УДК 621.391.63/621.316.5

НАРОЩУВАННЯ ПРОПУСКНОЇ СПРОМОЖНОСТІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ

Романишин В.С., Бердников О.М.
Інститут спеціального зв'язку та захисту інформації КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
E-mail: romanyshynvasyl@ukr.net

Requirements to increase the capacity of information transmission systems

One of the most effective methods for solving this problem is the WDM (Wavelength Division Multiplexing) optical waveguide compaction method. The use of this method has allowed to increase the throughput of fiber-optic systems to a value greater than 10 Tbit / s, which will ensure that the needs of today and the next 3-5 years will be exceeded.

Для реалізації методу мультиплексування оптичних трактів (ОТр) по довжинах хвиль оптичного випромінювання (або хвильове мультиплексування – ХМ) були розроблені такі оптичні елементи: оптичні мультиплексори (ОМХ) і демультиплексори (ODMX), оптичні фільтри, напівпровідникові лазери з малою напівшириною лінії на фіксованій (заданій) довжині хвилі випромінювання, методи і засоби, які забезпечують необхідну стабільність оптичної частоти, оптичні підсилювачі з широкою полосою пропускання і інші активні та пасивні елементи. Для підвищення економічної ефективності регіональних і міських оптичних мереж доступу, в тому числі абонентських ліній в мережах загального користування, активно запроваджується технологія пасивної оптичної мережі ПОС (PON). Такі мережі включають тільки пасивні елементи, такі як оптичний кабель разом із з'єднувальними муфтами відгалужувачів, розгалужувачі, ОМХ і ODMX, оптичні фільтри, оптичні ізолятори і інші елементи [1, 2, 3].

Враховуючи еволюцію традиційних мереж у напрямку повністю оптичних мереж (AON – All Optical Network), вже зараз, особливо на етапі проектування телекомунікаційних транспортних систем ХМ (ТТС ХМ), необхідний підхід до вибору оптичних волокон. Відповідно до міжнародної системи класифікації, оптичні волокна (ОВ) розподіляються на два основних класи: А-багатомодові (MMF – Multi-ModeFiber) та В – одномодові (SMF – Single-ModeFiber). При цьому, як пояснює таблиця 1, категорія MMF волокна визначається матеріалом осердя і оболонки та профілем показника заломлення (ППЗ), а категорія SMF волокна– центральною довжиною хвилі та довжиною хвилі нульової дисперсії [3, 4].

На транспортній телекомунікаційній мережі (ТТМ) зв'язку України при побудові високошвидкісних ТТС ХМ переважно використовуються одномодові волокна, які в свою чергу поділяються на:

– стандартні волокна з незміщеною нульовою дисперсією (SF – Standard Fiber);

– волокна зі зміщеною нульовою дисперсією (DSF – Dispersion Shifted Single-Modefiber);

– волокна з ненульовою зміщеною дисперсією (NZDSF – Non ZeroDispersion Shifted Single Modefiber).

Таблиця 1 – Категорії оптичних волокон згідно Рекомендації ITU-T

Клас ОВ	Категорія ОВ	Матеріал	Тип волокна	Номінальна довжина хвилі нульової дисперсії, нм	Номінальна довжина хвилі, нм
Багатомодові	A1	Скляна серцевина, скляна оболонка	З градієнтним ППЗ	-	-
	A2.1		З квазісхідчастим ППЗ	-	-
	A2.2		З східчастим ППЗ	-	-
	A3		З східчастим ППЗ	-	-
	A4	Полімерне волокно	С	-	-
Одномодові	B1.1	Скляна серцевина, скляна оболонка	-	1300	1310
	B1.2		-	1300	1550
	B2		-	1550	1550
	B3		-	1300 та 1550	1310 та 1550

Для використання у ТТС ХМ оптичне волокно повинне задовольняти такі вимоги [5, 6]:

– низька дисперсія сигналу (для отримання високої швидкості передавання сигналів у ОТр), яка забезпечується компенсацією нахилу хроматичної дисперсії та зниженням поляризаційної модової дисперсії;

– низька нелінійність осередку волокна, що забезпечує передачу оптичних сигналів на великі відстані;

– однорідність оптичних характеристик, ТТС щільного ХМ;

– низька вартість та велика пропускна здатність.

Всі три типи ООВ близькі по значенню коефіцієнту затухання у вікнах прозорості одномодової передачі 1310 нм (1270…1350 нм) та 1550 нм (1470…1580 нм), але відрізняються своїми дисперсійними характеристиками. Хроматична дисперсія є досить важливим фактором, вплив якого посилюється зі збільшенням відстані та швидкості передавання оптичних сигналів, а також зростанням щільності розносу між центральними довжинами хвиль оптичних трактів.

Зважаючи на поширеність ТТС ХМ , найбільший інтерес викликають дисперсійні характеристики ООВ у вікні прозорості 1550 нм (1470…1580 нм), яке використовується оптичними мультиплексорами. Стандартні ООВ мають в робочому діапазоні довжин хвиль ТТС ХМ занадто велике значення хроматичної дисперсії, що обмежує швидкість передавання сигналів по оптичним трактам. За умови забезпечення ненульового (але близького до нуля та такого, що не перевищує визначену, достатньо малу величину) значення хроматичної дисперсії та низької крутизни (нахилу) дисперсійної

характеристики, найбільш придатними до використання у ТТС ХМ є волокна DSF та NZDSF, що пояснює рисунок 1.

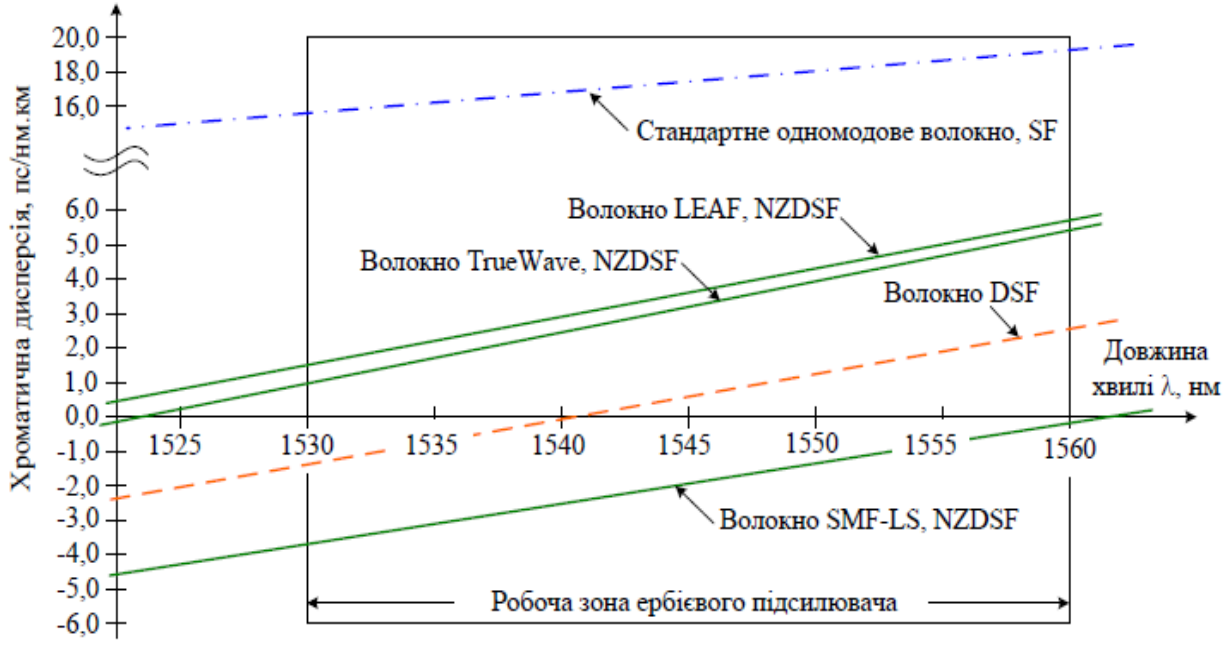

Рис.1 – Хроматична дисперсія ООВ у вікні прозорості 1550 нм, в межах області ербієвого волоконно-оптичного підсилювача підсилення (EDFA) 1530…1560 нм

Іншим важливим фактором, який обумовлює придатність оптичного волокна до використання у ТТС ХМ, є нелінійні властивості його осередку. Так, при розміщенні довжини хвилі нульової дисперсії в діапазоні довжин хвиль групового мультиплексного сигналу починають проявлятись небажані нелінійні ефекти (зокрема, чотирьох хвильове змішування), що призводять до викривлення оптичного сигналу. Тому, з точки зору мінімізації нелінійних ефектів, використовувати волокно DSF у ТТС ХМ не бажано.

Отже, найбільш прийнятним до використання є ООВ типу NZDSF (Non Zerodispersion Shifted Single Modefiber), відоме також як волокно з ненульовою зміщеною позитивною або негативною дисперсією, в якому вплив нелінійних ефектів зменшений, завдяки винесенню довжини хвилі нульової дисперсії за межі смуги пропускання EDFA.

На сьогодні виробництво таких волокон, наприклад, типу AllWave, LEAF, TrueWave, MetroCor, SMF-LS тощо здійснюється фірмами Lucent Technologies, Corning та Fujikura.

Література

1. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи. – М.: Техносфера, 2003. – 440 с.
2. Бейли Д. Волоконная оптика, теория и практика. – М.: Кудиц-обрез, 2006. – 326 с.
3. Слепов Н.Н. Современные технологии цифровых оптоволоконних сетей связи. – М.: Радио и связь, 2003. – 468 с.
4. Каток В.Б., Руденко І.Е., Ранський Є.Г., Однорог П.М. Волоконно – оптичний зв'язок. – К., Логос, 2015. – 380 с.
5. Хмелев К.Ф. Основы фотонного транспорта. – Киев: Техніка. 2008. – 680 с.
6. Бердников О.М., Хмельов К.П. Застосування технології *WDM* на телекомунікаційних мережах / Збірник наукових праць ВІТІ НТУУ “КПІ”. – 2003. – № 3. – с. 5…11.