

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки, загальної та
прикладної фізики

Кваліфікаційна робота бакалавра
**ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ І ХАРАКТЕРИСТИКИ
ВОЛОКОННО-ОПТИЧНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ**

Студент гр. ЕП-61



В.В.Попов

Науковий керівник,
д.ф.-м.н., професор



Л. В. Одноворець

Завідувач кафедри ЕЗПФ,
д.ф.-м.н., професор



І.Ю. Проценко

Суми 2020

РЕФЕРАТ

Мета кваліфікаційної роботи полягала у вивченні фізичних процесів у оптоволоконних системах зв'язку, їх конструктивно-технічних характеристик та впливу зовнішніх фізичних полів на робочі параметри і характеристики ліній.

Розглянуті питання стосовно основ теорії волоконно-оптичних ліній зв'язку, параметри оптичного волокна і його конструкція. Процеси, що відбуваються при поширенні світла в оптичному волокні. Їх вплив на швидкість і дальність передачі інформаційних сигналів.

Показано, що одномодове волокно має кращі характеристики ніж багатомодове. Установлено, що оптоволоконні лінії мають ряд переваг: має здатність проводити великі світлові потоки при мінімальному діаметрі кабелю або ниток; джерело світла знаходиться на відстані від місця світіння; система оптоволоконного дозволяє легко контролювати зміну кольору або світло ефектів; можливість домогтися виключно рівномірного освітлення; мале споживання енергії; термін експлуатації кабелю - більше 10 років.

Проаналізована і вивчена методика оцінки ймовірність річної частоти пошкодження впливу ударів блискавки на параметри волоконно-оптичних ліній зв'язку, яка складає 4% .

Ключові слова: ОПТОВОЛОКНО, МОДА, ОПТОВОЛОКОННИЙ КАБЕЛЬ, ДИСПЕРСІЯ, ЙМОВІРНІСТЬ УДАРУ БЛИСКАВКОЮ.

Зміст

	С.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОПТОВОЛОКНО ЯК МАТЕРІАЛ СУЧАСНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ	5
1.1. Загальна інформація.....	5
1.2. Моді, що поширюються в оптичних хвилеводах.....	9
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНОК ВОЛЗ	13
2.1. Оцінка ймовірності пошкоджень ВОЛЗ ударами блискавки.....	13
РОЗДІЛ 3. НОВІТНІ РОЗРОБКИ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА	17
3.1. Фотонно-кристалічне оптичне волокно.....	17
3.2. Оптичне волокно як джерело освітлення.....	20
ВИСНОВКИ	23
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	24

ВСТУП

Світ телекомунікацій і передачі даних стикається з динамічно зростаючим попитом на частотні ресурси. Ця тенденція в основному пов'язана із збільшенням числа користувачів Internet і також зі зростаючим взаємодією міжнародних операторів і збільшенням обсягів переданої інформації. Смуга пропускання в розрахунку на одного користувача стрімко збільшується. Тому постачальники засобів зв'язку при побудові сучасних інформаційних мереж використовують волоконно-оптичні кабельні системи найбільш часто. Це стосується як побудови протяжних телекомунікаційних магістралей, так і локальних обчислювальних мереж. Оптичне волокно (ОВ) в даний час вважається найдосконалішою фізичним середовищем для передачі інформації, а також самої перспективним середовищем для передачі великих потоків інформації на значні відстані. Сьогодні волоконна оптика знаходить застосування практично у всіх завданнях, пов'язаних з передачею інформації.

Область можливих застосувань ВОЛЗ досить широка - від лінії міської та сільській зв'язку та бортових комплексів (літаки, ракети, кораблі) до систем зв'язку на великі відстані з високою інформаційною ємністю. На основі оптичної волоконної зв'язку можуть бути створені принципово нові системи передачі інформації. На базі ВОЛЗ розвивається єдина інтегральна мережа багатоцільового призначення. Досить перспективно застосування волоконно-оптичних систем в кабельному телебаченні, яке забезпечує високу якість зображення і істотно розширює можливості інформаційного обслуговування абонентів.

Мета кваліфікаційної роботи полягала у вивченні фізичних процесів у оптоволоконних системах зв'язку, їх конструктивно-технічних характеристик та впливу зовнішніх фізичних полів на робочі параметри і характеристики ліній.

РОЗДІЛ 1

ОПТОВОЛОКНО ЯК МАТЕРІАЛ СУЧАСНИХ ЛІНІЙ ЗВ'ЯЗКУ

1.1 Загальна інформація

Найважливіший з компонентів ВОЛЗ - оптичне волокно. Для передачі сигналів застосовуються два види волокна: одномодове і багатомодове. Свою назву волокна отримали від способу розповсюдження в них випромінювання. Оптичне волокно (рис. 1.1) складається із серцевини, по якій відбувається поширення світлових хвиль, і оболонки, призначеної, з одного боку, для створення кращих умов відбиття на границі розділу «серцевина - оболонка», а з іншого - для зниження випромінювання енергії в навколишній простір. З метою підвищення міцності і тим самим надійності волокна поверх оболонки, як правило, накладаються захисні зміцнюючі покриття.



Рис 1.1. Загальний вигляд типового ОВ[1]

Така конструкція ОВ використовується в більшості оптичних кабелів (ОК) в якості базової. Серцевина виготовляється з оптично більш щільного матеріалу. Оптичні волокна відрізняються діаметром серцевини і оболонки, а також профілем показника заломлення серцевини, тобто залежністю показника заломлення відстані від осі ОВ.

Усі оптичні волокна поділяються на дві основні групи: одномодові SMF (single mode fiber) - на (рис 1.2) та (рис. 1.3) позначені одномодові вид волокна.

У одномодовому волокні діаметр світлопровідної жили порядку 8-10 мкм, тобто порівняємо з довжиною світлової хвилі (рис.1.2). При такій геометрії у волокні може розповсюджуватися тільки один промінь (одна мода) (рис.1.3).

Чим більше мод, тим більше дисперсійне перекичування форми сигналу. Одномодове волокно дозволяє отримати смугу пропускання в діапазоні 50-100 ГГц - км. Типове значення модової дисперсії лежить в межах від 15 до 30 нсек / км. Багатомодові MMF (multi mode fiber) - мають діаметр світло несучої жили на порядок більше довжини хвилі передачі, поширюється безліч різних типів світлових променів - мод. Багатомодові волокна поділяються на: ступінчасті і градієнтні. У багатомодовому волокні розмір світлопровідної жили порядку 50-60 мкм, що робить можливим поширення великої кількості променів (багато мод) (рис.1.4).

Градієнтне волокно. У градієнтному волокні коефіцієнт заломлення у серцевині зменшується поступово від осі до зовнішньої стінки волокна. Це змушує промені світла вигинатися дугою при наближенні до оболонки, на відміну від несподіваного віддзеркалення на межі розділу компонентів волоска. Як наслідок, дугоподібний шлях просування зменшує багатовекторну дисперсію розповсюдження, тому що промені під значними кутами проходять через ділянку серцевини із малим показником заломлення швидше, ніж під великим.

Профіль градієнту заломлення вибирається так, щоб мінімізувати різницю між продовжною швидкістю променів різної векторної направленості у волокні (рис1.5). Вищевказаний тип оптоволокна має меншу дисперсію часу поширення і з цієї причини вносить менші спотворення форми сигналу. Використання такого профілю показника заломлення призводить до зменшення дисперсії до 1 нс /км і навіть менше.

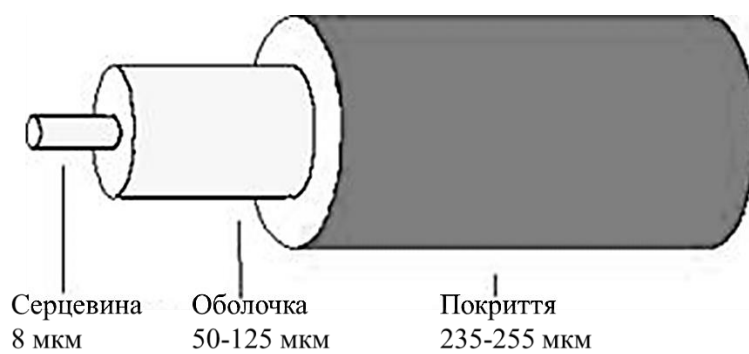


Рис 1.2. Схематичне зображення одномодового оптичного волокна. Адаптовано із роботи [7]

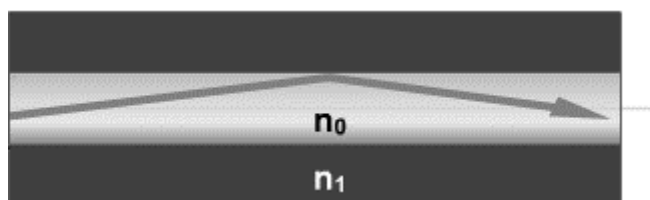


Рис.1.3. Хід променя в одномодовому оптичному волокні [8]: n_0 і n_1 – коефіцієнт заломлення матеріалу

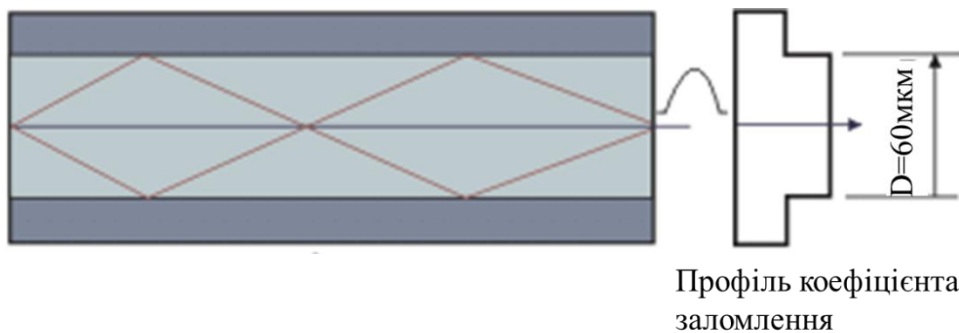


Рис.1.4. Схема багатомодового оптичного волокна. Адаптовано із роботи [7]

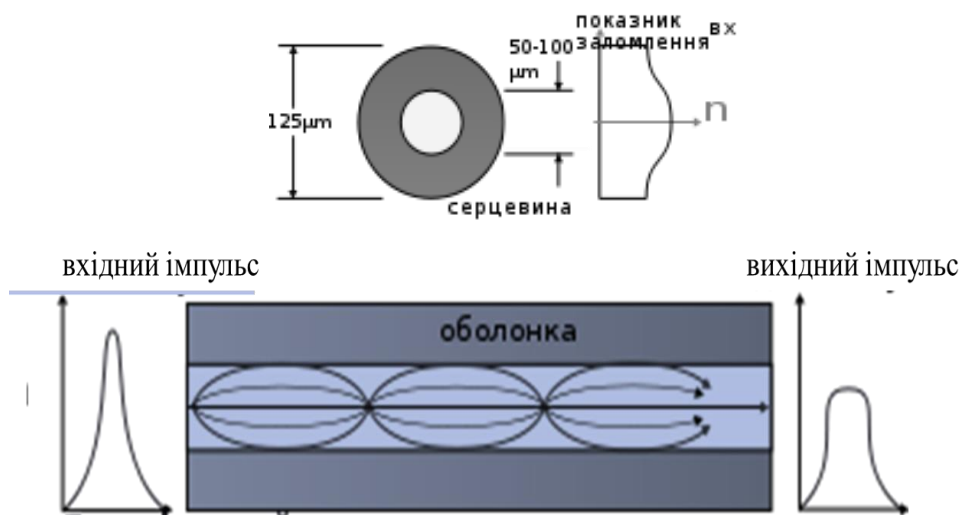


Рис.1.5. Схематична будова і принцип роботи градієнтного оптичного волокна

Дисперсія сильно обмежує швидкість роботи оптичних систем, помітно знижуючи граничну смугу пропускання. Вона залежить від діаметра центральної частини волокна і довжини хвилі світла. Число мод N для багатомодового волокна (рис.1.2) визначається як:

$$N = \frac{2\pi^2 d^2 A}{\lambda^2} \quad (1.1)$$

де d – діаметр центральної частини (ядра); A – чисельна апертура волокна; λ – довжина хвилі.

Наприклад, волокно з діаметром центральної частини волокна 50 нм підтримує 1000 мод., а для градієнтного оптоволокна (рис.1.3) значення N в два рази менше.

Чисельна апертура A дорівнює:

$$A = \sqrt{n_0^2 - n_1^2} \quad (1.2)$$

де n_0 і n_1 – показники заломлення серцевини і кледінгу відповідно.

1.2. Процеси загасання в оптичному волокні

У міру поширення світла в оптичному середовищі він слабшає, що носить назву загасання середовища - загасання ОВ. Загасання залежить від довжини хвилі випромінювання, що вводиться у волокно. Нині передача сигналів по волокну здійснюється в трьох діапазонах: 850 нм, 1300 нм, 1550 нм, оскільки саме в цих діапазонах кварц має підвищену прозорість. Загасання зазвичай вимірюється в дБ/км і визначається втратами на поглинання і на розсіяння випромінювання в оптичному волокні [1]: релеевське розсіяння; розсіяння на дефектах волокна; власне поглинання кварцевого скла; домішкове поглинання; поглинання на мікро і макровигинах.

Ступінь втрат визначаєся коефіцієнтом загасання, який в загальному вигляді рівний:

$$\alpha = \alpha_n + \alpha_p + \alpha_{np} + \alpha_k + \alpha_{ик}, \quad (1.1)$$

де α_n - коефіцієнт загасання, обумовлений втратами на поглинання світлової енергії. Власне поглинання кварцевого скла визначається поглинанням фотонів при якому енергія фотона переходить в енергію електронів або в коливальну енергію ґрат. Спектр власного електронного поглинання кварцевого скла лежить в ультрафіолетовій області ($\lambda < 0,4$ мкм). Спектр поглинання ґрат лежить в інфрачервоній області ($\lambda > 7$ мкм). Оскільки структура кварцевого скла аморфна, смуги поглинання мають розмиті межі, а їх «хвости» заходять у видиму область спектру. У другому і третьому вікнах прозорості в діапазоні довжин хвиль 1,3-1,6 мкм втрати, викликані власним поглинанням, мають порядок 0,03 дБ/км.

α_p - коефіцієнт загасання, обумовлений релеевським розсіюванням на неоднородностях матеріалу ОВ, розміри яких значно менше довжини світлової хвилі, і тепловими флуктуаціями показника заломлення. Цей вид розсіяння визначає теоретичну межу, нижче за яку загасання не може бути зменшене і в сучасних ОВ є основним джерелом втрат в робочих областях спектру. Релеевское розсіяння викликається розсіянням на неоднородностях показника

заломлення, що виникли в розплавленому кварці у зв'язку з локальними термодинамічними флуктуаціями концентрації молекул (щільність) кварцу із-за їх хаотичного руху в розплавленому стані. При твердінні волокна неоднорідності, що виникли в розплавленій фазі, застигають в структурі кварцевого скла. Коливання щільності призводять до випадкових флуктуацій показника заломлення в масштабі, меншому, ніж довжина світлової хвилі λ .

α_{np} - доєффіцієнт загасання, викликаний присутніми в ОВ домішками, що призводять до додаткового поглищенню оптичної потужності, це іони металів (Fe, Cu, Ni, Mn, Cr), що викликають поглинання в діапазоні довжин хвиль 0,6-1,6 мкм, і гідроксильні групи (ОН), із-за яких з'являються резонансні сплески загасання $\alpha(\lambda)$ на довжинах хвиль 0,75 мкм, 0,97 мкм і 1,39 мкм.

α_k - додаткові втрати, визначувані деформацією ОВ в процесі виготовлення кабелю, викликаним скручуванням, вигином, відхиленням від прямолінійного розташування і термомеханічними діями, що мають місце при накладенні оболонок і покриттів на серцевину волокна при виготовленні ОК (їх називають кабельними).

$\alpha_{ук}$ - коефіцієнт загасання, залежний від довжини хвилі оптичного злучення і за рахунок поглинання в інфрачервоній області що зростає в показовій мірі із зростанням довжини хвилі.

У техніці зв'язку в основному застосовуються кварцеві ОВ, область ефективного використання яких знаходиться в діапазоні довжин хвиль до 2 мкм. На довших хвилях як матеріал для волокна використовуються галоїдні, халькогенідные і фторидные стекла. В порівнянні з кварцевими волокнами вони мають більшу прозорість і забезпечують зниження втрат на декілька порядків. З появою ОВ з нових матеріалів стає реальним створення ВОЛЗ без ретрансляторів. Загасання оптичного хвилеводу враховується при розрахунку енергетичного бюджету.

Загасання оптоволоконної лінії з урахуванням втрат на роз'ємних з'єднаннях і зростках (нероз'ємних з'єднаннях) визначається по формулі:

$$A = A_{nc} \cdot n_{nc} + \alpha \cdot L + A_{pc} \cdot n_{pc}, \quad (1.2)$$

де A_{nc} і A_{pc} - значення втрат на зростку і роз'ємі відповідно, n_{nc} і n_{pc} - кількість зростків і роз'ємних з'єднань упродовж оптоволоконної лінії завдовжки L , α - километрический коефіцієнт загасання оптичного волокна, вимірюваний в дБ/км.

Тоді енергетичний бюджет розраховується по формулі:

$$A_{\bar{e}b} = P_{вих} - P_{фпр} - A_{еза} - A_{езк} - A, \quad (1.3)$$

де $P_{вих}$ і $P_{фпр}$ - потужність джерела оптичного випромінювання і чутливість фотоприймача в дБ відповідно; $A_{еза}$ і $A_{езк}$ - експлуатаційний запас для апаратури і для кабелю, (дБ), які беруться з технічних умов (контрактних специфікацій) для устаткування ВОЛЗ.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК ВОЛЗ

2.1. Оцінка ймовірності пошкоджень ВОЛЗ ударами блискавки

Методика оцінки ймовірності річної частоти пошкодження ВОЛЗ базується на допустимому струмі блискавки в металевих покриттях ОК, при якому, як було сказано не виникає пошкодження кабелю з перервою зв'язку, а пробій зовнішнього шлангу не рахується пошкодженням ОК. Величина цього струму залежить від конструкції ОК, знаходиться, як правило, експериментальним методом.

На всій трасі значення питомого опору ґрунту приблизно $\rho = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Очікувана кількість пошкоджень за рік залежить від кількості ударів блискавки, що приходиться на ділянку земної поверхні, безпосередньо підлеглої впливу удару блискавки або дуги яка, виникає між місцем удару і кабелем. Вірогідність виникнення в підземному кабелі струму, що може викликати його пошкодження в загальному вигляді знаходиться за виразом[6]:

$$N_n = N_o \cdot K_p \cdot K_n \quad (2.1)$$

де K_n - поверхневий коефіцієнт. Існуючу залежність кількості ударів блискавки в землю від рельєфу і наявності на поверхні землі високих (дерев, мачт, опор) об'єктів рекомендується врахувати за допомогою поверхневого коефіцієнта – K_n . В даному проекті візьмемо його рівним 1, так як вздовж траси ВОЛП немає дерев і місцевість рівна;

K_p - коефіцієнт грозозахищеності оптичного кабелю з металевими елементами;

N_o - загальне ймовірне середньорічне число всіх ударів блискавки в оптичний кабель лінії зв'язку.

Дане число розраховується за співвідношенням [7]:

$$N_0 = \frac{g \cdot 2 \cdot r_{no} \cdot L}{1000} \quad (2.2)$$

де g - питома щільність ударів блискавки в рік на км^2 земної поверхні;

r_{no} – умовний радіус іскрової зони, м.;

L – довжина лінії, км:

$L = 20$ км.

Інтенсивність грозової діяльності знаходиться по питомій щільності ударів блискавки у землю (очікувана кількість ударів блискавки в 1 км^2 поверхні землі за рік) виходячи із середньорічної тривалості блискавок в годинах. Інтенсивність грозової діяльності в різних кліматичних районах дуже сильно відрізняється. Її встановлюють по даним метеостанції, що знаходиться поблизу трас оптичної кабельної лінії, або по регіональним картам середньорічної тривалості блискавок.

Кількість ударів блискавки в землю залежить від типу грози і може змінюватись в межах від 0,05 до 0,25 ударів на 1 км^2 в грозовий день.

Розрахуємо g по формулі [7]:

$$g = C \cdot T, \quad (2.3)$$

де T – середньорічна тривалість гроз в годинах для даної місцевості.

C – середня кількість ударів блискавки на 1 км^2 землі під час грози:

$$C = 0,067 \frac{1}{\text{год} \cdot \text{км}^2} \quad (2.4)$$

Тоді:

$$g = 0,067 \cdot 73,5 = 4,92 \frac{1}{\text{км}^2 \cdot \text{год}},$$

де r_{no} - умовний радіус іскрової зони, розраховується за формулою [7]:

$$r_{no} = \sqrt{\frac{20,66 \cdot \rho}{2\pi \cdot E_{np}}} , \quad (2.5)$$

де ρ - питомий опір ґрунту на трасі ВОЛЗ.

E_{np} – пробивна напруга електричного поля в ґрунті, при ρ рівному до 100 Ом·м, $E_{np}=108$ кВ/м.

$$r_{no} = \sqrt{\frac{20,66 \cdot 100}{2 \cdot 3,14 \cdot 108}} = 1,75 \text{ м} .$$

Вибираємо коефіцієнт ризику K_p для заданого типу кабелю, $K_p=0,01$.

$$N_o = \frac{4,92 \cdot 2 \cdot 1,75 \cdot 20}{1000} = 0,689 .$$

Розрахуємо очікувану імовірність пошкодження оптичного кабелю по формулі (2.5):

$$N_n = 0,6888 \cdot 0,05 \cdot 1 = 0,034 .$$

Порівняємо одержаний результат з допустимою нормою на очікувану імовірність пошкодження ОК з металевими елементами яка розраховується за формулою [7]:

$$N_1^H = N^H \cdot \frac{L}{100} , \quad (2.6)$$

де N^H - норма на імовірне число пошкодження кабелю на 100 км довжини траси складає $N^H = 0,2$ – для магістральних ВОЛЗ.

$$N_1^H = 0,2 \cdot \frac{20}{100} = 0,04 .$$

Оскільки $N_n \leq N_1^H$ то захист кабелю непотрібен.

Окрім даного випадку трапляються випадки коли імовірність пошкодження оптичного кабелю перевищує допустиму норму. В таких випадках необхідно застосовувати перехоплення струмів блискавки, що попали у дерево або опору високовольтної лінії передач, за допомогою захисного тросу або проводу. Імовірність пошкодження підземного кабелю може бути зменшена за рахунок використання екрануючих проводів чи тросів. Екрануючі проводи, прокладені в землі над кабелем, перехоплюють частину струму блискавки, зменшуючи таким чином величину струму блискавки, що попадає в кабель. Внаслідок цього система кабель-трос може без пошкодження ОК прийняти на себе розрядний струм рівний сумарному значенню допустимого струму в кабелі і струму перехоплення в захисному тросі.

При прокладці екрануючих проводів необхідно дотримуватись установлених норм та правил.

РОЗДІЛ 3

НОВІТНІ РОЗРОБКИ ОПТИЧНОГО ВОЛОКНА

У роботі був розглянутий основний тип оптоволокна на основі скла або пластику. В наш час воно є найдоступнішим і має досить гарні показники, особливо одномодове волокно. Та технології не знаходяться на місці і розробляються нові методи передачі сигналів.

3.1. Фотонно-кристалічне оптичне волокно

Фотонно-кристалічне оптичне волокно (ФКВ, мікροструктурне оптичне волокно, дірчастий хвилевід) - клас оптичних волокон, оболонка яких має структуру двовимірного фотонного кристала. Завдяки такій структурі оболонки відкриваються нові можливості управління дисперсійними властивостями волокон в широкому діапазоні і ступенем локалізації електромагнітного випромінювання в спрямовуються хвилеводних модах.

У більшості випадків для створення ФКВ використовують скло або плавлений кварц з отворами, заповненими повітрям. Частина отворів може бути заповнена іншими газами або рідинами, у тому числі рідкими кристалами. Рідше використовуються ФКВ, утворені двома різними видами скла, показники заломлення яких сильно відрізняються один від одного.

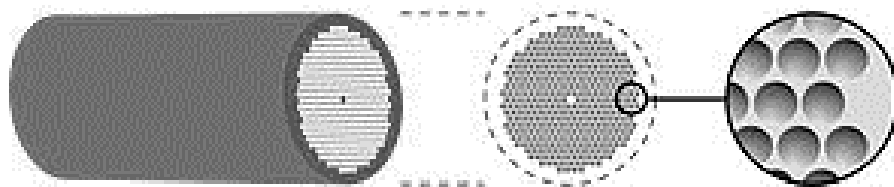


Рис. 3.1. Фотонно-кристалічне оптичне волокно. Адаптовано із роботи [10]

З фізичного механізму утримання світла в серцевині волокна ФКВ можна розділити на два великі класи. Перший клас утворюють ФКВ, локалізація світла в серцевині яких відбувається завдяки дзеркальному відображенню від оболонки, що володіє фотонними забороненими зонами. Особливо важливо, що серцевина ФКВ із забороненою зоною може бути порожнистою, що дозволяє на декілька порядків збільшити потужність вхідного у них випромінювання, зменшити втрати і нелінійні ефекти [11].

Механізм утримання світла в ФКВ другого класу цілком традиційний для оптичного волокна - повне внутрішнє віддзеркалення. Проте в них використовується новий принцип управління показником заломлення оболонки, заснований на його залежності від структури оболонки. Можливість управління показником заломлення оболонки дозволяє створювати так звані необмежено одномодовое оптоволокно. У ньому на будь-якій довжині хвилі поширюється тільки одна мода. Ще одна особливість ФКВ - існування одномодового режиму у волокнах з великим діаметром серцевини [11].

Для виготовлення ФКВ з повітряними отворами зазвичай використовують витяжку при високій температурі із заготовки (преформи), набраної з порожнистих трубок круглого або шестигранного перетину.

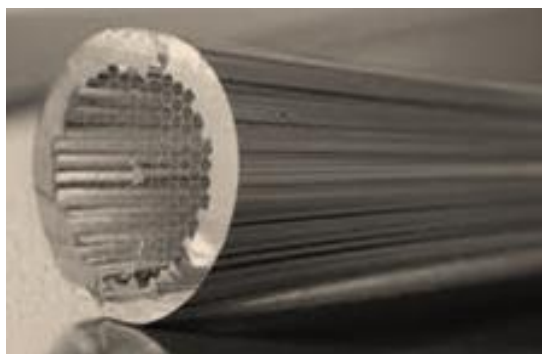


Рис. 3.2. Заготовка (преформа) для фотонно-кристалічного оптоволокна заповнюватися речовинами різного типу для керування властивостями ФКВ. Із роботи [12]

Рідше використовується висвердлювання отворів у преформі, виготовленої за однією з традиційних технологій виробництва заготовок для оптичних волокон.

Фотонно-кристалічні волокна дозволяють подолати обмеження, властиві стандартним оптичним волокнам і хвилеводам. Існують ФКВ, що володіють багатьма незвичайними властивостями, наприклад: ФКВ, в яких одномодовий режим поширення світла спектрально не обмежений; ФКВ із забороненою зоною, що підтримують хвилеводний режим поширення світла в повітряному серцевині; ФКВ з великою або, навпаки, з дуже малою ефективною площею моди; підтримуючі поляризацію ФКВ з дуже сильною анізотропією; ФКВ з нульовою дисперсією на будь-якій довжині хвилі у видимому і ближньому ІЧ-діапазонах [13].

Одне з найважливіших практичних застосувань ФКВ - створення на їх основі генераторів супер континуума (конвертації лазерного випромінювання у випромінювання з широкою смугою спектра, тобто низькою тимчасовою когерентністю, із збереженням високої просторової когерентності) і отримання (оптичних гребінок (англ.)). Дуже перспективне використання ФКВ для перетворення довжини світлової хвилі, для створення пристроїв оптичної обробки сигналів, для транспортування потужного світлового випромінювання і для вирішення багатьох інших завдань [13].

Майбутнє ФКВ багато в чому буде визначатися розвитком технології їх виробництва, зокрема, успіхами в напрямку зниження загасання і збільшення механічної міцності. Також важливим є питання зниження вартості виробництва ФКВ.

3.2. Оптичне волокно як джерело освітлення

Кілька десятиліть тому в повсякденному житті стали застосовуватися оптоволоконні системи освітлення «волоконно-оптичне освітлення». Незважаючи на це, волоконні-оптичні технології для багатьох залишаються

екзотикою. Тим часом, застосування оптоволоконна дозволяє легко і ефективно вирішувати сотні технічних проблем, що виникають при розробці світлових проектів, а в багатьох випадках є єдиною можливим рішенням. . Оптиковолоконні системи освітлення «Волоконно-оптичні» дозволяють буквально зав'язати світло у вузол, поєднуючи гнучкість систем дюралайт з кольорними ефектами неону, дозволяє ефектно підсвітити самі труднодоступні деталі інтер'єру, перетворити стеля у зоряне небо, змусити будь-який напис, емблему, логотип переливатися всіма кольорами веселки. І це лише мала частина їх можливостей. Системи «волоконно-оптичного освітлення» дозволяють вирішувати будь-які художні і технічні завдання декоративного освітлення з великою простотою, ефективністю і надійністю при порівняно невисоких витратах і мінімальному обслуговуванні.

Основним елементом оптиковолоконної системи освітлення (рис.3.3), що забезпечує її неповторні властивості, є гнучкий оптиковолоконний кабель-світловод. Залежно від типу він дозволяє передавати його в потрібну точку (кабель торцевого свічення) або рівномірно розподіляти його по всій довжині кабелю (кабель бокового свічення).

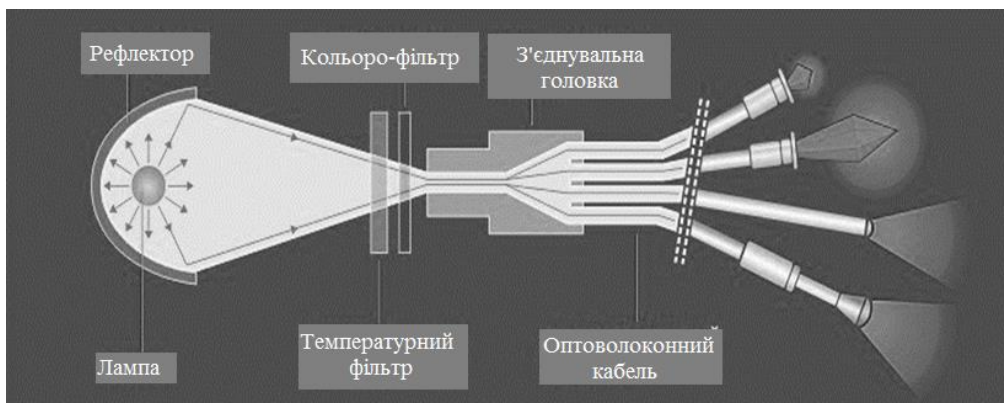


Рис. 3.3. Принципова схема ВОЛЗ системи освітлення

З розвитком електронних та інформаційних технологій постійно просліджується тенденція використання електромагнітних хвиль усе більш високої частоти. Характерною особливістю інформаційної ери був стрімкий розвиток комунікацій – однієї зі головних інфраструктур інформаційних технологій. В умовах зростаючої потреби в забезпеченні надійного каналу зв'язку як в сфері побудови глобальних інформаційних мереж, так і в області промислової автоматизації з'явилася необхідність пошуку альтернативних технологій передачі даних замість традиційних, заснованої на мідному кабелі.

Ця альтернатива – волоконо-оптичній лінії зв'язку, яка дозволяє передавати інформацію з істотно більши швидкостями в порівнянні з мідним кабелем, несприйнятлива до електромагнітного випромінювання. Припущення, що електроніка і радіотехніка досягнуть оптичного діапазону хвиль, стає усе більш достовірним. З'явилася оптоелектроніка – область науки і техніки на стику оптики й електроніки. У другій половині ХХ століття рішення було знайдено – виявилось, що передача сигналу за допомогою світла набагато ефективніше як електричного, так і НВЧ-сигналу [5, 6]. Роком виникнення оптоелектроніки можна вважати 1955-й рік, коли Е. Лоебнер описав потенційні параметри різних оптоелектронних пристроїв зв'язку, названих оптронами, тобто коли були обґрунтовані основні характеристики з'єднання оптичного й електронного пристрою.

Поява на початку 1960-х років лазерів сприяла прискоренню розвитку оптоелектроніки. Напівпровідникові лазери стали випускатися серійно в 1970 р. У 1970 році американська фірма «Corning» розробила технологію виготовлення кварцового волокна із загасанням 20 дб/км. Ця подія стала епохальною і послужила стимулом для подальших наукових досліджень і практичних розробок [4, 5]. На сьогоднішній день загасання кварцових оптичних волокон складає менш 0,2 дб/км. Головною метою розробки оптичних волокон було забезпечення оптичних засобів зв'язку. Для далекого зв'язку найбільш важливі такі властивості волокна, як широкосмужність і малі втрати. Для внутрішньо-міських мереж особливе значення мають малий діаметр, відсутність взаємного

впливу і безіндукційність. Після інтенсивних досліджень в період з 1975 до 1980 року з'явилася перша комерційна волоконно-оптична система, що оперувала світлом з довжиною хвилі 0,8 мкм і використала напівпровідниковий лазер на основі арсеніду галію (GaAs). Бітрейт систем першого покоління становив 45 Мбіт/с, відстань між повторювачами – 10 км. 22 квітня 1977 в Лонг-Біч, штат Каліфорнія, компанія «General Telephone and Electronics» вперше використала оптичний канал для передачі телефонного трафіку на швидкості 6 Мбіт/с [6, 11]. Друге покоління волоконно-оптичних систем було розроблено для комерційного використання на початку 1980-х. Вони оперували світлом з довжиною хвилі 1,3 мкм від InGaAsP-лазерів. Проте такі системи все ще були обмежені через розсіювання, що виникає в каналі. Проте вже в 1987 році ці системи працювали на швидкості до 1,7 Гбіт/с при відстані між повторювачами 50 км.

Перший трансатлантичний телефонний оптичний кабель – ТАТ-8 – був введений в експлуатацію в 1988 році. В його основі лежала оптимізована технологія «Desurvire» посилення лазера. ТАТ-8 розроблявся як перший підводний волоконно-оптичний кабель між США та Європою. Розробка систем хвильового мультиплексування дозволила у декілька разів збільшити швидкість передачі даних по одному волокну і до 2003 року при застосуванні технології спектрального ущільнення була досягнута швидкість передачі 10,92 Тбіт/с (273 оптичних канали по 40 Гбіт/с) [3, 11]. У 2009 році лабораторії Белла за допомогою мультиплексування 155 каналів по 100 Гбіт/с вдалося передати дані зі швидкістю 15,5 Тбіт/с на відстань 7000 кілометрів.

Додаткові можливості з точки зору застосування оптичних волокон як сучасних освітлювальних систем надають розсіювачі для світильників (від ландшафтних і підводних світильників до кришталевих розсіювачів на основі кристалів всесвітньо відомої фірми Swarovski). Джерело світла при цьому може бути винесений за межі освітлюваного приміщення, чим забезпечується повна звукоізоляція, пожежна безпека. Розміщення джерела можливо в будь-якому

зручному для обслуговування місці, при цьому вся інша частина системи в обслуговуванні практично не потребує.

Оптоволоконні лінії мають ряд переваг:

- оптоволокно не проводить електричний струм;
- не проводить ультрафіолетові промені, які руйнівні впливають на більшість матеріалів;
- має здатність проводити великі світлові потоки при мінімальному діаметрі кабелю або ниток це дозволяє підсвічувати місця, які до цього підсвічувати було вельми складно і з великими витратами;
- джерело світла знаходиться на відстані від місця світіння, тобто зміна лампи, обслуговування в місці свічення не виробляються;
- система оптоволоконного дозволяє легко контролювати зміну кольору або світло ефектів, в т.ч. механічно за допомогою світлофільтрів, що відкриває величезні можливості для дизайну, реклами, візуальної інформації;
- можливість домогтися виключно рівномірного освітлення; можливість розмістити розсіювач у важкодоступному місці;
- невеликий розмір і непомітність розсіювача, при великій потужності світла дає необмежені можливості для світлового дизайну;
- мале споживання енергії (одне джерело потужністю 150 Вт підсвічує до 200 м кабелю);
- можливість використання 2-х типів світіння кабелю торцевого і бічного від одного джерела світла;
- зміна кольору кабелю із застосуванням RGB систем;
- термін експлуатації кабелю - більше 10 років;
- термін служби стандартної металогалоїдною лампи, застосовуваної в джерелах світла 6000-10000 годин;
- розсіювачі для світильників можуть виготовлятися з небитких недорогих матеріалів (акрил) і служити невизначено довгий час.

ВИСНОВКИ

1. У ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра розглянуті питання стосовно основ теорії волоконно-оптичних ліній зв'язку, параметри оптичного волокна і його конструкція. Процеси, що відбуваються при поширенні світла в оптичному волокні. Їх вплив на швидкість і дальність передачі інформаційних сигналів.

2. Показано, що одномодове волокно має кращі характеристики ніж багатомодове волокно. Більша смуга пропускання приблизно в 50 раз, менша величина затухання сигналу приблизно в 10 раз, але в декілька раз дорожче за багатомодове волокно.

3. Установлено, що як джерело світла оптоволоконні лінії мають ряд переваг: світоволокно не проводить електрику, тобто в місці світіння воно відсутнє; не проводить ультрафіолетові та інфрачервоні промені; має здатність проводити великі світлові потоки при мінімальному діаметрі кабелю або ниток; джерело світла знаходиться на відстані від місця світіння; система оптоволоконного дозволяє легко контролювати зміну кольору або світлоєфектів; можливість домогтися виключно рівномірного освітлення; мале споживання енергії (одне джерело потужністю 150 Вт підсвічує до 200 м кабелю); термін експлуатації кабелю - більше 10 років.

4. Проаналізована і вивчена методика оцінки ймовірність річної частоти пошкодження впливу ударів блискавки на параметри волоконно-оптичних ліній зв'язку, яка складає 4% .

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ковальчук В.К. Волоконно-оптичні системи передачі. – Харків: ХІРЕ, 2000. – 212 с.
2. Тимчасове керівництво по прокладці, монтажу, вимірюванням і здачі в експлуатацію оптичних кабелів з одномодовим волокном. – К.: НІЦ ЛКС МЗ України, 2015. – 38 с.
3. Болю В.Ф., Данько В.Г. Основи електроніки і мікропроцесорної техніки. – Харків: НТУ «ХП», 2017. – 257 с.
4. Якименко Ю.І. Мікропроцесорна техніка: Підручник. – К.: ІВЦ Політехніка-Кондор, 2014. – 235 с.
5. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. – Вэлком, 2002. – 265 с.
6. Розорінов Г. М. Високошвидкісні волоконно – оптичні лінії зв'язку: навч. посіб./ Г. М. Розорінов , Д. О. Соловйов. – Київ: Ліра – К, 2007. – 198 с.
7. Осадчук В.С., Осадчук В.В. Волоконно-оптичні системи передачі. - Вінниця: ВНТУ, 2005. – 225 с.
8. Ордодворець Л.В. Основи оптоелектроніки: конспект лекцій. – Суми: СумДУ, 2017.– 44 с.
9. Дианов Е.М. Достижения в области создания фотонно-кристаллических волокон и сверхширокополосных усилителей // Lightwave Russian Edition.- 2004, №1. - С. 8–11.
10. В.Г. Голубев, В.А. Кособукин, Д.А. Курдюков, А.В. Медведев, А.Б. Певцов. Фотонные кристаллы с перестраиваемой запрещенной зоной на основе заполненных и инвертированных композитов опал–кремний // ФТП.- 2001, № 5. – С. 12–15.
11. Yamamoto N., Noda S., Fabrication and optical properties of one period of a threedimensional photonic crystal // Jpn. J. Appl. Phys. – 1999. – V. 38. – P.1282-1285.