

УДК 681.518(045)

¹Т.І. Кульчицька
²Л.М. Щербак, д-р техн. наук

ЗАДАЧІ АНАЛІЗУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ “ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БУДИНКУ”

НАУ, кафедра інформаційно-вимірювальних систем
 E-mail: ¹kulchitskaya@bigmir.net; ²prof_scherbak@ukr.net

*Розглянуто основні задачі аналізу функціонування технічних систем “інтелектуального будинку”.
 Наведено приклади таких задач.*

*Tasks of the analysis of functioning of technical systems of an “intelligent building”. The basic tasks of the analysis of
 functioning of technical systems of an “intelligent building” and the concrete examples were considered.*

Вступ

Уперше термін “інтелектуальний будинок” (ІБ) з’явився в закордонних публікаціях на початку 1980 р., коли актуальною проблемою було ефективне використання енергоресурсів. В Україні перші публікації в цьому напрямі з’явилися на початку 2000 р. На міжнародному рівні процес стандартизації систем ІБ проводиться організацією ISO (International Organization for Standardization) згідно з розроблювальним стандартом ISO 16484. Цей документ дає термінологічну базу, що застосовується в системах автоматизації, описує апаратні засоби, функції й інші питання, що виникають при проектуванні і впровадженні систем автоматизації й керування ІБ.

За стандартом ISO 16484 ІБ побудований з використанням сучасних технологій в сфері будівництва, інформаційно-обчислювальних та інформаційно-вимірювальних систем, систем безпеки і життєзабезпечення, що містить в собі високоінтелектуальні підсистеми, які володіють інженерною інфраструктурою та єдиною системою керування.

Аналіз досліджень і публікацій

Із публікацій [1–5] випливає, що системи ІБ з ідеї поступово перетворюються в технологію. Хоча на цьому етапі досліджень ІБ розглядаються як нововведення з багатьма вузлами, підсистемами з різними принципами функціонування і практично ІБ не розглядаються з погляду математичного дослідження й опису процесів, що відбуваються у цих системах. Тому сьогодні існує ціла низка невирішених проблем у цьому науково-технічному напрямі.

Постановка завдання

У цій роботі наведено обґрунтований перелік основних задач аналізу функціонування технічних систем ІБ під час проведення теоретичних та імітаційних досліджень.

Отже, об’єктом досліджень є комплекс всіх технічних систем ІБ, а предметом досліджень – задачі аналізу їх функціонування.

Загальні питання

Типове рішення інженерного устаткування ІБ – це сукупність автономних систем, які об’єднані єдиною системою керування. Ця система повинна реалізовувати такі загальні принципи функціонування:

- забезпечувати комфортні умови роботи в ІБ за мінімального споживання енергоресурсів під час відповідних (прогнозованих) вхідних подій, які відбуваються всередині та ззовні ІБ;
- об’єднувати всі інженерні і комунікаційні підсистеми в єдиний злагоджено працюючий механізм;
- адаптуватися до змін у технічній і організаційній інфраструктурі;
- реалізовувати інформаційну взаємодію комплексу технічних систем з господарем ІБ, ураховуючи випадок, коли господар або члени його родини знаходяться за межами ІБ.

На основі аналізу і проведення відповідного узагальнення результатів робіт [1–5] можна навести типову структуру технічних систем ІБ (рис. 1).

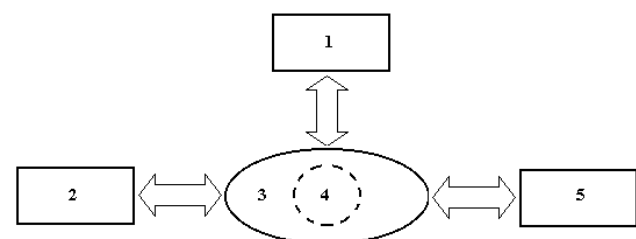


Рис. 1. Типова структура технічних систем ІБ:

1 – комплекс систем життєзабезпечення; 2 – комплекс систем безпеки; 3 – автоматизована система керування; 4 – інформаційно-вимірювальна система; 5 – комплекс систем інформатизації

До складу комплексу систем життєзабезпечення належать системи:

- опалення, вентиляції і кондиціонування повітря;
- безперебійного електропостачання;
- керування електропостачанням;
- освітлення;
- обліку енергоносіїв.

Комплекс систем безпеки містить системи:

- охоронної сигналізації;
- керування доступом до будинку;
- телевізійного стеження;
- збирання й оброблення інформації;
- пожежної сигналізації;
- автоматичного пожежегасіння.

До автоматизованої системи керування (АСК) входять підсистеми:

- програмного ядра комплексу;
- вимірювальних перетворювачів;
- аналого-цифрового перетворення сигналів;
- оброблення, відображення результатів вимірювань;
- керування інформаційно-вимірювальною системою (ІВС);
- реалізації виконання сигналів керування в усіх системах забезпечення життєдіяльності;
- формування сигналів керування за результатами вимірювань.

До складу комплексу систем інформатизації належать системи:

- локальної обчислювальної та телефонної мережі;
- теле- і радіофікації;
- єдиного часу;
- засобів оперативного радіозв'язку.

Використання основних положень теорії сигналів і систем для аналізу функціонування багатьох технічних систем ІБ з різними фізичними принципами їх дії дає можливість створити єдину методологію аналізу функціонування систем [6–8].

На базі застосування такої методології і, в першу чергу, результатів розв'язку задач аналізу функціонування систем розроблюються структури та основні технічні характеристики АСК, ІВС. Саме ці системи забезпечують життєдіяльність ІБ шляхом керування функціонуванням не тільки кожної системи окремо, але й їх взаємодії.

Базуючись на положеннях відомої методології [6–8], при математичній формалізації задач аналізу функціонування технічних систем ІБ зводиться до такої послідовності дії.

1. На основі апріорних даних, проведених досліджень фізичних явищ, фізичних та інформаційних сигналів, діючих у технічних системах, розробляються або обґрунтовуються використання відомих математичних моделей, явищ і сигналів, визначаються характеристики та параметри моделей. Це, в першу чергу, математичні моделі випадкових функцій (величин, процесів, полів) з різними законами розподілу ймовірностей, невідповідних функцій таких, як періодичні, зі скінченною потужністю, енергією, з неперервними і дискретними областями визначення та значень.

2. Досліджувана технічна система описується відповідним оператором перетворень сигналів, який заданий на певному класі функцій.

Прикладом таких операторів є диференційні, інтегровані, різницеві та ін.

Залежно від деталізації задач аналізу функціонування технічної системи математична модель може бути складним (складним) оператором, тобто описувати дії послідовно (паралельно) з'єднаних ланок, модулів, підсистем досліджуваної системи.

3. За отриманими математичними моделями, діями і операторами перетворень сигналів постановка задачі аналізу функціонування досліджуваної технічної системи або її відповідного модуля має три варіанта конкретизації [6–8]:

- пряма задача, коли задані вхідна дія і оператор перетворень, а потрібно визначити відгук дії (оператора);
- обернена задача, коли задані оператор перетворень і відгук, а потрібно визначити вхідну дію;
- задача ідентифікації або задача “чорної скриньки”, коли задані вхідна дія і відгук, а потрібно визначити оператор перетворень.

Для конкретизації задач аналізу функціонування технічних систем розглянемо два приклади.

Приклад 1. Основні задачі аналізу функціонування типової ІВС зводяться до таких:

- перетворення з допомогою датчиків, інших перетворювачів досліджуваних явищ, процесів різної природи (фізичної, біологічної, хімічної та ін.), як правило, в електричний сигнал – носій інформації процесу вимірювань;
- підсилення, фільтрації, перетворення (наприклад, модуляцію, демодуляцію) та передачу електричних сигналів по інформаційним каналам;
- обмеження динамічного діапазону значень вхідного сигналу;
- дискретизації сигналу за часом;
- виконання операцій порівняння значень сигналу з мірою одиницею та шкалою, як правило, електричної напруги або струму;
- квантування за рівнем значень сигналу;
- кодування дискретизованих за часом і квантованих за рівнем значень сигналу у вибрану систему числення (переважно двійкову систему);
- передачі цифрових сигналів по інтерфейсним каналам;
- оброблення цифрових сигналів на базі використання відповідного математичного забезпечення
- реалізації алгоритмів обробки сигналів на ЕОМ (ПЕОМ);
- організації поточного та адаптивного режимів обробки сигналів;

- визначення результатів і похибок вимірювань;
- організації відображення, видачі та документування результатів вимірювань;
- формування сигналів керування підсистемами ІВС;
- організацію обміну сигналів керування між підсистемами ІВС;
- контролю та діагностики функціонування пристроїв підсистем ІВС (наприклад, за допомогою тестових сигналів).

Приклад 2. Проведемо аналіз функціонування двоканальної інформаційної системи зв'язку як відповідної системи обслуговування (СО).

На двоканальну СО з відмовами надходить два потоки заявок, причому кожна з заявок – випадкова подія за часом. Перший потік має інтенсивність λ_1 , другий – інтенсивність λ_2 .

Заявки I першого потоку мають перед Заявками II другого потоку пріоритет.

Наприклад, Заявки I – заявки з системи електропостачання, Заявки II – заявки з системи опалення. Якщо Заявка I надходить у систему, коли всі канали зайняті і хоча б один з них обслуговує Заявку II, то Заявка I “витісняє” Заявку II, стає на її місце, а Заявка II залишає систему необслугованою. Якщо Заявка I надходить у момент, коли обидва канали обслуговують Заявки I, то вона одержує відмову і залишає СО. Заявка II одержує відмову, якщо вона надходить у систему в момент, коли обидва канали зайняті (немає значення якими заявками).

Теоретичне подання задачі

На двоканальну СО (рис. 1) надходять заявки двох найпростіших потоків, які мають такі властивості:

- стаціонарність (імовірність попадання тої чи іншої кількості подій на інтервал часу довжиною t залежить тільки від довжини ділянки і не залежить від того, де саме на осі часу розташована ця ділянка);
- ординарність (імовірність попадання на елементарну ділянку Δt двох чи більше подій дуже мала порівняно з імовірністю попадання однієї події);
- відсутність післядії (для будь-яких ділянок часу, що не перекриваються, кількість подій, що попадають на один з них, не залежить від кількості подій, що попадають на інші (рис. 2)).

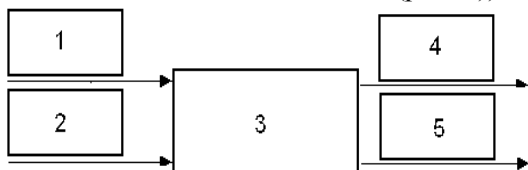


Рис. 2. Структура двоканальної СО:

1 – Заявки I; 2 – Заявки II; 3 – система обслуговування; 4 – відмова в обслуговуванні (не обслуговано Заявки I або Заявки II); 5 – вихідний потік (обслуговані Заявки I або Заявки II)

Оскільки інтенсивність надходження заявок першого потоку λ_1 , другого потоку λ_2 , а найпростіші потоки надходження заявок характеризуються показниковим законом розподілу, то інтервал часу надходження заявок першого та другого потоків являє собою випадкову величину з розподілом імовірностей $F_1(t)$, $F_2(t)$ відповідно:

$$F_1(t) = 1 - e^{-\lambda_1 t};$$

$$F_2(t) = 1 - e^{-\lambda_2 t};$$

$$t \geq 0,$$

де $\lambda_1 > 0$, $\lambda_2 > 0$ – сталі.

Щільність розподілу показникового закону задається формулами:

$$f_1(t) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t < 0, \\ \lambda_1 e^{-\lambda_1 t}, & \text{якщо } t \geq 0; \end{cases}$$

$$f_2(t) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t < 0, \\ \lambda_2 e^{-\lambda_2 t}, & \text{якщо } t \geq 0, \end{cases}$$

де $\lambda_1 > 0$, $\lambda_2 > 0$.

Необхідно зазначити, що СО являє собою СО з відмовами з абсолютним пріоритетом.

Тривалість обслуговування заявок першого та другого потоків – випадкові величини, що мають показниковий закон розподілу.

Нехай інтенсивність обслуговування заявок першого потоку μ_1 , другого потоку μ_2 . Тривалість обслуговування заявок першого та другого потоків являє собою випадкову величину з тим самим розподілом імовірностей $F_1(t)$ та $F_2(t)$:

$$F_1(t) = 1 - e^{-\mu_1 t};$$

$$F_2(t) = 1 - e^{-\mu_2 t};$$

$$t \geq 0,$$

де $\mu_1 > 0$, $\mu_2 > 0$ – сталі.

Щільність розподілу показникового закону задається формулами:

$$f_1(t) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t < 0, \\ \mu_1 e^{-\mu_1 t}, & \text{якщо } t \geq 0; \end{cases}$$

$$f_2(t) = \begin{cases} 0, & \text{якщо } t < 0, \\ \mu_2 e^{-\mu_2 t}, & \text{якщо } t \geq 0, \end{cases}$$

де $\mu_1 > 0$, $\mu_2 > 0$.

Основними критеріями ефективності функціонування (для одного каналу) такої СО будуть:

- абсолютна пропускна здатність (АПЗ) A – середня кількість заявок, що обслуговуються за одиницю часу:

$$A = \lambda q = \lambda(1 - p_n);$$

– відносна пропускна здатність (ВПЗ) q – середня кількість заявок, що надійшли та обслуговуються системою:

$$q = 1 - p_n;$$

– вірогідність відмови (ВВ) p_n – вірогідність того, що заявка залишить СО необслугованою:

$$p_n = \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!} p_0,$$

$$\text{де } p_0 = \frac{1}{1 + \frac{\lambda/\mu}{1!} + \frac{(\lambda/\mu)^2}{2!} + \dots + \frac{(\lambda/\mu)^n}{n!}}.$$

У всіх формулах інтенсивність вхідного потоку заявок λ та інтенсивність потоку обслуговування (для одного каналу) μ визначають так: $\frac{\lambda}{\mu} = \rho$.

Тоді

$$p_0 = \frac{1}{1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!}},$$

$$p_0 = \left[1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \right]^{-1},$$

$$p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0.$$

Для проведення випробувань функціонування двоканальної СО ІБ ($n=2$) виберемо такі параметри:

$$\lambda_1 = 2;$$

$$\lambda_2 = 2;$$

$$\mu_1 = 2;$$

$$\mu_2 = 1.$$

Такий режим роботи СО буде режимом максимального навантаження, що дасть змогу перевірити надійність системи.

Результати досліджень

Основні параметри системи наведено в таблиці. Отримані результати графічно зображено на рис. 3.

Характеристики СО

Час роботи, с	Заявки			Пропускна здатність		Вірогідність відмови
	Вхідні	Обслуговані	Необслуговані	АПЗ	ВПЗ	
100	7	5	2	0,05	0,714	0,286
150	3	1	2	0,007	0,33	0,67
300	7	4	3	0,013	0,571	0,429
500	5	4	1	0,008	0,8	0,2
700	7	6	1	0,009	0,857	0,143
800	3	2	1	0,003	0,667	0,333
1000	9	7	2	0,007	0,778	0,222
2000	41	28	13	0,014	0,683	0,317
3000	38	30	8	0,01	0,789	0,211
4000	37	25	12	0,006	0,676	0,324
5000	48	33	15	0,007	0,688	0,312
7000	87	68	29	0,009	0,782	0,218
10000	147	91	56	0,009	0,619	0,381
12000	88	60	28	0,005	0,682	0,318
15000	124	84	40	0,006	0,677	0,323
17000	88	66	22	0,004	0,75	0,25

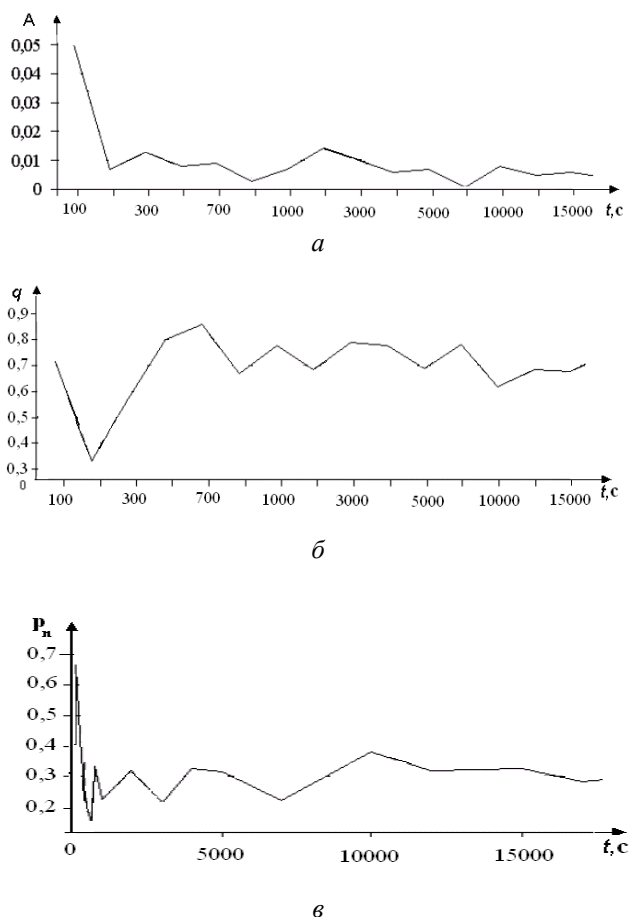


Рис. 3. Залежність АПЗ (а), ВПЗ (б), ВВ (в) від часу

Отже, якщо час функціонування системи менше 2000 с, то її робота нестабільна й важко визначити закономірності в поведженні системи. Тому, щоб зробити висновки про ефективність роботи СО, слід розглядати її функціонування на часовому інтервалі більш 2000 с.

Кількість обслугованих заявок і тих, що надійшли, збільшується пропорційно збільшенню часу роботи системи.

На інтервалі часу до 3000 с значення АПЗ системи хаотично коливалися. При значеннях часу більше 3000 с амплітуда коливань знизилася, а при температурі $t \sim 7000$ с значення АПЗ системи набувають стаціонарного характеру.

Значення ВПЗ системи хаотично коливалися при всіх змінах часу функціонування. Однак у разі великих значень часу амплітуда коливань знизилася.

Зі збільшенням часу помітна тенденція до стаціонарності в поведженні величини.

За малих значень часу (до 7000 с) ВВ хаотично коливалася, а при збільшенні часу амплітуда коливання значно знижувалася. Практично вірогідність відмови набуває стаціонарного характеру при значенні часу більше 11 000 с.

Оскільки вибрані параметри СО характеризують режим максимального навантаження, то очевидно, що для повсякденного функціонування СО значення параметрів будуть іншими. Тому параметрами можуть бути такі числові значення, як

$$\lambda_1 = 0,1,$$

$$\lambda_2 = 0,05,$$

$$\mu_1 = 2,$$

$$\mu_2 = 0,01.$$

Тоді вірогідність відмови буде набувати стаціонарного характеру при значенні часу більше ~ 900 с.

Висновки

1. Розглянуто основні задачі аналізу функціонування технічних систем ІБ.
2. Наведено обґрунтування структурної схеми ІБ.
3. Розглянуто приклад формулювання основних задач аналізу функціонування ІВС та СО з відмовами з абсолютним пріоритетом, які є типовими технічними системами ІБ.

Література

1. *Авдеевский А.* Крыша для интеллекта // Журн. сетевых решений LAN. – 1998. – № 12. – С. 15–17.
2. *Архипов В.* Системы для “интеллектуального здания” // СтройМаркет. – 1999. – № 45. – 6–9.
3. *Федоров И.* Сколько этажей у “интеллектуального здания”? // Бизнес: Организация, Стратегия, Системы. – 1999. – № 10. – С. 12–16.
4. *Efficiency of Public Buildings* // Prof. Rainer Hirschberg, Department of Building Installations, Ashen University of Applied Sciences/VDMA/ VBI. – 2004.
5. *Материалы* специального проекта НП АВОК “Интеллектуальное здание” в рамках выставки “SHK-2005”.
6. *Пугачев В.С.* Теория случайных функций. – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит., 1960. – 884 с.
7. *Тихонов В.И.* Статистическая радиотехника. – М.: Сов. радио, 1965. – 875 с.
8. *Тихонов В.И., Харисов В.Н.* Статистический анализ и синтез радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь, 1991. – 608 с.

Стаття надійшла до редакції 26.04.06.