

## Поняття волоконно-оптичних ліній зв'язку

### 1. Розвиток ВОЛЗ

Основний напрямок у застосуванні волоконно-оптичних систем - це створення й експлуатація волоконних ліній зв'язку. Необхідність розвитку ВОЛЗ була визначена потребою збільшення швидкості й обсягів переданої інформації.

Основні характеристики ліній передачі сигналів наступні:

- велика ширина смуги пропускання ;
- перешкодозахищеність;
- довжина ретрансляційних ділянок;
- вартість.

З 2000 р. всі лінії зв'язку, що вводяться в експлуатацію, є волоконно-оптичними. При цьому відстань між ретрансляторами приблизно дорівнює 100 км, а швидкість передачі 1-2 Гбіт/с.

Сучасні ВОЛЗ охоплюють 5 континентів: Європу, Азію, Америку, Африку, Австралію. Зв'язок між Європою й Азією здійснюється Транссибірською лінією зв'язку ( $\approx 20000$  км). Темпи росту світового ринку волоконно-оптичних технологій випереджають ріст інших видів техніки, і становлять 40% у рік. У 1988 р. завершено будівництво підводної магістралі між Європою й США, потім між Європою США й Канадою через Тихий океан. Ці магістралі розраховані на 12000 каналів на довжині хвилі 1,55 мкм.

Перспективними матеріалами для волокон ВОЛЗ є:

- тетрофторід цирконію ( $\lambda=2,5$  мкм, загасання - 0,01 дБ/км);
- фторид берилію ( $\lambda=2,1$  мкм, загасання - 0,005 дБ/км).

Такі ВОЛЗ дозволяють одночасно передавати до 20000 телефонних каналів зі швидкістю 565 Мбіт/с. Розрахунки показують, що ВОЛЗ більш економічні ніж радіорелейні і супутникові.

Найближчим часом очікується перехід на швидкості передачі - 2,5 Гбіт/с і вище. Ці можливості не є граничними: спектральне ущільнення й

когерентний прийом дозволять на кілька порядків збільшити швидкість передачі інформації до 1,5 Тбіт/с або 23 млн. каналів тональної частоти.

Провідна організація в Україні, що впроваджує ВОЛЗ, це «Укртелеком». В 2003 р. на Україні був завершений процес охоплення ВОЛЗ всіх регіонів і обласних центрів.

Розвиток ВОЛЗ в Україні почався в 1995 р. Перші лінії зв'язку з'єднали Ужгород із кордоном Угорщини й Словаччини, а Львів - з Польщею. Довжина лінії становить 175 км.

Перша серйозна ВОЛЗ в Україні з'явилася в 1996 році, коли країна ввійшла в проект ITUR (Італія, Туреччина, Україна, Росія). Лінія прокладена в Середземному й Чорному морях по трасі «Палермо - Стамбул - Одеса - Новоросійськ». Україні належить підводна ділянка цієї лінії по Чорному морю (250 км), що закінчується в Одесі. Організацією прокладання ВОЛЗ в Україні займався «Укртелеком». Продовженням цієї лінії стала ділянка «Одеса - Київ». Далі проклали ділянку «Київ - Чернігів - Білорусь - Європа». Основна комплектація цих систем вироблялася фірмою Ericson.

На сьогодні в Україні розроблені кільцеві лінії зв'язку, які охоплюють основні регіони України. Умовна назва цих ліній:

- Буковина;
- Поділля;
- Полісся;
- Десна;
- Вуглик;
- Таврія;
- Дністер;
- Азов.

Усі міські та міжміські лінії зв'язку, котрі прокладаються в теперішній час, будуються на базі ВОЛЗ.

## 2. Особливості ВОЛЗ. Світловод як основний елемент ВОЛЗ

### Особливості ВОЛЗ

Фізичні особливості ВОЛЗ:

- велика ширина смуги пропускання, що обумовлена високою несучою частотою електромагнітних коливань, яка дорівнює:

$$\nu = \frac{c}{\lambda} \text{ Гц} . \quad (1.1)$$

де  $c$ - швидкість розповсюдження світлової хвилі;

$\lambda$ - довжина хвилі.

Якщо прийняти  $c=10^8 \text{ м/с}$ ,  $\lambda=10^{-6} \text{ м}$ , то отримаємо  $\nu=10^{14} \text{ Гц}$ .

- дуже мале, у порівнянні з іншими лініями зв'язку, загасання сигналу у волокні.

Кращі зразки волокна мають загасання 0,22 дБ/км ( $\lambda = 1,55 \text{ мкм}$ ). Для цих ВОЛЗ потрібна установка ділянок регенерації через 100-150 км. У США розробляють більш прозорі фтор-цирконієві світловоди. Втрати в них на порядок менше (0,02 дБ/км), при цьому відстань між ретрансляторами може становити 10000 км.

На рис.1.1 представлені графіки залежності ослаблення сигналу в волоконному світловоді, коаксіальних і двопровідникових кабелях різних типів ліній зв'язку від частоти.

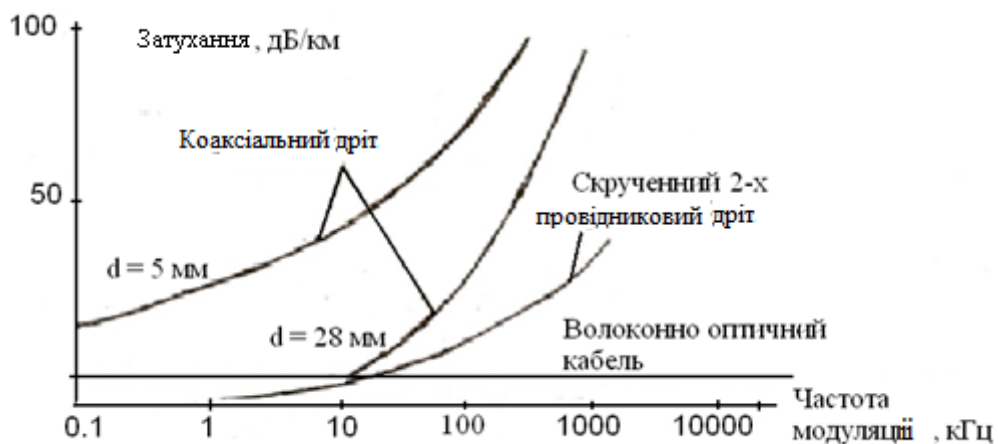


Рис 1.1. Графіки залежності ослаблення від частоти

Технічні особливості ВОЛЗ:

- промислово застосовувані в цей час волокна для ВОЛЗ виготовляють із кварцу, він недорогий і широко поширений;
- оптичні волокна мають діаметр до 100 мкм;
- волокна виготовляють із діелектричних матеріалів;
- ВОЛЗ стійкі до електромагнітних перешкод, інформація, передана у ВОЛЗ захищена від несанкціонованого доступу;
- довговічність світловодів (термін роботи до 25 років).

Проблеми ВОЛЗ:

- потрібні високоточні оптичні з'єднувачі (конектори) з малими втратами.
- для монтажу ВОЛЗ потрібно високо прецизійне, дороге устаткування.

Основні елементи ВОЛЗ

Основним елемент ВОЛЗ є волокно (світловод). Головними патентами на волокно для ВОЛЗ володіє американська фірма Corning.

Для передачі сигналів застосовують багатомодові й одномодові волокна. Багатомодові волокна в основному використовуються у волоконно-оптичних датчиках (ВОД) і в освітлювальних системах. На рис. 1.2 схематично показані два типи світловодів.

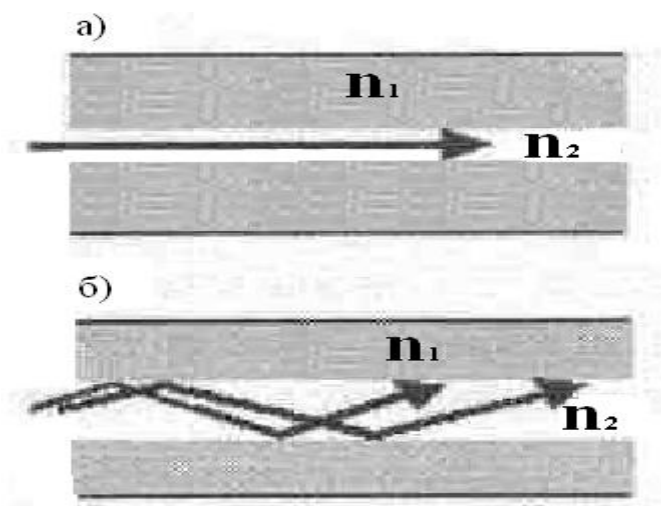


Рис. 1.2. Типи світловодів:

а) одномодове волокно; б) багатомодове волокно

Обидва типи світловодів характеризуються:

- загасанням (дБ/км);
- дисперсією.

Загасання визначається втратами на поглинання й розсіювання у світловоді, які залежать від довжини хвилі. Спектральна характеристика пропускання кварцових світловодів показана на рис. 1.3.

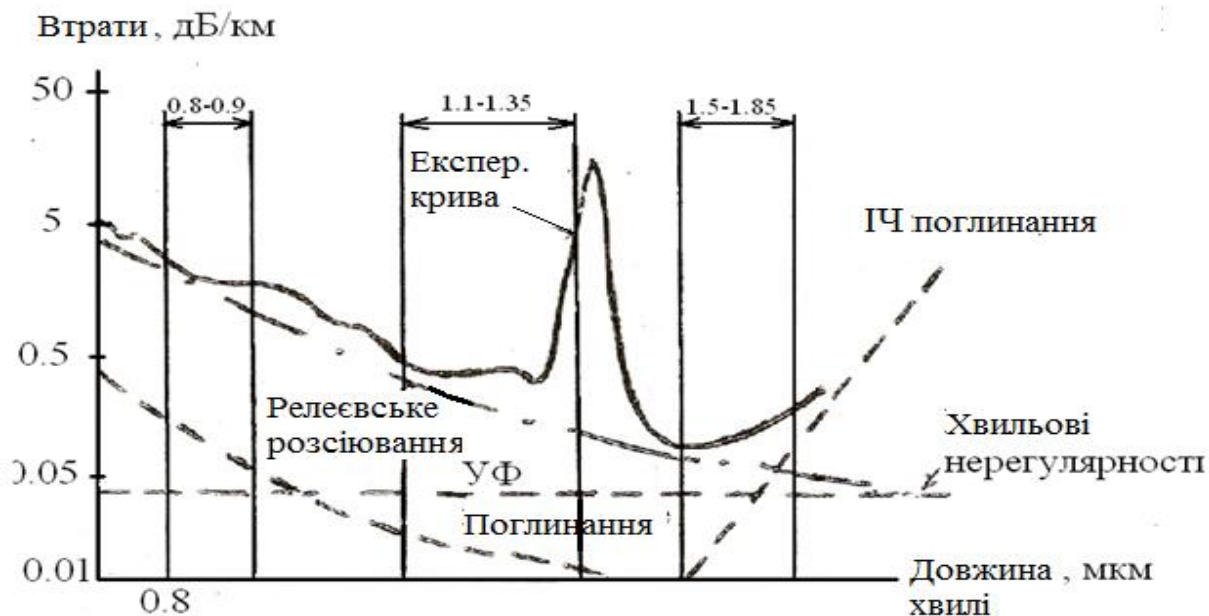


Рис.1.3. Спектральна залежність пропускання кварцових світловодів

У кварцових світловодів є 3 вікна прозорості:

- 0, 8-0,9 мкм;
- 1, 1-1,35 мкм;
- 1, 5-1,85 мкм.

*Дисперсія* – параметр світловодів, що характеризує зміну в часі спектральних і модових складових оптичного сигналу. Вона приводить до зменшення й спотворення оптичних імпульсів. На рис. 1.4 показана залежність групової затримки й хроматичної дисперсії кварцових світловодів від довжини хвилі.

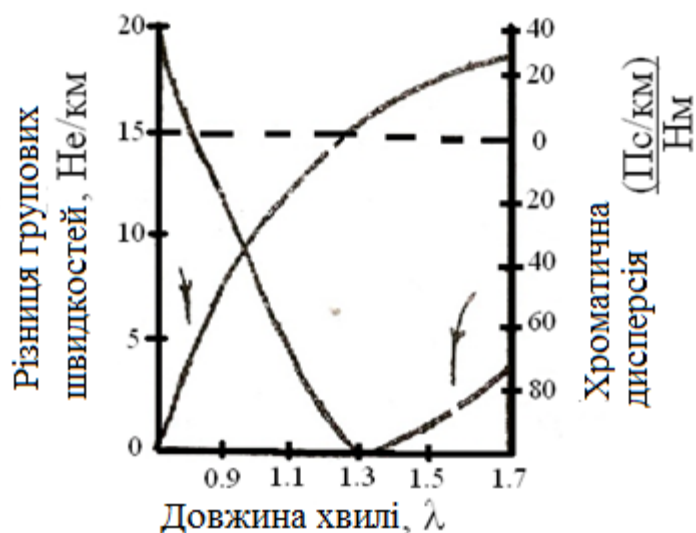


Рис. 1.4. Залежність групової затримки й хроматичної дисперсії від довжини хвилі

Відомо чотири види дисперсії світловодів:

- міжмодова;
- матеріальна;
- хвильова;
- профільна.

Найнебезпечнішою є міжмодова дисперсія, обумовлена тим, що час поширення мод у світловоді різний. У зв'язку із цим багатомодові світловоди в довгих ВОЛЗ не застосовуються.

Матеріальна дисперсія обумовлена залежністю показника заломлення світловода від довжини хвилі.

Хвильова дисперсія обумовлена процесами усередині однієї моди й характеризуються залежністю швидкості поширення моди від довжини хвилі.

Профільна дисперсія залежить від профілю показника заломлення.

В одномодових кварцових світловодах на довжині хвилі 1,3 мкм. хвильова й матеріальна дисперсії компенсують одна одну. Тому найбільша пропускна здатність кварцових світловодів спостерігається на цій довжині хвилі.

Важливим елементом ВОЛЗ є волоконно-оптичний кабель.

Розрізняють кабелі:

- монтажні;
- станційні (усередині будинків);
- магістральні;
- зонові.

Перші два типи кабелів застосовуються для прокладки усередині будинків і споруджень. Кабелі останніх двох типів призначені для прокладки кабельних комунікацій у колодязях, ґрунті, на опорах ЛЕП, під водою. Кабелі можуть включати від 8 до 144 волоконних елементів.

Основні фірми виробники кабелів:

- Genegal Cable Company (США);
- Siacor (ФРН);
- Sumimoto (Японія);
- Nokia (Фінляндія);
- Pirelli (Італія).