

П.В.Маркевич¹⁾, аспірант, каф. ТЕ
О.В.Дробнич¹⁾, к.ф.-м.н., докторант, каф. ТЕ
В.М.Різак¹⁾, д.ф.-м.н., професор, зав. каф. ТЕ

МАКСИМАЛЬНО ДОПУСТИМИЙ ПЕРЕГІН ПАЧКОРДУ ТИПУ SM НА ДОВЖИНІ ХВИЛІ 1550нм

У статті розглянуто залежність загасання оптичного сигналу в пачкорді типу SM від радіуса перегину при вимірюванні на робочій довжині хвилі "С" діапазону, що широко використовується для передачі сигналів в сучасних телекомунікаціях при DWDM-, CWDM-мультиплексуванні та ШСД технології, описано основні характеристики оптичного волокна як середовища передачі інформації. Графічно зображено приклад залежності затухання від радіуса згину. Наведено результати дослідження методом тестування 9/125 Single Mode Fiber вимірювальним обладнанням фірми EXFO.

Ключові слова: загасання оптичного сигналу, радіус згину.

In article the dependence of visual signal attenuation in patchcord sort of SM from bend radius at operating wavelength "C" waveband, which is widely used for signal transmission in modern telecommunications at DWDM-, CWDM- multiplexing and broadband internet access, measuring is considered, and the optical fibre main characteristics as an environment of information transmission are described. Here also an example of waveband radius is graphically represented. In the article you can find the results of investigation made by 9/125 Single Mode Fiber test method, with gaging equipment by EXFO company.

Keywords: fading of visual signal, radius of bend.

Вступ

Волоконна оптика як середовище передачі інформації являє собою новітню технологію що, можна сказати, за допомогою технологій спектрального ущільнення та можливостей сучасних передавачів, тільки починає свій розвиток і широке впровадження. На даному етапі експлуатації та вдосконалення кінцевого обладнання у волоконнооптичних лініях досягнуто швидкості яка дорівнює 40 Гбіт/с і в найближчій час очікується до 100 Гбіт/с.

Якщо порівнювати оптичне волокно зі звичайним мідним кабелем то можна виділити його наступні переваги:

- широка смуга пропускання;
- мале затухання світлового сигналу в волокні (0,2-0,3 дБ/км при 1550 нм; менше 1,0 дБ/км для одномодових волокон (SM), менше 1,5 для багатомодових (MM) при довжині хвилі 1310 нм та 2-5 дБ/км при 850 нм);
- висока завадозахищеність;

¹ Ужгородський національний університет

- низький рівень шумів;
- порівняно мала вага та об'єм;
- висока захищеність від несанкціонованого доступу;
- довгий термін експлуатації;
- економічність.

Із наведених вище якостей даної системи передачі можна зробити висновок, що оптоволокно є безсумнівно майбутнім провідного зв'язку гарантованої якості та дешевизни. У зв'язку з масовим впровадженням даної технології в інформаційних мережах актуальним буде практичне її тестування на прикладі найбільш використовуваних патчкордів типу Single Mode, що є проміжною ланкою між ODF та обладнанням, прокладені в шафах типу F1st, патчпанелях і зазнають найбільших експлуатаційних навантажень шляхом скручування та перегину. Внаслідок чого встановлено закономірності залежності загасання оптичного сигналу від радіусу згину волокна.

Експериментальні результати роботи та їх обговорення

Оптичне волокно, незалежно від його типу Single Mode чи Multi Mode, характеризуються двома основними параметрами, нехтувати якими неможна і від яких залежить довжина регенераційної ділянки системи передачі даних. Суди відносяться такі поняття як:

- дисперсія;
- затування(загасання).

Дисперсія являє собою розширення світлового імпульсу в процесі його проходження по оптичному волокну, вона обмежує ширину смуги пропускання та інформаційну ємність кабелю. В загальному випадку дисперсія характеризується трьома основними факторами, що наведені нижче і виводиться з (1):

- міжмодова дисперсія τ_{mod}
- хвилева дисперсія τ_w
- матеріальна дисперсія τ_{mat}

$$\tau^2 = \tau_{mod}^2 + (\tau_{mat} + \tau_w)^2 = \tau_{mod}^2 + \tau_{chr}^2$$

Затування – втрати оптичної енергії сигналу під час проходження світла по волокну, залежить від довжини хвилі λ (нм) і вимірюється в децибелах на кілометр (дБ/км). В сучасних телекомунікаційних системах використовують три піки мінімального затування хвиль оптичного діапазону в межах від 800 нм до 1550 нм: це 850, 1300, 1550нм, оскільки тут поглинання тут є найнижчим.

Для визначення затування, що пов'язане з поглинанням та розсіюванням, використовують формули (2) і (3), де L – довжина регенераційної ділянки в км, P – оптична потужність сигналу, γ – коефіцієнт загасання:

$$\alpha = \frac{10}{L} \log_{10} \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right) \text{ (дБ/км)} \quad (2)$$

$$\alpha = -4.343 \cdot \gamma \text{ (дБ/км)} \quad (3)$$

У випадку коли необхідно знайти загасання Z (дБ)на відрізьку певної довжини використовують (4), де L – довжина оптичного волокна (км), α – коефіцієнт затухання (дБ/км).

$$Z = \alpha \cdot L \text{ (дБ)}. \quad (4)$$

Основними фізичними явищами, що призводять до загасання в оптоволоконних системах є:

- Релеєвське розсіювання α_R ;
- розсіювання на дефектах волокна α_d ;
- поглинання, спричинене домішками у волокнах α_{SIL} ;
- поглинання матрицею кварцового скла α_{Dop} ;
- поглинання на макро- та мікрозгинах α_B .

Отже повна втрата потужності сигналу в оптичному волокні це сума всіх вище перерахованих джерел, що спричиняють загасання. Її можна виразити формулою (5):

$$\alpha_{\Sigma} = \alpha_R + \alpha_d + \alpha_{SIL} + \alpha_{Dop} + \alpha_B \text{ (дБ/км)}. \quad (5)$$

При експлуатації уже готового оптичного волокна ми не здатні вплинути на параметри $\alpha_R, \alpha_d, \alpha_{SIL}, \alpha_{Dop}$ і поглинання в них залишається сталим, однак проблеми зі збільшенням загасання часто виникають внаслідок зменшення потужності оптичного сигналу на вигинах при прокладанні з'єднувачів. Втрати на перегибах оптоволоконна прямо пропорційні (6), де R – радіус вигину волокна, R_c – критичний радіус вигину(7).

$$\exp(-R/R_c), \quad (6)$$

$$R_c \approx \frac{3n_1^2 \lambda}{4\pi(n_1^2 - n_2^2)^{3/2}}. \quad (7)$$

В одномодовому волокні зазвичай $R_c=0,04$ мм, а отже й втрати на згинах надзвичайно малі, так при $R>5$ мм загасання рівне 0,01 дБ/км. Однак ці показники є характерними тільки для захищених зовнішньою оболонкою волокон. В нашому ж випадку метою дослідження є показати пряму залежність загасання від радіуса перегину в оптичному патчкорді типу SM, який використовується для сполучення з обладнанням і прокладки в шафах, де воно розміщене та зазнає значних вигинів, що спричиняють збільшення загасання в системах. Для здійснення дослідження використано:

- штангель циркуль (для вимірювання радіуса згину патчкорда);
- патчкорд типу 9/125 Single Mode Fiber Optic FC/FC 5m;
- волоконно-оптичний приймач EPM-500 серії FiberBasix фірми EXFO;
- оптичне джерело сигналу EPS-500 серії FiberBasix фірми EXFO;

- мікроскоп для оптичних конекторів FBP-HD-1 фірми Westover.

Вимірювання проводилось на довжині хвилі 1550 нм, що знаходиться в “С” діапазоні і використовується в системах DWDM, CWDM-мультиплексуванні та системах широкосмугового доступу на базі оптичного волокна. Результати проведення вимірювань наведені нижче:

Таблиця 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	*	*	*	*
R(см)	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
α (дБ)	0,01	0,02	0,03	0,1	0,2	0,7	1	2,2	4,1	9,7	18	37	48	63

* – при подальшому зменшенні радіуса починає втрачатись форма круга.

Зйомки монітора обладнання при проведенні досліджень показані на рис.1,2.



Рис.1. Початок вимірювань при R=1,5 см



Рис.2. Кінцеве вимірювання при R=0,2 см

Графік залежності загасання від радіуса згину пачкорду типу 9/125 Single Mode Fiber Optic FC/FC 5m матиме наступний вигляд (рис.3).

Щоб зменшити ймовірність похибки, величина загасання усереднювалась. Також було використано 6 патчкордів типу 9/125 Single Mode Fiber Optic FC/FC 5m. При кожному новому вимірюванні прилад EPM-500 серії FiberBasix фірми EXFO проходив калібровку. Наявність бруду на конекторах патчкордів перевіряли мікроскопом FBP-HD-1 фірми Westover.

Величина загасання $\alpha=0,01$ дБ залишалась незмінною, починаючи з вимірювання на прямому патчкорді і до досягнення критичного радіуса, який рівний 1,5 см та значно відрізняється від R_c звичайного оптичного

волокна. Це спричинено наявністю зовнішньої захисної оболонки, яка виконує роль протектора і надає волокну додаткової міцності. Незважаючи на те, що патчкорди були зігнуті до настільки малого радіусу, при їх випрямленні показник загасання відновлювався до величини, виміряної на початку дослідження. Отже, щоб не вплинути і тим самим не збільшити величину затухання в оптичній лінії за рахунок величини α_B , потрібно не перевищувати критичний радіус перегину, який у випадку з патчкордами типу 9/125 Single Mode Fiber рівний 1,5 см.

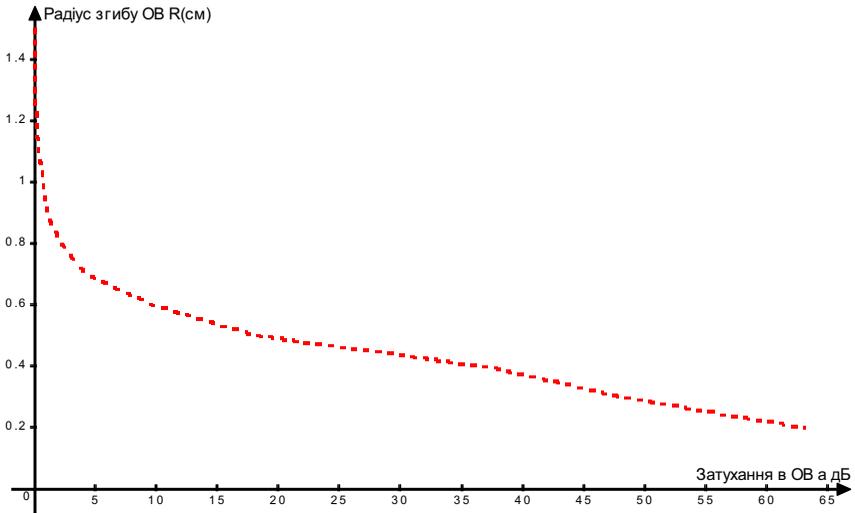


Рис.3. Залежність затухання від радіуса згибу

Висновки

Взаємозв'язок величини загасання, як впливає із формул та результатів проведеного дослідження, тісно пов'язаний із радіусом перегину оптичного волокна патчкорда типу 9/125 Single Mode Fiber, що застосовується для комутації обладнання CWDM, DWDM-мультиплексування та ширококутовому доступі, яке працює в межах вікна прозорості $\lambda=1550$ нм. Так при нехтуванні можливих обмежень згибу волокна, можна призвести до значного падіння рівня потужності світлового сигналу в лінії зв'язку, не говорячи вже про злам.

Тест патчкорда типу 9/125 Single Mode Fiber показав, що R_c останнього значно відрізняється від критичного радіусу оптичного волокна без захисного шару, хоча осердя та світловідбивна частина у них однакові за діаметром. Залежність загасання від радіуса перегину ОВ показано на рис.3. Разом з тим було виявлено, що після досягнення $R=0,2$ см, у всіх випадках тестованих патчкордів, і при поверненні їх в початковий стан, значення затухання стало рівним початковому $\alpha=0,01$ дБ.

1. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи: Учебник для вузов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 1988. – 544с. ISBN 5-256-00120-5
2. Волоконно-оптический приемач EPM-500 серии FiberBasix. Инструкция по эксплуатации.
3. Оптическое джерело сигналу EPS-500 серии FiberBasix. Инструкция по эксплуатации.
4. Дэвид Бейли, Эдвар Райт. Волоконная оптика: теория и практика. – М.: КУДИЦ-ПРЕС, 2008. – 320 с.
5. Микроскоп для оптических конекторів FBP-HD-1 фірма Westover. Инструкция по эксплуатации.
6. Каток В.Б., Воробйов О.В. Проведення рефлектометричних вимірювань на ВОЛЗ під час будівельних, експлуатаційних та аварійно-відновлюваних робіт: Довідник. – К.: ДВІА “Зв’язок”, 2005. – 125с.
7. Ларин Ю. Т., Теумен И. И. Оптические кабели. – М.: Энергоиздат, 2001. – 34 с.
8. Гуртов В.А. Оптоэлектроника и волоконная оптика: Учебное пособие. – Петрозаводск: ПетрГУ, 2005. – 100 с.

Поступила 27.08.2010р.

УДК 621.3

Ганифаев Рашад Ариф оглы, инженер лаборатории информационных технологий Бакинский городской телефонной сети связи, Республика Азербайджан, г.Баку

МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ САМОПОДОБНОГО ТРАФИКА В СИСТЕМЕ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Аннотация: Разработан специальный алгоритм системы массового обслуживания с самоподобным трафиком

Для самоподобных потоков из-за слабой формализуемости невозможно получить точные аналитически обоснованные методы расчета. По причине отсутствия строгой теоретической базы, способной дополнить классическую теорию массового обслуживания при проектировании СМО с самоподобным трафиком, не существует достоверной и признанной методики расчета параметров и показателей качества систем распределения информации в условиях эффекта самоподобия. Поэтому оценка реальных характеристик качества обслуживания в реальных условия функционирования сетей связи следующего поколения возможно только при помощи имитационного моделирования. Программа имитационного моделирования системы обслуживания содержит подпрограммы реализации двух случайных величин: согласно функции распределения промежутков времени между требованиями $A(t)$ и функции распределения продолжительности обслуживания $B(t)$.