1. Слепов Н. Н. Принципы плезиохронной и синхронной цифровых иерархий (PDH и SDH) // Сети. 1995. №9. С. 90-101. 2. Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети. Nokia Telekomunications. М., 1998. 3. Правила проектирования, строительства и эксплуатации волоконно-оптических линий связи по воздушным линиям электропередачи напряжением 110 кВ и выше. М., 1998. 4. ITU-T Recomendation G.782. Types and General Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Equipment (1990, Revised 1.94). 5. ITU-T Recomendation G.783. General Characteristics of Synchronous Digital Hierarchy (SDH) Multiplexing Equipment (1990, Revised 1.94).

УДК 621.396.

Климаш Михайло[1], Черниxівський Євген [1], Дембіцький Степан [2]

[1] ДУ “Львівська політехніка”, кафедра телекомунікацій

[2] Львівська дирекція УДПЕЗ “Укртелеком”

РОЗРАХУНОК ДОВЖИНИ РЕГЕНЕРАЦІЙНОЇ ДІЛЯНКИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ ЗА ДИСПЕРСІЙНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА

© Климаш Михайло, Черниxівський Євген, Дембіцький Степан, 2000

Розглянуто два методи розрахунку довжини регенераційної ділянки (за затуханням і за дисперсією), проаналізовано основні типи оптичних волокон і вітчизняних ІКМ – систем передачі інформації з точки зору довжини регенераційної ділянки, запропоновано новий метод розрахунку довжини регенераційної ділянки за дисперсійними характеристиками компонент.

There are two calculation methods of span length regeneration (calculation by loss and by dispersion) reviewed in this article, as well as review of basic optical fibers types and home-made communication systems called "PCI". On the strength of components dispersion characteristics there is new calculation method of span length regeneration proposed.

Провідне місце в техніці інформаційних систем і технологій посідає передача інформації за допомогою світлового випромінювання по спеціальних напрямних структурах – світловодах. Зараз волоконно-оптичні системи передачі (ВОСП) займають щораз більшу частину усіх систем передачі інформації. У проектуванні систем передачі визначальними є два фактори – забезпечення технічних характеристик (швидкість передачі, завадозахищеність, коефіцієнт помилок) і вартісний показник. ВОСП при порівняно низькій вартості задовольняють вимогам за технічними параметрами і надійністю.

Вартість системи та імовірність помилки в системі прямо пов’язані з довжиною регенераційної ділянки системи. Довжина регенераційної ділянки може визначатися кількома параметрами: затуханням, дисперсією компонент, а також часом затримки сигналу

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

між передавачем і приймачем (в ряді протоколів комп'ютерних мереж). Оптичні компоненти, виготовлені за сучасними технологіями, дають змогу забезпечити швидкість передачі інформації до 10 Гбіт/с. Існують експериментальні моделі систем передачі з швидкістю передачі до 20 Гбіт/с на одній оптичній несучій. Сьогодні при проектуванні ВОСПІ традиційною методикою розрахунку довжини регенераційної ділянки є розрахунок її за затуханням, визначення критичної швидкості передачі $B_{кр}$ для заданих компонент, порівняння її з потрібною швидкістю передачі в системі і на основі цих даних обчислення реальної довжини регенераційної ділянки.

Довжина регенераційної ділянки за затуханням визначається таким виразом:

$$L_{p1макс} = \frac{Q - p_з - \alpha_{ив} - N\alpha_{вв} - \alpha_{вп}}{\alpha}. \qquad (1)$$

де $L_{p1\ макс}$ – максимальна довжина регенераційної ділянки, км; Q – енергетичний потенціал апаратури ВОСП, дБ; $p_З$ – запас за потужністю, дБ; $\alpha_{ив}$ – затухання на з'єднанні "джерело – волокно", дБ; $\alpha_{вв}$ – затухання на з'єднанні "волокно – волокно", дБ; $\alpha_{вп}$ – затухання на з'єднанні "волокно – приймач", дБ; α – коефіцієнт затухання, дБ/км; N – кількість зварних з'єднань на ділянці.

Для розрахунку довжини ділянки регенерації за дисперсією спочатку знаходять критичну швидкість передачі для даної системи за формулою:

$$B_{кр}=\alpha/4\ \sigma_1 \omega \qquad (2)$$

де $\omega = Q\text{-}\alpha_{ив}\text{-}\alpha_{вп}$, σ_1 – сумарна кілометрична дисперсія ОВ, нс/км.

Якщо швидкість передачі інформації більша, ніж критична, то довжина регенераційної ділянки обмежена дисперсійними спотвореннями і визначається виразом :

$$L = (4\ \sigma_1 B)^{-1} \qquad (3)$$

де B – швидкість передачі в лінії.

Якщо $B \leq Bкр$, то довжина ділянки регенерації обмежується затуханням.

Як відомо, на високих швидкостях передачі довжина регенераційної ділянки визначається саме дисперсійними характеристиками оптичних складових ВОСПІ. Сучасні технології виготовлення напівпровідникових компонент системи (джерело випромінення , фотоприймач) дають змогу отримати прилади з високими швидкісними характеристиками. Особливо це стосується напівпровідникового лазера, вказані параметри якого близькі до ідеальних. Отже, довжина ділянки регенерації буде визначатися дисперсією оптичного волокна (ОВ) та інерційністю приймача оптичного випромінення. Прийнявши, що джерело випромінювання і приймач є ідеальними, ми можемо розрахувати довжину регенераційної ділянки, виходячи з потенційних можливостей ОВ. В табл. 1 наведено типові параметри для основних типів сучасних ОВ.

Для оцінки довжини регенераційної ділянки приймається, що імпульс в ОВ розмивається рівномірно в двох напрямках на величину дисперсії волокна на одиницю довжини. Довжина регенераційної ділянки буде дорівнювати відстані, на якій два імпульси за рахунок дисперсії "з'єднаються" між собою за рівнем амплітуди 0,5.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Таблиця 1

Типові параметри основних типів сучасних ОВ

Оптичне волокно	Затухання, дБ/км	Дисперсія, нс/км
Багатомодове ступінчасте (БМОВС)	2,5	20 – 50
Багатомодове градієнтне (БМОВГ)	1,5	1 – 4
Одномодове (ООВ)	0,3	$1 – 6 * 10^{-3}$
Одномодове поляризаційне (ООВП)	0,2	$9,2 * 10^{-5}$

Даний метод для визначення довжини регенераційної ділянки за дисперсією було використано у розрахунках для сучасних вітчизняних ВОСП з імпульсно-кодовою модуляцією (ІКМ). В табл. 2 наведено основні параметри цих систем.

Таблиця 2

Основні параметри ВОСП з імпульсно-кодованою модуляцією

Система	Швидкість передачі інформації, Мбіт/с	Швидкість в лінії, Мбіт/с	Код	Тривалість імпульсу, нс
ІКМ – 30	2,048	4,096	CMI	244
ІКМ – 120	8,448	10,139	5B6B	98,6
ІКМ – 480	34,368	41,242	5B6B	24
ІКМ – 1920	139,264	167,117	10B1P1R	5,98
ІКМ – 7680	540	668,428	10B1P1R	1,5

В табл. 3 наведені дані довжини регенераційної ділянки для систем ІКМ з використанням різних типів оптичного волокна.

Таблиця 3

Довжини регенераційної ділянки для систем ІКМ

	БМОВС	БМОВГ	ООВ	ООВП
ІКМ – 30	4,88	61	40 667	$26,5 * 10^5$
ІКМ – 120	1,972	24,65	16 443	$10,7 * 10^5$
ІКМ – 480	0,48	6,0	4 000	$2,6 * 10^5$
ІКМ – 1920	0,1196	1,495	996	$65 * 10^3$
ІКМ – 7680	0,03	0,375	250	$16,3 * 10^3$

Порівнявши отримані результати з реальними системами передачі,де довжина регенераційної ділянки обмежена дисперсією, можна зробити висновок, що їх довжини відрізняються лише на величину, що визначається дисперсійними параметрами оптичного приймача і джерела випромінювання.

З удосконаленням технології виготовлення фотоприймачів і напівпровідникових лазерів їх характеристики постійно покращуються, тобто можна припустити, що в недалекому майбутньому їх параметри наблизяться до ідеальних, а визначальним обмежувальним фактором довжини регенераційної ділянки стане оптичне волокно.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua

Отже, запропонований підхід до визначення довжини регенераційної ділянки для ВОСПІ з ідеальними джерелом випромінення і фотоприймачем дає можливість оцінити реальний бар'єр максимальної відстані передачі оптичних сигналів без регенерації. Наведені розрахунки відповідають довжинам регенераційних ділянок для БМОВГ і ООВ сучасних ІКМ-систем. При використанні одномодового поляризаційного волокна довжина регенераційної ділянки буде обмежена затуханням. Розрахунки для систем передачі ІКМ-1920 і ІКМ-7680 можуть бути застосовані і до синхронних систем передачі рівня STM-1 і STM-4, оскільки швидкості передачі в лінії для цих систем приблизно однакові.

1. Корнейчук В., Макаров Т., Панфилов И. Оптические системы передачи. К., 1994. 2. Андрушко Л.М., Вознесенский В.А., Каток В.Б. Справочник по волоконно-оптическим линиям связи. К., 1988. 3. Адамс М. Введение в теорию оптических волноводов. М., 1984. 4. Гауэр Дж. Оптические системы связи. М., 1989. 5. Шереметьев А. Г. Когерентная волоконно-оптическая связь. М., 1991. 6. Персоник С.Д. Фундаментальные пределы в оптической связи // ТИИЭР. 1981. 69. №2. 7. Гроднев И.И., Ларин Ю.Т., Теумин И.И. Оптические кабели. М., 1985.

Lviv Polytechnic National University Institutional Repository http://ena.lp.edu.ua