

УДК 681.142

М.С. Деренько, В.А. Краснобаєв

РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМИ ОБРОБКИ ІНФОРМАЦІЇ В КЛАСІ ЛИШКІВ

Розглядається математична модель надійності системи обробки інформації АСУ реального часу, що функціонує в позиційній системі числення – у класі лишків.

Вступ

Досягнення необхідного рівня надійності розроблених й експлуатованих АСУ ТП реального часу є важливою науково-технічною завданням при створенні систем управління, вирішення якого вимагає проведення спеціального комплексу робіт, які виконуються на різних стадіях розробки і функціонування АСУ ТП.

Особливо важливо підвищення надійності АСУ ТП атомних об'єктів, де необхідно практично виключити аварійні ситуації, що могли призвести до небажаних катастрофічних наслідків (радіаційного зараження обслуговуючого персоналу, викиду радіоактивних речовин у навколишнє середовище і т.ін.). У цьому аспекті тема статті, присвячена розробці і дослідженню математичної моделі системи обробки інформації (СОІ) АСУ ТП у класі лишків (КЛ), тобто в системі залишкових класів (СЗК), є досить своєчасною, важливою й актуальною.

Аналіз літератури

Існуючі надійнісні моделі СОІ АСУ ТП у СЗК хоча і враховують основні властивості класу лишків, однак мають і недолік – вони не враховують надійність комутатора (пристрою для перемикання обчислювальних трактів СОІ АСУ ТП у КЛ) [1 – 5]. Дана обставина не дозволяє оцінити надійність СОІ в СЗК у реальних умовах. У цьому плані надійнісною моделлю СОІ АСУ ТП реального часу доцільно вважати модель ковзного резервування з ненавантаженим (холодним) резервом, що використовується в АСУ при динамічному резервуванні.

При запропонованому варіанті математичної моделі (рис. 1) надійності СОІ в КЛ містить: основну систему, що складається з n (за кількістю інформаційних обчислювальних трактів) інформаційних обчислювальних трактів (ІОТ); резервну систему, що складається з k резервних ОТ (РОТ); додаткову систему, що складається з двох контрольних обчислювальних трактів (КОТ); автомат надійності, що виконує функції визначення ІОТ, які відмовили, вимикання їх і ввімкнення РОТ. Відзначимо, що додаткова система органічно і конструктивно входить в автомат надійності (АН). Вона виділена для того, щоб показати сутність інформаційного резервування в СЗК. Так, з появою помилок, викликаних перебоями в одному з ІОТ, вони усуваються за допомогою КОТ відомими методами [6 – 8]. Таким

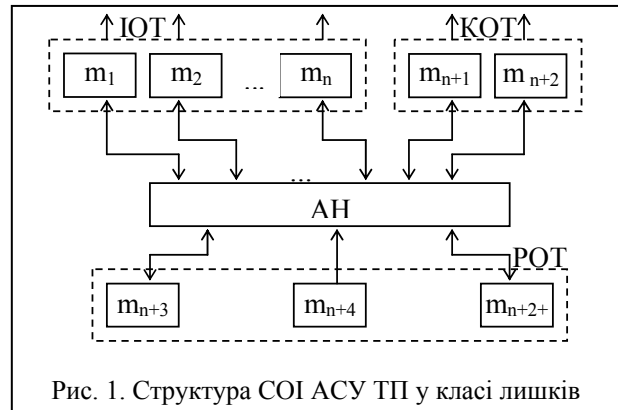


Рис. 1. Структура СОІ АСУ ТП у класі лишків

чином, СОІ АСУ ТП, побудована відповідно до запропонованої математичної моделі, є (як і трійована обчислювальна система з мажоритарним органом) нечутливою до перебоїв в одному з ІОТ.

Мета статті – розробка математичної моделі надійності СОІ АСУ ТП, заснованої на використанні позиційних кодових структур у класі лишків.

Основна частина

Розглянемо, як, використовуючи запропонований варіант математичної моделі (при відомих припущеннях для ІОТ і РОТ), можна розрахувати імовірність безвідмовної роботи СОІ в КЛ.

Нехай задана впорядкована СЗК набором взаємно попарно простих чисел: $m_1, m_2, \dots, m_n, m_{n+1}, m_{n+2}, \dots, m_{n+2+k}$, де n і k – відповідно кількості робочих і резервних ОТ, а кількість контрольної ОТ дорівнює двом (m_{n+1}, m_{n+2}).

Одержимо формулу для кількісної оцінки показника надійності (імовірності безвідмовної роботи). Очевидно, СОІ буде працювати безвідмовно при таких подіях:

основна система, що складається з m_j ($j = \overline{1, n+2}$) обчислювальних трактів, протягом часу t не відмовила;

відмовило не більше k резервних обчислювальних трактів, і АН працює безвідмовно.

Використовуючи формулу імовірності безвідмовної роботи для ковзного резервування з ненавантаженим резервом і ідеальним (у смислі надійності) АН, і з огляду на те, що з урахуванням АН у кожному із членів суми під знаком останнього інтеграла буде знаходитися як множник імовірності безвідмовної

роботи АН протягом часу від початку роботи СОІ до останньої відмови, а також з огляду на те, що імовірність безвідмовної роботи обчислювального тракту СОІ дорівнює $P_1(t) = e^{-\lambda_1 t}$, імовірність безвідмовної роботи АН дорівнює $P_{АН}(t) = e^{-\lambda_A t}$ і частота відмов – $\lambda_1 e^{-\lambda_1 t}$, одержимо таку формулу для визначення імовірності безвідмовної роботи СОІ:

$$P_{СЗК}^{(k)}(t) = e^{-n\lambda_1 t} \sum_{i=1}^k \left(n \frac{\lambda_1}{\lambda_A} \right)^i - n \frac{\lambda_1}{\lambda_A} e^{-(\lambda_A + n\lambda_1)t} \times \sum_{i=0}^{k-1} \sum_{j=0}^{k-1-i} \left(n \frac{\lambda_1}{\lambda_A} \right)^j \frac{(n\lambda_1 t)^i}{i!}, \quad (1)$$

де

$$\lambda_1 = \alpha \lambda_e \left\{ \frac{1}{n+2+k} \left(\sum_{i=1}^{n+2+k} [\log_2(m_i - 1)] + 1 \right) \right\} \lambda_e - \quad (2)$$

інтенсивність відмов одного ОТ;

$\lambda_A = \lambda'_A + 2\lambda_1$ – інтенсивність відмов АН;

λ'_A – інтенсивність відмов перемикаючого пристрою;

$2\lambda_1$ – інтенсивність відмов контрольної ОТ.

Відзначимо, що вираз (1) враховує вплив функціонального резервування, тобто здатність одного ІОТ узяти на себе функції до r ІОТ, які відмовили, за умо-

ви $m_j \geq \prod_{i=1}^r m_{k_i}$. При цьому у формулі (1) необхідно

зробити заміну $k' = k + r$. Дана обставина не враховувалася виразами, наведеними в [5].

Представлена математична модель надійності (1) дає можливість вперше розрахувати надійності СОІ САСУ в СЗК за допомогою простих і відомих співвідношень. У теоретичному плані ця математична модель надійності дозволяє досліджувати і враховувати всі основні види резервування (структурне, інформаційне і функціональне), обумовлені основними властивостями СЗК. Покажемо це.

Структурне резервування. Математична модель надійності в СЗК побудована на основі введення вторинної структурної надмірності, тобто застосування структурного резервування. Інформаційні і контрольні обчислювальні тракти відіграють роль основних елементів резервованої системи, а резервні обчислювальні тракти – роль резервних елементів.

Інформаційне резервування. Виявляється у використанні додаткової інформації, що вводиться за допомогою використання контрольних обчислювальних трактів по основах m_{n+1} і m_{n+2} . При виникненні помилок, викликаних перебоями в одному з обчислювальних трактів m_j ($j=1, n+2$) СОІ по одній з робочих або контрольних основ СЗК, вони усуваються відомими методами [2, 4, 7]. Таким чином, СОІ в СЗК, побудована відповідно до розробленої математичної моделі, є (як і трійована мажоритарна структура) нечутливою до перебоїв.

Функціональне резервування. Цей вид резервування виявляється у випадку, якщо виконується

умова $m_j \geq \prod_{i=1}^r m_i$, тобто якщо один обчислюваль-

ний тракт СОІ може взяти на себе функції r обчислювальних трактів, що відмовили (як указувалося вище) рівноцінно додаванню до k ще r резервних обчислювальних трактів. У цьому випадку вираз (1) буде представлений у такому вигляді:

$$P_{СЗК}^{(k+r)}(t) = e^{-n\lambda_1 t} \sum_{i=1}^{k+r} \left(n \frac{\lambda_1}{\lambda_A} \right)^i - n \frac{\lambda_1}{\lambda_A} e^{-(\lambda_A + n\lambda_1)t} \times \sum_{i=0}^{k+r-1} \sum_{j=0}^{k+r-1-i} \left(n \frac{\lambda_1}{\lambda_A} \right)^j \frac{(n\lambda_1 t)^i}{i!}. \quad (3)$$

Висновок

Таким чином, у статті запропонована математична модель надійності СОІ АСУ ТП, яка ґрунтується на використанні непозиційних кодових структур у класі лишків. Використання даної математичної моделі дозволить реально оцінити надійність СОІ АСУ ТП у класі лишків.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Краснобаев В.А. Структура спеціалізованого обчислювального пристрою автоматизованої системи контролю та обліку електроенергії // Вісник ХДТУСГ. – Х. – 2001. – Вип. 6. – С. 40 – 44.
2. Краснобаев В.А. Метод и алгоритмы коррекции ошибок в системах цифровой обработки информации // Радиотехника. – 2002. – Вип. 126. – С. 231 – 237.
3. Жихарев В.Я., Юнес Эль Хандасси, Краснобаев В.А. Пути повышения производительности и отказоустойчивости ЭВМ // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: НАКУ (ХАИ). – 2003. – Вип. 19. – С. 269 – 282.
4. Краснобаев В.А., Удников А.Н. Метод обнаружения ошибок в цифровых системах обработки информации // Вісник ХДТУСГ. – Х.: ХДТУСГ. – 2003. – Вип. 19, т. 2. – С. 88 – 92.
5. Жихарев В.Я., Илюшко Я.В., Краснобаев В.А. Влияние системы счисления на надежность ЭВМ // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2004. – № 1(5). – С. 98 – 104.
6. Краснобаев В.А., Илюшко Я.В. Метод та обчислювальна система обробки інформації, що представлена у системі залишкових класів // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: НАНУ ПАНМ, ХВУ. – 2004. – Вип. 7(35). – С. 106 – 111.
7. Краснобаев В.А. Илюшко Я.В. Методы обработки информации в системе остаточных классов // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – 2004. – № 2(6). – С. 101 – 109.
8. Илюшко В.М., Мохаммед Джасим Мохаммед, Краснобаев В.А. Концепция проектирования отказоустойчивых систем обработки информации реального времени // Системи обробки інформації: Зб. наук. пр. – Х.: НАНУ ПАНМ, ХВУ. – 2005. – Вип. 4(44). – С. 52 – 56.

Надійшла 23.11.2005

Рецензент: д-р техн. наук професор Ю.В. Стасєв, Харківський університет Повітряних Сил.