

Рис. 3. Диференціальна групова затримка волокна

Ця модель дає можливість обчислити ДГЗ для будь-якої довжини хвилі. Після проведеного моделювання можна зробити висновок, що за однакових значень азимутів і затримки кожного з сегментів для різної довжини хвилі ми отримаємо різні значення ДГЗ, але загальний статистичний характер залежності і середнє значення ДГЗ залишаються приблизно однаковими.

1. Убайдулаев Р.Р. Волоконно-оптичские сети. – М., 2000. 2. Каток В.Б. Волоконно-оптичні системи зв'язку. – К., 1999. 3. Шерклифф У. Поляризований світ. – М., 1965. 4. Klymash M., Chernikhivsky Y., Shyika Y. The Modelling of Optical Fibers Polarization Characteristics Using Muller and Jones Matrices. Матеріали Міжнародної конференції "Сучасні проблеми радіоелектроніки, телекомунікацій і комп'ютерної інженерії – TCSET2004" – Львів–Славсько, 24–28 лютого 2004 р. 5. Аззам Р., Башара Н. Еллипсометрия и поляризованный свет. – М., 1981. 6. Джеррард А., Берч Дж. М. Введение в матричную оптику. – М., 1978.

УДК 681.32.03

М.М. Климаш<sup>1</sup>, Л.С. Гец<sup>2</sup>, Т.В. Андрухів<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра телекомунікацій,

<sup>2</sup> Львівська філія ВАТ "Укртелеком"

### ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ ПОТОКІВ МІСЬКИХ ТРАНСПОРТНИХ SDH-МЕРЕЖ З РЕЗЕРВУВАННЯМ

© Климаш М.М., Гец Л.С., Андрухів Т.В., 2005

Досліджено основні методи резервування потоків в SDH-мережах та пропускну здатність мережі на основі кілець типу MS SPRing. Визначено структурну надійність діючої транспортної мережі м. Львова та запропоновано спосіб для підвищення структурної надійності мережі.

The main methods of streams reservation in SDH networks, network capacity on the basis of MS SPRing have been outlined. Structure reliability of Lviv current transport network has been determined and a way which would allow to increase structure reliability of this network has been found.

У зв'язку з постійним ростом обсягу послуг та пропускну здатностей постає питання ефективної оптимізації потоків із врахуванням резервування. Особливо гостро це питання стосується міських мереж. Для вирішення питання оптимізації потоків із врахуванням резервування в міських

SDH-мережах пропонується провести аналіз пропускної здатності двоволоконного кільця MS SPRing залежно від кількості вузлів та AUG-потоків.

Для розв'язання поставлених завдань були використані такі вхідні дані:

- граф транспортної мережі м. Львова;
- діючі пропускні здатності кільця рівнів STM-4 та STM-16;
- розподіл потоків між вузлами в мережі;
- для розрахунку структурної надійності застосовано метод об'єднання простих ланок.

Частковими вхідними даними можна вважати організацію SDH-мереж на базі дво- та чотириволоконних кільць із використанням схем захисту MS SPRing, MS DPRing та SNCP [1]. Тому насамперед розглянемо особливості вказаних методів резервування потоків.

Кільця з захистом мультиплексної секції з розділенням ресурсів типу MS SPRings (Multiplex Section Shared Protection Rings) відносяться до схем захисту маршруту потоку даних і застосовуються для двоволоконних та чотириволоконних варіантів використання середовища передачі. У двоволоконному кільці MS SPRing 50 % ємності кожного оптичного волокна віддано під основний трафік і 50 % – під трафік захисту. Для чотириволоконного кільця для передачі робочих та захисних каналів використовуються різні кільця.

Іншою схемою захисту потоків є захист мультиплексних секцій з виділенням кільцем MS DPRing. Ця схема захисту аналогічно до попередньої застосовується для двоволоконного та чотириволоконного середовища передачі. Однак відмінністю є те, що усі кільця розділяються на дві групи, по одній з яких передається робочий трафік, а інша призначена для захисту цього робочого трафіку. В цьому сенсі MS DPRing є технологією розділення ресурсів кільць.

І ще одним методом є захист з'єднання підмережі типу SNCP, основою якого є механізм захисту виділеної частини мережі, який дає можливість захистити віртуальні контейнери будь-якого рівня (VC – n) всередині мультиплексної секції за допомогою схеми захисту 1+1. Для цього основний трафік передається одночасно в обох напрямках, а у вузлі приймання здійснюється вибір одного з сигналів із кращими характеристиками.

### 1. Дослідження пропускної здатності мережі на основі кільць типу MS SPRing

Розрахунок пропускної здатності проводився для дво- та чотириволоконних кільць різних рівнів STM-N (STM – 4, STM – 16, STM – 64) та залежно від кількості вузлів та потоків груп адміністративних блоків AUG [2]. На рис. 1 зображена залежність пропускної здатності для двоволоконного кільця типу MS SPRing від кількості вузлів, яка показує збільшення пропускної здатності за збільшення вузлів.

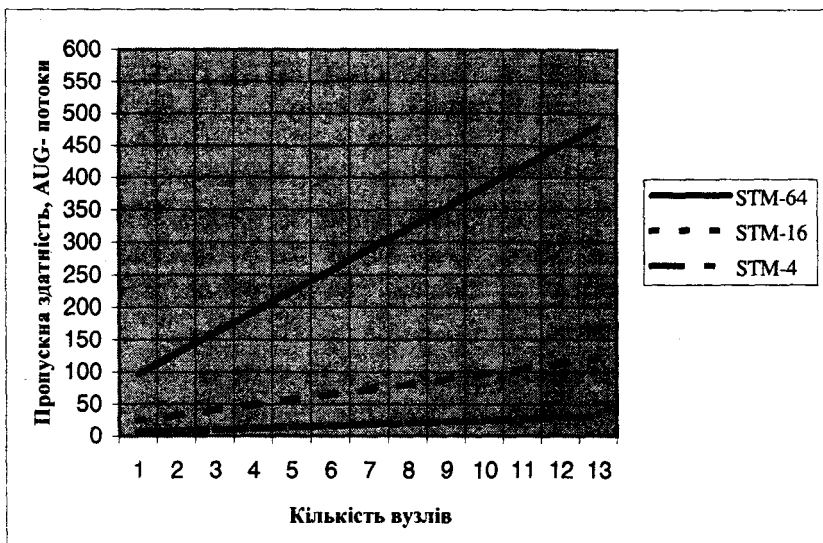


Рис. 1. Залежність пропускної здатності двоволоконного кільця MS SPRing від кількості вузлів

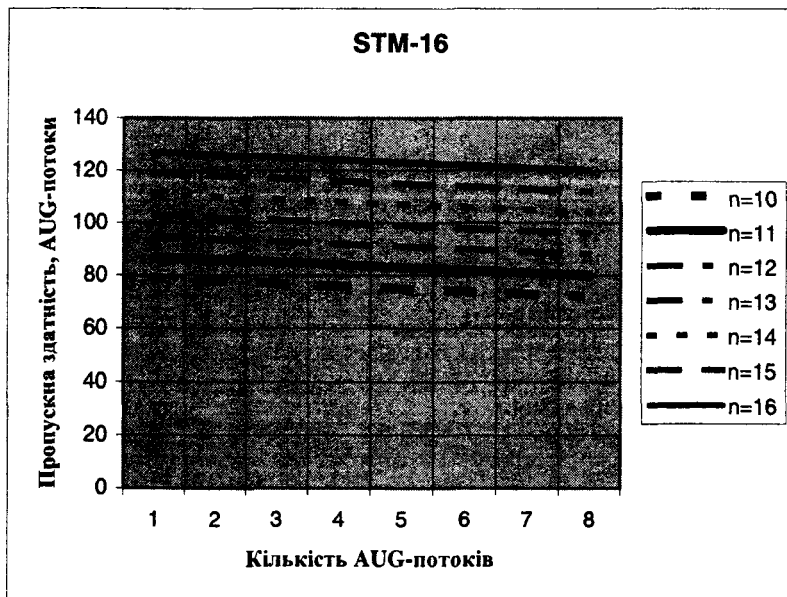


Рис. 2. Залежність пропускної здатності двоволоконного кільця MS SPRing від кількості AUG-потоків рівня STM-16

Як бачимо, за збільшення навантаження (рис. 2), яке проходить через кожний вузол, загальна пропускна здатність буде знижуватись.

Дослідження пропускної здатності проводились для того, щоб за заданого або ж розрахованого навантаження на мережу можна було б чітко визначити потрібну кількість вузлів та пропускну здатність для такого кільця.

## 2. Розрахунок структурної надійності

Для розрахунку структурної надійності використовувався метод об'єднання простих ланок. Суть цього методу полягає у тому, що мережа подається у вигляді неорієнтованого графа [4]

$$G = \{D, P\}, \quad (1)$$

який складається з множини елементів графа  $D = \{d_{ij}\}$ , що містить множини вершин  $V = \{v_i\}$  та множини ребер  $L = \{l_{ij}\}$  (тобто  $D = V \cup L$ , але  $V \cap L = \emptyset$ ),  $P = \{p(d_{ij})\}$  – множина ймовірностей полагодженого стану елементів графа.

Метод об'єднання простих ланок орієнтований на опис події зв'язності вершин  $v_x$  та  $v_y$ . Для розрахунку структурної надійності використовується формула [3]

$$E_{x,y} = \sum_{n=1}^m \mu_n \prod_{v=1}^{n-1} \overline{\mu_{v,n}}, \quad (2)$$

де  $m$  – кількість простих ланок, що входять в множину  $M_{x,y}$ ;  $n$  – індекс наступної простої ланки;  $v$  – індекс попередньої простої ланки;  $\mu_n$  – символ існування  $n$ -ї простої ланки; а  $\overline{\mu_v}$  – символ неіснування  $v$ -ї простої ланки.

Формула (2) є проміжною і уможливорює легко перейти до остаточної формули розрахунку структурної надійності

$$E_{x,y} = \prod_{n=1}^m \overline{\mu_n} + \sum_{n=m+1}^m \mu_n \prod_{v=1}^{n-1} \overline{\mu_{v,n}}, \quad (3)$$

де  $\overline{\mu_n}$  – кількість простих ланок, що входять в підмножину незалежних ланок; символом  $\prod_{n=1}^m \overline{\mu_n}$  позначена подія існування хоча б однієї простої ланки з підмножини незалежних простих ланок.

Результати щодо розрахунку структурної надійності транспортної мережі м. Львова наведені у табл. 1.

Таблиця 1

### Структурна надійність діючої транспортної мережі м. Львова

x	y	Ймовірність зв'язності $v_x$ та $v_y$	Ймовірність незв'язності $v_x$ та $v_y$
1	2	0,9513565135334	0,0486434864666
1	3	0,8966763855538	0,1033236144462
1	4	0,8560622919178	0,1439377080822
1	5	0,8233242126571	0,1766757873429
1	6	0,8001213348468	0,1998786651532
1	7	0,8678501438809	0,1321498561191
1	8	0,9058145247661	0,0941854752339
1	9	0,9543693661008	0,0456306338992
1	10	0,9513565135334	0,0486434864666
1	11	0,8986175482847	0,1013824517153
1	12	0,8284793895991	0,1715206104009
1	13	0,8233242126571	0,1766757873429

Із поданих результатів можна зробити висновок, що ймовірність зв'язності між вузлами в діючій транспортній мережі досить мала.

### 3. Спосіб підвищення структурної надійності

Незважаючи на всі позитивні якості, діюча транспортна мережа (рис. 3.) має такі недоліки:

- досить велика завантаженість мережі за рахунок взаємодії кільцець через спільне ребро;
- під час аварії, наприклад від 1 вузла до 6, обхідний шлях для такого маршруту буде надто довгим;
- мала ймовірність зв'язності між вузлами в мережі.

Тому для уникнення вказаних недоліків необхідно провести модернізацію схеми організації транспортної мережі м. Львова (рис. 4.). При цьому зберігаються кількість вузлів у мережі, дійсні значення потоків та рівні синхронних транспортних модулів STM-4 та STM-16. Особливістю такої організації є те, що два кільця об'єднані за допомогою двох пар вузлів [5].

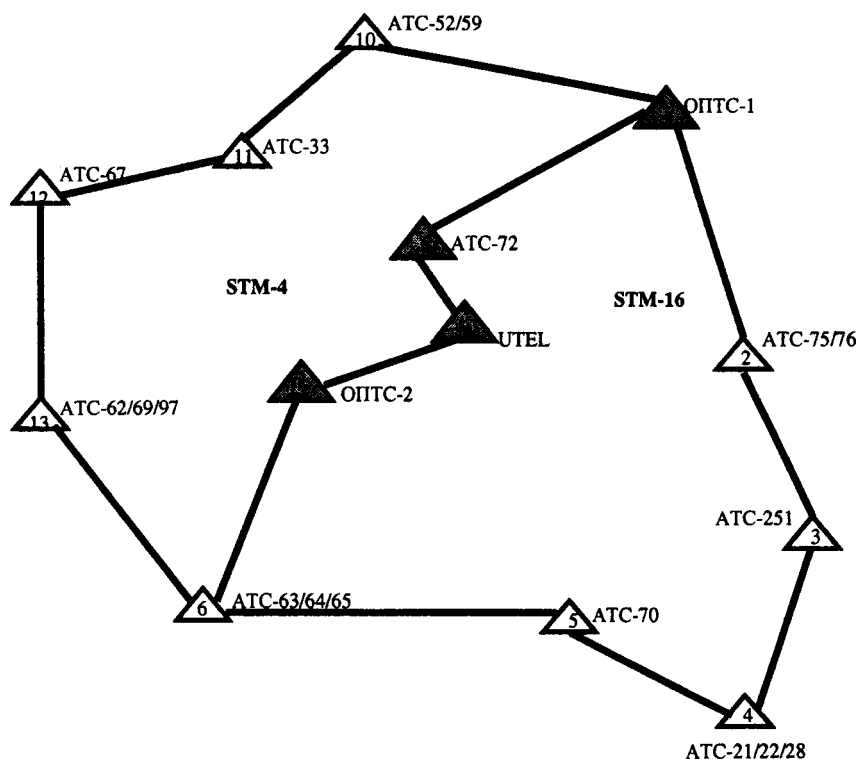


Рис. 3. Діюча транспортна мережа м. Львова

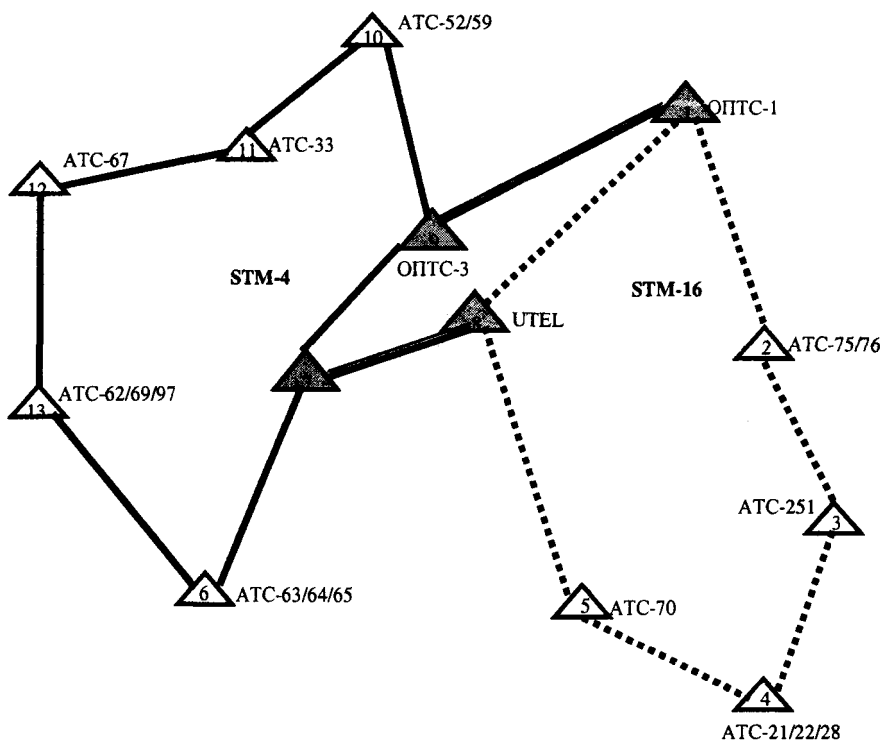


Рис. 4. Пропонована схема організації транспортної мережі м. Львова

Такий спосіб об'єднання кілець забезпечує захист від будь-яких поодиноких відмов, а також від подвійних пошкоджень за умови, що пошкоджені ділянки знаходяться в різних кільцях. Така структура дає змогу так перерозподілити потоки, що запропонована мережа уможливить передавати на 8 % більше інформації.

Те, що запропонована мережа також вирішує проблему надійності, свідчать зведені результати розрахунків структурної надійності (табл. 2).

Таблиця 2

**Зведені результати розрахунку структурної надійності**

x	y	Ймовірність зв'язності $v_x$ та $v_y$ (для діючої транспортної мережі)	Ймовірність зв'язності $v_x$ та $v_y$ (для запропонованої мережі)	Виграш структурної надійності, %
1	2	0,9513565135334	0,9749176560787	2,4
1	3	0,8966763855538	0,9548994223500	6,4
1	4	0,8560622919178	0,9482457805541	10,8
1	5	0,8233242126571	0,9549942235000	15,9
1	6	0,8001213348468	0,9084006101240	13,5
1	7	0,8678501438809	0,9767748495960	12,6
1	8	0,9058145247661	0,9749176560787	7,6
1	9	0,9543693661008	0,9840753123960	3,1
1	10	0,9313565135334	0,9431216630489	1,3
1	11	0,8986175482847	0,9289551126664	3,4
1	12	0,8284793895991	0,9273654929014	11,9
1	13	0,82332421265710	0,9383391122337	14,0

Як бачимо, виграш структурної надійності між вузлами 1 (ОПТС-1) та 6 (АТС-63/64/65) становить 13,5 %. Найменший виграш структурної надійності – 1,3 % між вузлами 1 (ОПТС-1) та 10 (АТС-52/59), а найбільший – 15,9 % між вузлом 1 (ОПТС-1) та вузлом 5 (АТС-70).

## Висновки

Дослідження основних методів резервування SDH-мереж та особливостей застосування їх у реальній транспортній інформаційній мережі зумовлене насамперед швидкими темпами розвитку сучасних технологій, які вимагають все більших пропускних здатностей, а найголовніше – відповідного рівня надійності та якості передавання інформації. Передумовою для нової організації транспортної мережі м. Львова стали недоліки, які існують в теперішній мережі. Розрахунок структурної надійності остаточно доводить доцільність модернізації схеми організації транспортної інформаційної мережі м. Львова. Виграш у структурній надійності забезпечить покращання якості передавання інформації на подальшому етапі модернізації мережі.

1. ITU-T Rec.G.841. *Types and Characteristics of SDH Network Protection Architectures* (10.98). 2. Cisco ONS 15454 *SDH Installation and Operations Guide*, R3.3. 3. Филлин Б.П. *О принципе дуальности в задачах анализа структурной надежности сложных систем* // *Авт.* – 1989. – № 6. 4. Басакер Р., Саати Т. *Конечные графы и сети.* – М., 1974. 5. ITU-T Rec.G.842. *Interworking of SDH Network Protection Architectures* (4.97).