$

$$\pi_4 = 1 \cdot 0 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 0 = 0; \pi_6 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0.$$

П'ятий стовбець e_4 обчислюється за умови $Q_4 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\pi_1 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0; \pi_3 = 1 \cdot 1 = 1;$$

$$\pi_4 = 0 \cdot 0 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_6 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0.$$

Шостий стовбець e_5 обчислюється за умови $Q_5 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\pi_1 = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0; \pi_2 = 1 \cdot 0 = 0; \pi_3 = 1 \cdot 0 = 0;$$

$$\pi_4 = 1 \cdot 0 = 0; \pi_5 = 0 \cdot 0 = 0; \pi_6 = 1 \cdot 0 \cdot 0 = 0.$$

Нарешті сьомий стовбець e_6 обчислюється за умови $Q_6 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\pi_1 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_3 = 1 \cdot 1 = 1;$$

$$\pi_4 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_5 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_6 = 0 \cdot 1 \cdot 1 = 0.$$

Отже, ТФН або таблиця станів прийме вигляд

π_i	e_0	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
π_1	1	0	1	0	1	0	1
π_2	1	0	0	0	0	0	1
π_3	1	0	1	0	1	0	1
π_4	1	0	0	0	0	0	1
π_5	1	0	1	0	1	0	1
π_6	1	0	0	0	0	0	0

Поява неприпустимої реакції (0) на виході хоч би одного елемента свідчить про відмову ОК в цілому.

3.2.

Скласти таблицю стану для електронного регулятора частоти обертання ГТД, логічна схема якого зображена на рис. 3-2

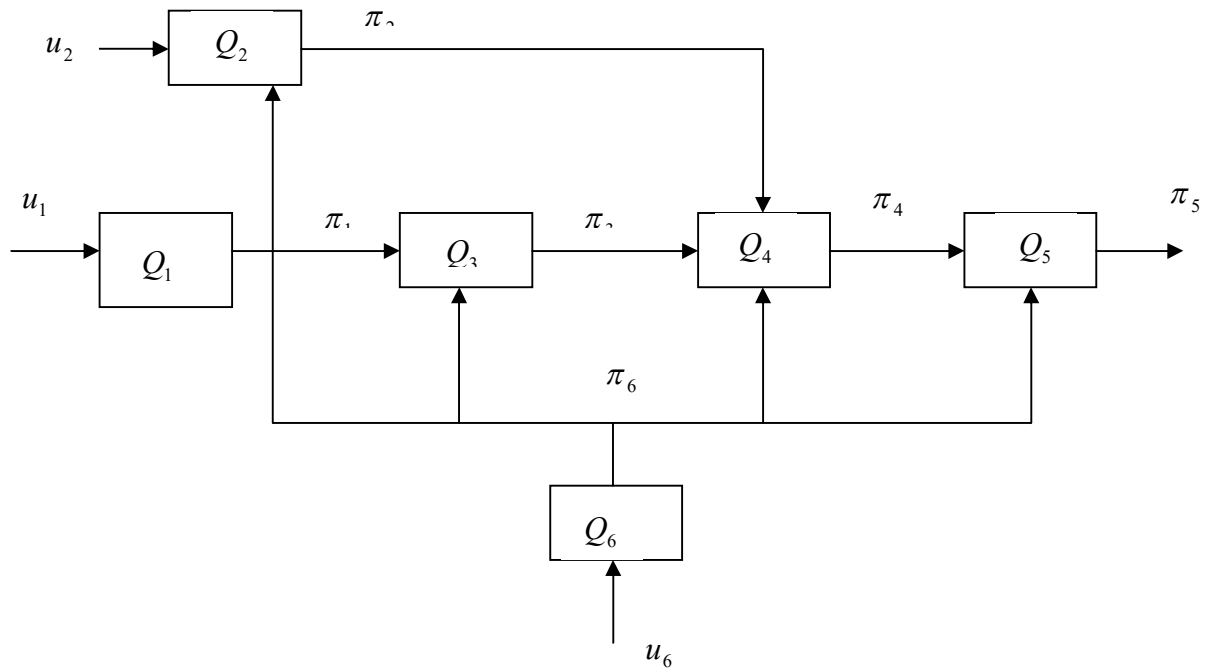


Рис.3-2

1) Для даної моделі маємо:

$$F_1 = u_1; F_2 = u_2 \pi_6; F_3 = \pi_1 \pi_6; F_4 = \pi_2 \pi_3 \pi_6; F_5 = \pi_4 \pi_6; F_6 = u_6.$$

Складемо вирази типу (2) для кожного блоку:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= Q_1 F_1 = Q_1 u_1; \\ \pi_2 &= Q_2 F_2 = Q_2 u_2 \pi_6; \\ \pi_3 &= Q_3 F_3 = Q_3 \pi_1 \pi_6; \\ \pi_4 &= Q_4 F_4 = Q_4 \pi_2 \pi_3 \pi_6; \\ \pi_5 &= Q_5 F_5 = Q_5 \pi_4 \pi_6; \\ \pi_6 &= Q_6 F_6 = Q_6 u_6. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Таблицю заповнюватимемо по стовпцях, враховуючи, що зовнішні входи $u_i = 1$.

Перший стовбець e_0 , відповідний справному стану об'єкту контролю, тобто умові, що $Q_i = 1$ для усіх блоків $i = \overline{1,6}$, заповнюється значеннями $\pi_i = 1$ відповідно результатам розрахунків по виразах (3.3):

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \\ \pi_4 &= 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_5 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_6 = 1 \cdot 1 = 1. \end{aligned}$$

Другий стовбець e_1 обчислюється за умови $Q_1 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків $i = \overline{2,6}$. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 0 \cdot 1 = 0; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_3 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0; \\ \pi_4 &= 1 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0; \pi_6 = 1 \cdot 1 = 1. \end{aligned}$$

Третій стовбець e_2 обчислюється за умови $Q_2 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\begin{aligned} \pi_1 &= 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 0 \cdot 1 \cdot 1 = 0; \pi_3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \\ \pi_4 &= 1 \cdot 0 \cdot 1 \cdot 1 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0; \pi_6 = 1 \cdot 1 = 1. \end{aligned}$$

Четвертий стовбець e_3 обчислюється за умови $Q_3 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\pi_1 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_3 = 0 \cdot 1 \cdot 1 = 0;$$

$$\pi_4 = 1 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0; \pi_6 = 1 \cdot 1 = 1.$$

П'ятий стовбець e_4 обчислюється за умови $Q_4 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\pi_1 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1;$$

$$\pi_4 = 0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 0 \cdot 1 = 0; \pi_6 = 1 \cdot 1 = 1.$$

Шостий стовбець e_5 обчислюється за умови $Q_5 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\pi_1 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_3 = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1;$$

$$\pi_4 = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1; \pi_5 = 0 \cdot 1 \cdot 1 = 0; \pi_6 = 1 \cdot 1 = 1.$$

Нарешті сьомий стовбець e_6 обчислюється за умови $Q_6 = 0$, а $Q_i = 1$ для решти всіх блоків. При цьому з рівнянь (3.3) отримуємо:

$$\pi_1 = 1 \cdot 1 = 1; \pi_2 = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0; \pi_3 = 1 \cdot 1 \cdot 0 = 0;$$

$$\pi_4 = 1 \cdot 0 \cdot 0 \cdot 0 = 0; \pi_5 = 1 \cdot 0 \cdot 0 = 0; \pi_6 = 0 \cdot 1 = 0.$$

Отже, ТФН або таблиця станів прийме вигляд

π_i	e_0	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5	e_6
π_1	1	0	1	1	1	1	1
π_2	1	1	0	1	1	1	0
π_3	1	0	1	0	1	1	0
π_4	1	0	0	0	0	1	0
π_5	1	0	0	0	0	0	0
π_6	1	1	1	1	1	1	0

Самостійно скласти таблицю стану для системи, логічна схема якої зображена на рис. 3-3.

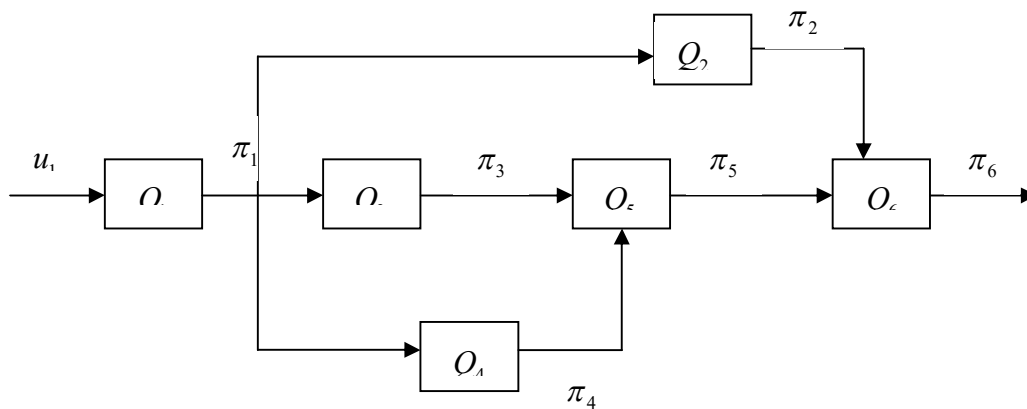


Рис. 3-3.

Література

1. Аврутов В.В., Бурау Н.И. Надежность и диагностика приборов и систем: уч. пособие. – К.: НТУУ «КПИ», 2014. – 156 с. Электронный ресурс: <http://kafpson.kpi.ua/Arhiv/Method/diagnost.pdf>
2. Дмитриев С.П., Колесов Н.В., Осипов А.В. Информационная надежность, контроль и диагностика навигационных систем. - СПб. - ЦНИИ «Электроприбор», 2003. - 207с.
3. Иванов Ю.П., Никитин В.Г., Чернов В.Ю. Контроль и диагностика информационно-вычислительных комплексов. - СПбГУАП, СПб, 2004 - 98с.
4. Дианов В.Н. Диагностика и надежность автоматических систем. – М.: 2005. – 160с.
5. Сборник задач по теории надежности./ Под ред. Половко А.М и Маликова И.М.. - М.: Советское радио, 1972. - 408с.