

УДК 004.942

Математична модель надійності обчислювальних мереж в реальних умовах їх експлуатації

Каут М.С., к.т.н., доц. Терлецький О.В.

Обчислювальні мережі (ОМ) знайшли своє застосування в дуже широкому спектрі галузей : виробництво та промисловість, медицина, освіта, банківська справа, дефектоскопія, IP-телефонія, інтернет та всі сфери повсякденного життя сучасної людини, що пов'язані з передачею інформації. Ускладнення архітектури локальних обчислювальних мереж, все більш широке їх використання в технологічних виробничих процесах обумовлюють підвищення вимог до надійності обчислювальних мереж і забезпечення їх безперебійної роботи. Надійність локальної обчислювальної мережі є одним з найважливіших параметрів, який зазвичай визначений в технічному завданні на її проектування.

Процес проектування та побудови обчислювальної мережі з заданою надійністю включає цілий ряд задач, які необхідно вирішити:

1. Аналіз технічного завдання.
2. Розробка технічної моделі обчислювальної мережі з врахуванням заданного коефіцієнту готовності.
3. Кількісна оцінка впливу негативних факторів, що

впливають на надійність локальної обчислювальної мережі.

4. Аналіз показників надійності обчислювальної мережі в реальних умовах експлуатації.
5. В разі необхідності, коригування архітектури проектованої мережі на основі аналізу її надійності з урахуванням впливу негативних факторів.
6. Монтаж та налаштування мережі.
7. Тестування мережі.

Найбільш трудомістким та витратним є саме процес монтажу мережі. В разі невідповідності побудованої мережі заданому значенню надійності або необхідності зміни модельного ряду мережевого обладнання (МО) виникає необхідність перебудови вже змонтованої мережі, що призводить до ще більших витрат часу та коштів.

Одним з найефективніших інструментів, що дозволяють уникнути подібних проблем є математичне моделювання. Зазвичай, математичне моделювання передбачає створення концептуальної моделі об'єкта

дослідження, її формалізацію та перетворення у математичну або комп'ютерну модель, перевірку її адекватності і подальше дослідження отриманої моделі для вирішення завдань, що обумовлені технічним завданням на проектування обчислювальної мережі. Такий аналіз параметрів локальної обчислювальної мережі можна провести на стадії її проектування та отримати необхідні розрахункові данні для побудови реальної обчислювальної мережі з заданими параметрами надійності. Окрім цього, застосування методів математичного моделювання часто дає змогу отримати більш точні відомості про поведінку й характеристики досліджуваних систем і процесів, ніж при їх безпосередньому експериментальному вивченні, витрачаючи при цьому менше часу та коштів.

На сьогоднішній день вже існують математичні моделі надійності обчислювальних мереж, в основу яких покладено марковську модель надійності безлічі груп незалежних об'єктів [1]. Недоліком даної математичної моделі є те, що вона є ідеалізованою і не враховує реальні умови експлуатації обчислювальної мережі, її архітектуру та обладнання. Для врахування реальних умов експлуатації локальних обчислювальних мереж треба врахувати той факт, що імовірність безвідмовної роботи, а відповідно і інтенсивність відмов мережевого

обладнання змінюється зі зростанням часу його експлуатації, зміни архітектури та інших факторів.

Надійність мережевого обладнання в процесі експлуатації описується за допомогою математичного виразу, що дозволяє визначити показники надійності в залежності від тривалості експлуатації. Найбільш поширеною статистичною моделлю надійності мережевого комутатора є експоненціальна залежність ймовірності безвідмовної роботи від тривалості експлуатації до відмови [2]:

$$P(t) = e^{-\lambda t}$$

де $P(t)$ – ймовірність безвідмовної роботи;

λ – номінальне (табличне) значення інтенсивності відмов мережевого обладнання, 1/год; t – проміжок часу, год.

Реальне значення інтенсивності відмов мережевого комутатора після певного часу його експлуатації визначається за формулою:

$$\lambda_T = [T / \int_0^T e^{-\lambda \cdot t} dt] / T$$

де λ_T – значення інтенсивності відмов мережевого комутатора з урахуванням тривалості його експлуатації; T – тривалість експлуатації.

В основу математичної моделі надійності обчислювальної мережі в реальних умовах її експлуатації було

взято ідеалізовану математичну модель [1].

Виходячи з даної математичної моделі та враховуючи експоненціальний закон зміни імовірності безвідмовної роботи мережевого обладнання математична модель надійності експлуатації обчислювальної мережі в реальних умовах її експлуатації матиме наступний вигляд

$$P_{j_1, \dots, j_m}(t) = \prod_{l=1}^m \left(C_{n_l}^{j_l} \cdot \frac{\rho_{Tl}^{j_l}}{(1 + \rho_{Tl})^{n_l}} \cdot (1 - e^{-\alpha_{Tl} \cdot t})^{j_l} \cdot (1 + \rho_{Tl} \cdot e^{-\alpha_{Tl} \cdot t})^{n_l - j_l} \right)$$

$$K_{net} = \lim_{t \rightarrow \infty} (P_{j_1, \dots, j_m}(t)) = \prod_{l=1}^m \left(C_{n_l}^{j_l} \cdot \frac{\rho_{Tl}^{j_l}}{(1 + \rho_{Tl})^{n_l}} \right)$$

$$j_l = 0 \dots n_l; \quad l = 1 \dots m$$

$$\rho_{Tl} = \lambda_{Tl} / \mu_l = ([T / \int_0^T e^{-\lambda \cdot t} dt] / T) / \mu_l;$$

$$\alpha_{Tl} = \lambda_{Tl} + \mu_l = ([T / \int_0^T e^{-\lambda \cdot t} dt] / T) + \mu_l$$

де K_{net} - коефіцієнт готовності обчислювальної мережі, m - кількість незалежних груп відновлюваних об'єктів з заданими кількостями об'єктів в групах: $n_1 \dots n_m$. Об'єкти всередині групи $l=1 \dots m$ мають однакові інтенсивності відмов λ_{Tl} і однакові інтенсивності відновлення μ_l . Об'єкти можуть незалежно відмовляти і незалежно відновлюватися без будь-яких обмежень.

Система вхідних та вихідних параметрів математичної моделі

На Рис. 1. представлено систему вхідних та вихідних параметрів математичної моделі надійності обчислювальної мережі.

Вхідні параметри

Табл. 1. Вхідні параметри математичної моделі надійності обчислювальної мережі

Параметр	Символьне позначення	Методика визначення
Кількість МО	n	Визначається архітектурою ОМ
Кількість рівнів ОМ	j	Визначається архітектурою ОМ
Кількість груп розподілу	m	Визначається архітектурою ОМ
Інтенсивність відмов МО	λ	Табличне значення певної моделі МО
Інтенсивність відновлення МО	μ	Визначається архітектурою ОМ
Тривалість експлуатації МО	T	Час експлуатації

Кількість МО.

Локальна обчислювальна мережа вважається працездатною за умови, що всі комутатори або кластери комутаторів та канали зв'язку, що їх поєднують

працездатні. Відповідно, чим більша кількість мережевого обладнання та каналів зв'язку, тим більша

імовірність відмови обчислювальної мережі в цілому, а отже тим менше коефіцієнт готовності ОМ.

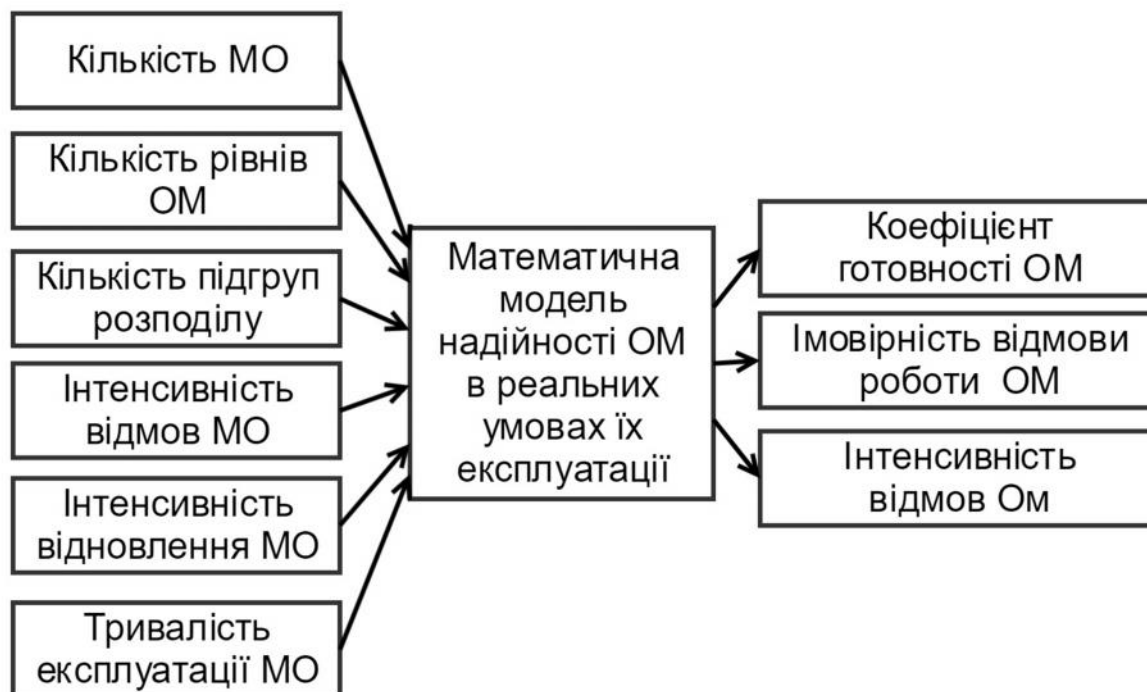


Рис. 1. Система входних та вихідних параметрів математичної моделі локальної обчислювальної мережі

Кількість рівнів ОМ.

В залежності від розмірів локальної обчислювальної мережі, вона може бути дворівневою або трирівневою. В дворівневій локальній мережі комутатори поділяються на комутатори рівня ядра та рівня доступу. Комутатори рівня доступу забезпечують підключення користувачів до обчислювальної мережі, а комутатори рівня ядра забезпечують обмін трафіком між комутаторами доступу.

В трирівневій обчислювальній мережі, окрім комутаторів рівня доступу та рівня ядра, є комутатори

розподілу, що забезпечують обмін трафіком між рівнями ядра та доступу.

Зазвичай, комутатори рівнів ядра та розподілу є більш продуктивними та мають меншу інтенсивність відмов, ніж комутатори рівня доступу. Але час відновлення їхньої роботи більший, а отже інтенсивність відновлення менша.

Кількість підгруп розподілу.

Це кількість автономних підгруп, на які поділена обчислювальна мережа.

Інтенсивність відмов МО

Інтенсивність відмов мережевого обладнання – умовна густина імовірності виникнення відмови об'єкта, яка визначається за умови, що до цього моменту відмова не виникла. Дане число є табличним значенням для кожної моделі мережевого обладнання та визначається як відношення числа об'єктів (апаратури, виробів, деталей, механізмів, пристроїв, вузлів тощо), що відмовили за одиницю часу до середнього числа об'єктів, що справно працювали у даному проміжку часу за умови, що об'єкти, які відмовили не відновлюються і не замінюються справними. Іншими словами, інтенсивність відмов чисельно дорівнює числу відмов за одиницю часу, віднесеному до середнього числа вузлів, що безвідмовно працювали до цього часу.

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_{\text{сер}} \Delta t} = \frac{n(t)}{[N - n(t)] \Delta t} = \frac{f(t)}{P(t)}$$

де N – загальне число виробів, що розглядаються;

$f(t)$ – частота відмов вузлів (деталей);

$P(t)$ – імовірність безвідмовної роботи;

$n(t)$ – число зразків, що відмовили в інтервалі часу від $t - \frac{\Delta t}{2}$

до $t + \frac{\Delta t}{2}$;

Δt – інтервал часу;

$N_{\text{сер}}$ – середнє число зразків, що справно працювали.

Інтенсивність відновлення МО

Це час, що необхідний для виявлення та вирішення проблем з мережевим обладнанням.

Тривалість експлуатації МО

Час експлуатації, за який необхідно розрахувати параметри надійності обчислювальної мережі.

Вихідні параметри

Коефіцієнт готовності ОМ.

Цей коефіцієнт визначає імовірність безвідмовної роботи локальної обчислювальної мережі, враховуючи архітектуру ОМ та часу її експлуатації.

$$K_{\text{net}} = \lim_{t \rightarrow \infty} P_{\text{net}}(t)$$

Коефіцієнт готовності обчислювальної мережі характеризує час недоступності мережі за певний проміжок експлуатації.

Імовірність відмови ОМ.

Цей параметр характеризує імовірність відмови роботи обчислювальної мережі в цілому.

$$P_{\text{відм}} = (1 - P_{\text{роб}}) \cdot 100\%$$

Кількість відмов роботи ОМ за певний час її експлуатації.

Висновки

1. Запропонована математична модель надійності обчислювальної мережі дозволяє оцінити надійність мережі або вибрати архітектуру та принципи побудови мережі з необхідним

коефіцієнтом надійності в процесі проектування реальної обчислювальної мережі. Це в свою чергу зменшує кількість витраченого часу та коштів на процес впровадження обчислювальної мережі.

2. Розроблена модель є універсальною і може бути застосована для розрахунку локальних обчислювальних мереж з різною кількістю рівнів, підгруп розподілу та кількістю мережевого обладнання.

3. В розробленій математичній моделі надійності експлуатації локальних обчислювальних мереж враховано експоненційну модель зміни надійності експлуатації мережевих комутаторів в залежності від часу експлуатації, що максимально наближає отримані результати

розрахунків до параметрів реальної обчислювальної мережі.

Література

1. Каяшев А.І. Анализ показателей надежности локальных компьютерных сетей / Каяшев А.І., Рахман П. А., Шарипов М.І. // «Вестник УГАТУ» Т. 17, № 5 (58). С. 140–149, Уфа: УГАТУ, 2013
2. Власенко К. Показатели надёжности восстанавливаемых устройств технических объектов ИС. Зависимость надёжности от времени/ Власенко К.В. // Режим доступа — <http://vmdbi.net.ua/tnts-lecture-3> – Дата доступа : 20.02.2017.