

СТРУКТУРНА ЖИВУЧІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

Живучість належить до найважливіших характеристик телекомунікаційних мереж у зв'язку з їхнім інтенсивним розвитком в останнє десятиліття. Водночас сучасні тенденції розвитку телекомунікацій, процеси конвергенції мереж, перехід до мереж нового покоління – NGN, FGN – зумовлюють актуальність питань оцінки і підвищення живучості сучасних телекомунікаційних мереж з урахуванням тенденцій їхнього розвитку. В статті викладений приклад розрахунку значення показника надійності зв'язку, яке розраховується в залежності від структури мережі. Визначення надійності зв'язку в мережі між вузлами.

Ключові слова: живучість, надійність, телекомунікаційна мережа, вузол, конвергенція мереж,, показник.

Вступ

Живучість належить до найважливіших характеристик телекомунікаційних мереж (ТКМ) у зв'язку з їхнім інтенсивним розвитком в останнє десятиліття. Під живучістю розуміють здатність ТКМ зберігати і відновлювати виконання основних функцій у заданому обсязі й протягом заданого часу у випадку зміни структури мережі й умов її функціонування внаслідок деяких зовнішніх несприятливих впливів (ЗНВ). Крім того, під живучістю будь-якої системи розуміють її здатність продовжувати функціонування і забезпечувати виконання основних функцій за заданих показників якості обслуговування. Живучість ТКМ аналізують і оцінюють на різних рівнях проектування, моделювання і функціонування, використовуючи різні методи аналізу й оцінки.

Водночас сучасні тенденції розвитку телекомунікацій, процеси конвергенції мереж, перехід до мереж нового покоління – NGN, FGN – зумовлюють актуальність питань оцінки і підвищення живучості сучасних телекомунікаційних мереж з урахуванням тенденцій їхнього розвитку. При цьому особливого значення набувають питання забезпечення структурної живучості мереж у зв'язку з процесами їхньої конвергенції. Структурна живучість розглядається як можливості реконструкції, реорганізації, які дадуть змогу створити структуру, що забезпечує функціонування мережі

Оцінка структурної надійності та живучості.

Розглянемо задачу визначення надійності зв'язку в мережі між вузлами a_s і a_t , якщо задано безліч шляхів, які можуть бути використані для цього зв'язку, відомі значення ймовірності безвідмовної роботи P_{ij} всіх ребер мережі.

Значення показника надійності ρ_{st}^k шляху μ_{st}^k , виходячи з визначення (без урахування надійності вузлів), знаходиться за формулою:

$$\rho_{st}^k = \prod_{\forall b_{ij} \in \mu_{st}^k} P_{ij}$$

При визначенні показника надійності зв'язку в мережі між вузлами і враховуються надійність всієї сукупності шляхів, з'єднують дані вузли:

$$\rho_{st} = \rho(m_{st})$$

Значення показника надійності зв'язку розраховується в залежності від структури мережі. При послідовному з'єднанні елементів з показниками надійності P_1, P_2, \dots, P_n (рис. 1) використовують співвідношення:

$$P = P_1 P_2 \dots P_n,$$

де n – кількість послідовно з'єднаних елементів.

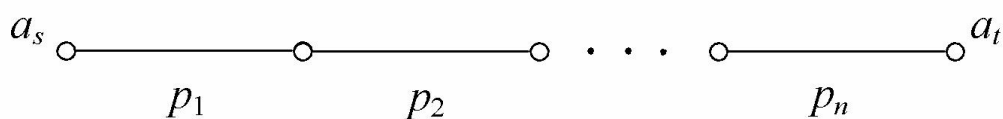


Рис. 1. Послідовне з'єднання елементів мережі.

При паралельному з'єднанні елементів використовується вираз:

$$p = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - p_i)$$

Наприклад, показник надійності зв'язку в мережі між двома вузлами, пов'язаними двома паралельними елементами (рис. 2), визначається з виразу:

$$p = p_1 + p_2 - p_1 p_2$$

Визначення значення показника надійності зв'язку розглянемо на прикладі для мережі, що має структуру, представлену на рис. 3.

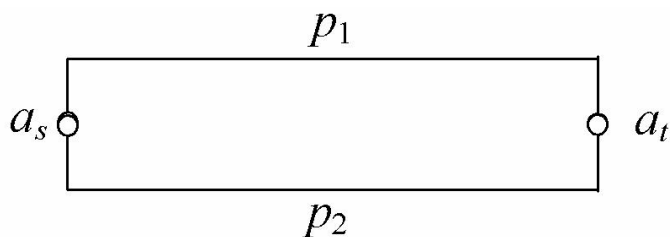


Рис. 2. Паралельне з'єднання елементів мережі.

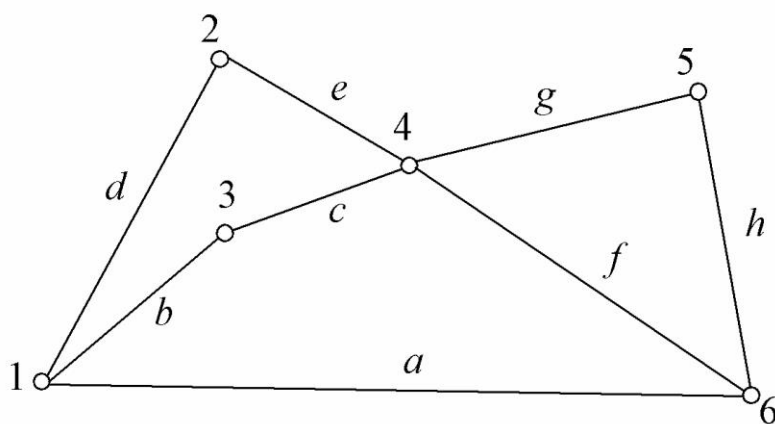


Рис. 3. Приклад структури мережі.

Нехай необхідно визначити надійність зв'язку між вузлами 1 і 6, якщо відомі значення ймовірності безвідмовної роботи ребер. Аналіз структури мережі показує, що зв'язок між вузлами 1 і 6 можна представити як послідовно-паралельне з'єднання елементів наступного виду (рис. 4).

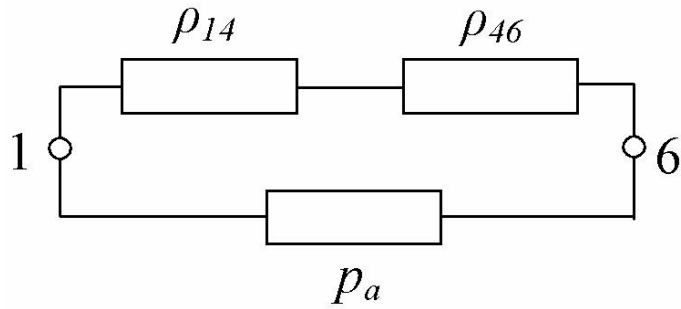


Рис. 4. Еквівалентне з'єднання елементів мережі.

На рис. 4 позначені: P_a – ймовірність безвідмовної роботи ребра; ρ_{14} – показник надійності зв'язку між вузлами 1 і 4; ρ_{46} – показник надійності зв'язку між вузлами 4 і 6.

Використовуючи правила розрахунку показника надійності для різних варіантів з'єднання елементів, одержимо:

$$\rho_{16} = 1 - [(1 - p_a)(1 - \rho_{14}\rho_{46})];$$

$$\rho_{14} = p_b p_c + p_d p_e - p_d p_e p_b p_c;$$

$$\rho_{46} = p_f + p_g p_h - p_f p_g p_h.$$

Звідси,

$$\rho_{16} = 1 - [(1 - p_a)(1 - (p_b p_c + p_d p_e - p_b p_c p_d p_e)(p_f + p_g p_h - p_f p_g p_h))].$$

Надалі оцінка живучості мережі. Розглянемо мережу, структура якої, представлена у вигляді графа на рис. 5.

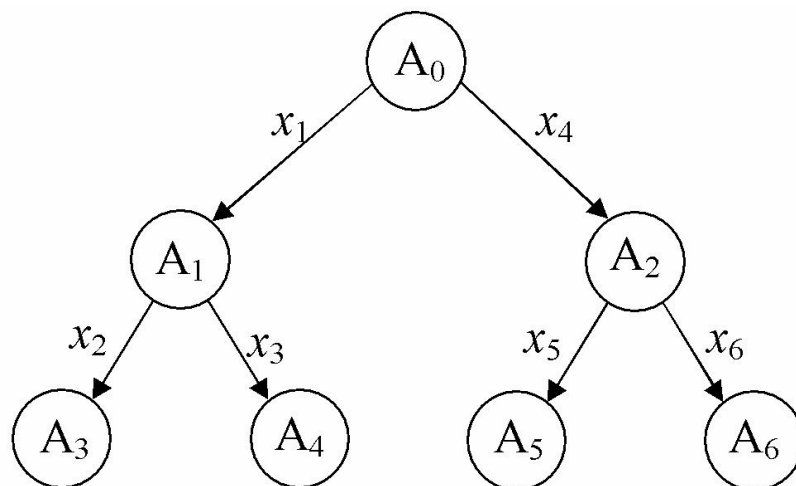


Рис. 5. Граф, що моделює структуру мережі.

Телекомунікаційну мережу будемо вважати зв'язаною, якщо вузол верхнього ярусу (A_0) буде мати зв'язок хоча б з одним вузлом нижнього ярусу (A_3, A_4, A_5, A_6). Для кількісної оцінки живучості мережі введемо показник:

$$P_{жс} = \sum_{i=1}^S K_i P_i,$$

де S – кількість різних варіантів стану мережі в результаті впливу; K_i – показник якості системи в i -му стані; P_i – ймовірність того, що в результаті впливу система опиниться в i -му стані.

Показник якості знаходиться як математичне сподівання кількості вузлів нижнього ярусу, які будуть мати зв'язок з вузлом верхнього ярусу після екстремального впливу:

$$K_i = \frac{n_i}{N},$$

де n_i – кількість вузлів нижнього ярусу, які залишилися пов'язаними з вузлом верхнього ярусу після екстремального впливу;

N – загальна кількість вузлів нижнього ярусу.

Значення ймовірності того, що в результаті впливу система опиниться в i -ому стані, визначається з формули:

$$P_i = 1 - C_m^l q^l (1-q)^{m-l},$$

де m – загальне число ліній зв'язку; q – ймовірність ураження лінії X_i при одноразовому впливі, l – кратність впливу ($l = 1, 2, \dots$);

$$C_m^l = \frac{m!}{l!(m-l)!} \text{—число сполучень з } m \text{ по } l;$$

Таким чином, вираз для обчислення показника живучості можна записати у вигляді:

$$P_{жс} = \frac{\sum_{i=1}^S \frac{n_i}{N}}{C_m^l} \left[1 - C_m^l q^l (1-q)^{m-l} \right].$$

Визначимо показник живучості мережі заданої структури (рис. 5) при одноразовому впливі, якщо $q = 0,1$. Для зручності розрахунків складається табл. 1.

Розрахунок живучості мережі заданої структури.

i		Стан системи							n_i	$\frac{n_i}{N}$
		x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6			
1	1	0	1	1	1	1	1	4	2	0,5
2	1	1	0	1	1	1	1	4	2	0,5
3	1	1	1	0	1	1	1	4	3	0,75
4	1	1	1	1	0	1	1	4	3	0,75
5	1	1	1	1	1	0	1	4	3	0,75
6	1	1	1	1	1	1	0	4	3	0,75

В колонках значення 0 означає поразку лінії, значення 1 - працездатність лінії.

У нашому випадку $m = 6, l = 1$, $C_m^l = \frac{m!}{l!(m-l)!} = \frac{6!}{1! \cdot 5!} = 6 \sum_{i=1}^6 \frac{n_i}{N} = 2 \cdot 0,5 + 3 \cdot 0,75 = 4$.

Підставимо отримані значення у формулу для розрахунку показника живучості:

$$P_{жс} = \frac{4}{6} [1 - 6 \cdot 0,1 \cdot (1 - 0,1)^{6-1}] = 0,43$$

Видно, що навіть при одноразовому впливі живучість аналізованої мережі невелика. Підвищити живучість дозволить, наприклад, введення додаткових зв'язків.

Література

1. Воробієнко П.П., Нікітюк Л.А., Резніченко П.І. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: Підруч. для ВНЗ. – К.: «Саммит-книга», 2010. – С. 146–180.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов. 4-е изд. – СПб.: «Питер», 2010. – С. 214–255.
3. Стеклов В.К., Беркман Л.Н. Проективання телекомунікаційних мереж: підруч. для студ. вищ. навч. закл. за напрямком «Телекомунікації»/ за ред. В.К. Стеклова. – К.: «Техніка», 2002. – С. 94–173.

4. 1. Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. – К.: Наук. думка, 2011. – 256 с.
5. Стекольников Ю.И. Живучесть систем – СПб.: Политехника, 2002. – 155 с.
6. Зайченко Ю.П., Мохаммадреза Моссавари. Анализ показателей живучести компьютерной сети с технологией MPLS // Вісник Національного технічного університету “КПІ”. Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – Вип. 43. – 2005. – С. 73-80.
7. Синтез и анализ живучести сетевых систем : монография / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 152 с.
8. Князева Н.А., Ненов А.Л. Метод оценки структурной надежности сети при изменении ее структуры // Вісник ДУІКТ. Т.9. – 2011. – № 4. – С. 318–325.
9. Кутасин Б.П., Ящук Л.Е. Некоторые вопросы применения ЭВМ для управления сетью святой // Труды ОЭИС им. А.С.Попова. – Вып. 18. – Одесса: Изд ОЭИС, 1969. – С. 3–12.
10. Князева Н. А. Алгоритмы оценки структурной живучести инфокоммуникационной сети // Сучасні інформаційно-комунікаційні технології. VIII наук.- техн. конф.: збірник тез. – К.: 2012. – С. 192–193.