

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни «Цифрова техніка/Електронні інструментальні системи»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти

***272 Авіаційний транспорт
(Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів)***

за темою № 6 - Поняття інтерфейсу, середа передачі, волоконна оптика

Вінниця 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2022 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу
Протокол від 22.08.2022 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2022 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання,
протокол від 15.08.2022 № 1

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання,
спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Стуцанський Ю.В.

Рецензенти:

1. Заступник директора коледжу з навчальної та виховної роботи КЛК ХНУВС, к.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Шмельов Ю.М.
2. Інженер з технічного обслуговування, ремонту та діагностики авіаційної техніки ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Калінін О.В.

План лекції

1. Поняття інтерфейсу, види інтерфейсів.
2. Середовище передачі, види
3. Волоконно-оптичні лінії зв'язку.
4. Фізичні особливості ВОЛЗ
5. Структурна схема передачі ВОЛЗ

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті.

Основна література:

1. Авіаційні радіоелектронні системи / О.О.Чужа, О.Г. Ситник, В.М. Хімін, О.В. Кожохіна. – К.:НАУ, 2017. – 264с.
2. Авіоніка: навч. посіб. / В.П. Харченко, І.В. Остроумов. – К. : НАУ, 2013. – 272 с.
3. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден. / В.О. Рогожин, В.М. Синєглазов, М.К. Філяшкин. Підручник. – К.: НАУ, 2005. – 316с.
4. Теоретичні основи експлуатації авіаційного обладнання. Навч. посіб. / А.В. Скрипець. – К.:НАУ, 2003. – 396с.

Допоміжна література:

1. Приладове обладнання та електронна автоматика літальних апаратів/ В.А. Антілаторов, М.М. Петренко, А.В. Статигін. – Х.:ХНУПС, 2017.-172с.
2. Єдині конспекти по АіРЕО Мі-2 на цикловій комісії.
3. Керівництво з льотної експлуатації вертольота Мі-2 - М.: Департамент повітряного транспорту, 1996.
4. Конспекти лекцій з базової підготовки технічного персоналу згідно вимог Part-66, Part-147 (Модуль 3, 13, 14)

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn2.pdf
2. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn3.pdf
3. http://aviadocs.com/RLE/Mi-2/CD1/IYETO/MI-2_IYETO_kn1_ch2.pdf
4. http://aviadocs.net/RLE/Mi-2/CD1/RTO/Mi-2_RTO-75EP_ch2.pdf
5. http://aviadocs.com/RLE/Mi-8/CD1/TO/Mi-8_TO_kn4.pdf
6. http://www.aviadocs.net/RLE/Mi-8/CD1/TO/Mi-8_TO_kn1.pdf
7. http://flightcollege.com.ua/library/3_Mi_8_MTV_1_RTE%60_Kniga_4.pdf

Текст лекції:

1. Поняття інтерфейсу, види інтерфейсів.

Інтерфейси бортовий інформаційної системи забезпечують взаємодію її складових частин - підсистем, блоків, модулів - між собою і з іншим бортовим обладнанням. Таким чином завдання проектування БІС включає серед іншого вибір або проектування цих інтерфейсів.

У вузькому сенсі інтерфейсом називають сукупність схемних засобів, що забезпечують взаємодію складових елементів систем.

В більш широкому сенсі під інтерфейсом розуміють сукупність логічних і фізичних принципів взаємодії компонентів технічних систем, тобто сукупність правил, алгоритмів і тимчасових співвідношень по обміну даними між цими компонентами (логічний інтерфейс), а також сукупність фізичних, механічних і функціональних характеристик стік засобів підключення, що реалізують таку взаємодію (фізичний інтерфейс). Існує велика різноманітність інтерфейсів, що відрізняються своїми характеристиками і принципами обміну. Найбільш поширені з них визначенні міжнародними, державними і галузевими стандартами.

Інтерфейси, що з'єднують кілька незалежних комп'ютерів для загального використання будь-яких загальних ресурсів прийнято називати мережами. Застосовувані в сучасному бортовому обладнанні інтерфейси часто являють собою саме мережі.

2. Середовище передачі, види

Середовище передачі - фізичне середовище для організації каналу передачі даних. Як середовище передачі всередині електронних блоків використовують мідні провідники - у вигляді проводів або на печатних платах. Поза блоків використовують кабелі різних типів:

- виту пару в екрані;
- коаксіальні кабелі;
- волоконно-оптичні лінії зв'язку.

Вита пара (біфіляр) являє собою два сплетених разом мідних дроти, укладених в загальну металізовану оплетку, яка служить екраном. Це найкомпактніший і дешевий вид кабелю. Іноді застосовується тріфіляр - три сплетених дроти в екрані.

Коаксіальний кабель являє собою мідну жилу, заключену внутрі пластикової оболонки, все разом знаходиться внутр. металізованої оплетення, що служить другим (нульовим) проводом. Коаксіальний кабель важче і дорожче, але дозволяє передавати сигнал на великі відстані і з більш високою швидкістю передачі, ніж кручена пара. Дешевий коаксіальний кабель дозволяє передавати інформацію зі швидкістю 1 Гбіт / с на відстань до 25 м.

Волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ). Оптичне волокно в даний час вважається найдосконалішою фізичним середовищем для передачі інформації, а

також самої перспективним середовищем для передачі великих потоків інформації на значні відстані. Підставою для такого висновку є ряд особливостей, властивих оптичних волокнах.

3. Волоконно-оптичні лінії зв'язку.

У волоконно-оптичних лініях зв'язку (ВОЛЗ) дані передаються в середині прозорого середовища кабелю у вигляді світлових імпульсів. Волоконний світловод є тонкою двошарову скляну нитку (сердечника і оболонки), кожен елемент якої має різним показником заломлення. Показник заломлення (n) прозорої речовини являє собою відношення швидкості світла у вакуумі (c) до швидкості світла в даній речовині (v), тобто $n = c / v$. Крім того, показник заломлення залежить від параметрів середовища і розраховується за формулою:

З огляду на, що відносна магнітна проникність прозорої речовини звичайна постійна і дорівнює одиниці, показник заломлення визначиться: для сердечника, для оболонки. Показник заломлення оболонки постійний, а сердечника в загальному випадку є функцією поперечної координати. Цю функцію називають профілем показника заломлення.

Для передачі електромагнітної енергії по световоду (рис. 1) використовується відоме явище повного внутрішнього відбиття на границі розділу двох діелектричних середовищ, тому необхідно, щоб $n_1 > n_2$.

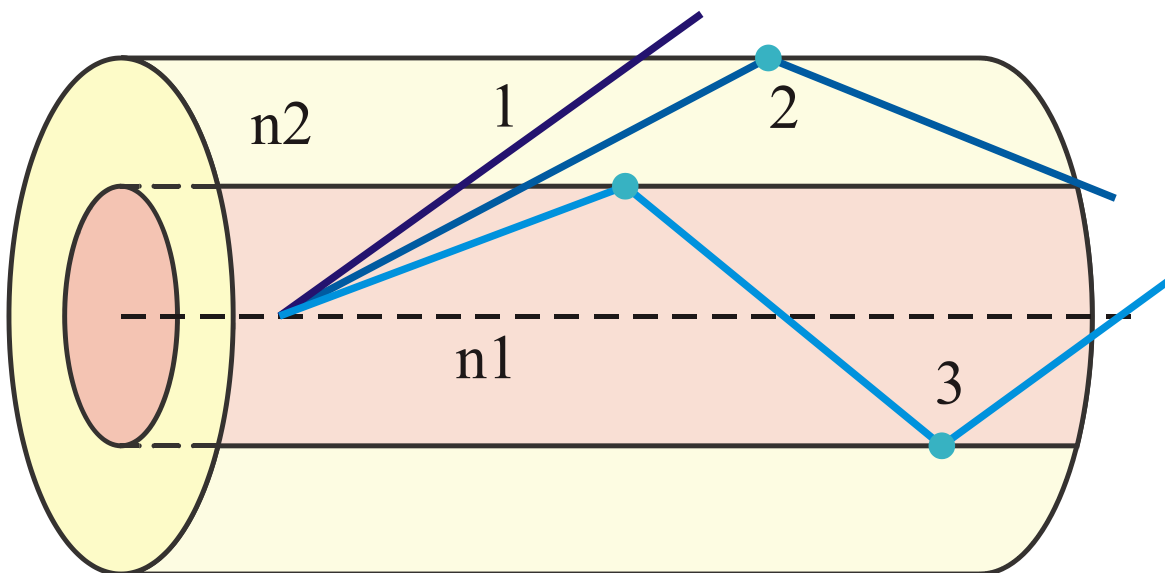


Рис.1 Розповсюдження світлових променів в волоконному світловоді.

1 - 2 характерні втрати, 3 - стабільний режим

Відповідно до закону Синеллиуса, кут в середовищі з меншим показником заломлення більше, ніж кут падіння. При зростанні зростає i , і оскільки більше, стане

рівним 900 раніше, ніж. Кут падіння, для якого переломлений промінь ковзає по поверхні розділу (тобто, для якого $= 900$), називається кутом повного внутрішнього відображення. Кут повного внутрішнього відображення розраховується за формулою (див. Закон Синеллиуса, вважаючи, що $= 900$):.

Якщо кут падіння більше (промінь 3), то промінь не заходить у другу середу, а повністю відбивається всередину першого середовища. Саме цей принцип повного внутрішнього відображення дозволяє оптичних волокнах проводити світло.

Залежно від числа що поширюються на робочій частоті хвиль (мод) світловоди поділяють на одно- і багатомодові. Хвильовими модами називають сукупності світлових променів в межах кута повного внутрішнього відображення, що утворюють направляються хвилі. Число мод залежить від співвідношення діаметра сердечника світловода і довжини хвилі і розраховується за формулою,

де a - радіус сердечника волокна, λ - довжина хвилі світла, n_1 - відносна різниця показників заломлення.

Перевагою одномодових світловодів є мала дисперсія (спотворення сигналів), велика інформаційно-пропускна здатність і велика дальність передачі. Одномодові системи є найбільш перспективним напрямком розвитку техніки передачі інформації.

У багатомодових світловодах імпульс на прийомі розширюється і спотворюється. Дисперсія в багатомодових світловодах істотно обмежує смугу переданих частот і дальність передачі.

Оптичні волокна можна розділити на наступні типи: кварцові, кварц-полімерні і полімерні.

Кварцові оптичні волокна виготовляються з високочистого кварцового скла (сердечник і світловідбиваючі оболонка) і застосовуються для систем телекомунікації, внутрішньо-і межоб'єктовий зв'язку.

Кварц-полімерні оптичні волокна виготовляються з кварцовим сердечником і полімерної світловідбиваючої оболонкою і призначені для систем внутрішньо-і межоб'єктовий зв'язку.

Полімерні оптичні волокна виготовляються з полімерних матеріалів, що мають високі оптичні властивості, і використовуються для деяких систем всередині об'єктових зв'язку, підсвічування, декоративного оформлення і в медицині.

4. Фізичні особливості ВОЛЗ

1. Скловолокно володіє значною широкополосністю, яка обумовлена надзвичайно високою частотою несучої 1014 Гц. Це означає, що по оптичних лініях зв'язку можна передавати інформацію зі швидкістю порядку 1012 біт / с. Іншими словами по одному скловолокну можна передати одночасно 10 мільйони телефонних розмов і мільйон відеосигналів. В оптичному волокні можуть поширюватися світлові сигнали двох різних ортогональних поляризацій, що дозволяє подвоїти пропускну

здатність оптичного каналу зв'язку. На сьогоднішній день межа по щільності переданої інформації з оптичного волокна не досягнута.

2. Скловолокно володіє дуже малим загасанням (в порівнянні з іншими середовищами). Кращі зразки російського волокна мають згасання 0,22 дБ / км на довжині хвилі 1,55 мкм, що дозволяє будувати лінії зв'язку довжиною до 100 км без регенерації сигналів. Для порівняння, краще волокно Sumitomo на довжині хвилі 1,55 мкм має згасання 0,154 дБ / км. В оптичних лабораторіях США розробляються ще більш "прозорі", так звані фторцірконатні волокна з теоретичним межею порядку 0,02 дБ / км на довжині хвилі 2,5 мкм. Лабораторні дослідження показали, що на основі таких волокон можуть бути створені лінії зв'язку з регенераційними ділянками через 4600 км при швидкості передачі 1 Гбіт / с.

Технічні особливості:

1. Волокно виготовляється з кварцу, основу якого складає двоокис кремнію, широко розповсюджене, а тому недорогого матеріалу, на відміну від міді.

2. Оптичні волокна мають діаметр близько 100 мкм, тобто дуже компактні і легкі, що робить їх перспективними для використання в кабельній техніці.

3. Скловолокно не є металом, тому при будівництві систем зв'язку автоматично досягається гальванічна розв'язка сегментів. Застосовуючи особливо міцний пластик, на кабельних заводах виготовляють самонесучі підвісні кабелі, які містять металу і тим самим безпечні в електричному відношенні. Такі кабелі можна монтувати, наприклад, на опорах контактної мережі, заощаджуючи значні кошти на прокладку кабелю і організацію переходів через річки та інші перешкоди.

4. Системи зв'язку на основі оптичних волокон стійкі до електромагнітних полів, а що передається по світловода інформація захищена від несанкціонованого доступу.

5. Важливою властивістю оптичного волокна є довговічність. Час життя волокна перевищує 25 років, що дозволяє прокласти оптико-волоконний кабель один раз і, в міру необхідності, нарощувати пропускну здатність каналу шляхом заміни передавачів і приймачів на більш швидкодіючі.

Однак, в волоконній технології є і свої недоліки:

1. При створенні лінії зв'язку потрібні високонадійні активні елементи, які перетворюють електричні сигнали в оптичні і навпаки, виробництво яких коштує дуже дорого.

2. Інший недолік полягає в тому, що для монтажу оптичних волокон потрібно прецизійне, про тому дороге технологічне обладнання.

3. Як наслідок, при аварії (обриві) оптичного кабелю витрати на відновлення вище, ніж при роботі з традиційними кабелями з мідними жилами.

Проте переваги від застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку настільки значні, що не дивлячись на перераховані недоліки оптичного волокна, дані лінії зв'язку все ширше використовуються для передачі інформації. Однак для передачі інформації між електронними блоками по ВОЛЗ необхідно перетворити електричний сигнал в світловий і назад.

Оптичні системи передачі, як правило є цифровими (імпульсними). Це пояснюється тим, що передача аналогових сигналів вимагає високого ступеня лінійності проміжних підсилювачів, яку важко забезпечити в оптичних системах.

Останнім часом у зв'язку із здешевленням ВОЛЗ це середовище передачі все більше застосовується як в наземних, так і в бортових інтерфейсах.

Вирішення питань підвищення швидкодії бортових обчислювальних комплексів, підвищення їх надійності та резервування, взаємодії з наземними обчислювальними системами ОВР викликало необхідність об'єднання обчислювальних пристроїв в мережі.

1. При створенні лінії зв'язку потрібні високонадійні активні елементи, які перетворюють електричні сигнали в оптичні і навпаки, виробництво яких коштує дуже дорого.

2. Інший недолік полягає в тому, що для монтажу оптичних волокон потрібно прецизійне, про тому дороге технологічне обладнання.

3. Як наслідок, при аварії (обриві) оптичного кабелю витрати на відновлення вище, ніж при роботі з традиційними кабелями з мідними жилами.

Проте переваги від застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку настільки значні, що не дивлячись на перераховані недоліки оптичного волокна, дані лінії зв'язку все ширше використовуються для передачі інформації. Однак для передачі інформації між електронними блоками по ВОЛЗ необхідно перетворити електричний сигнал в світловий і назад.

Оптичні системи передачі, як правило є цифровими (імпульсними). Це пояснюється тим, що передача аналогових сигналів вимагає високого ступеня лінійності проміжних підсилювачів, яку важко забезпечити в оптичних системах.

Останнім часом у зв'язку із здешевленням ВОЛЗ це середовище передачі все більше застосовується як в наземних, так і в бортових інтерфейсах.

Вирішення питань підвищення швидкодії бортових обчислювальних комплексів, підвищення їх надійності та резервування, взаємодії з наземними обчислювальними системами ОВР викликало необхідність об'єднання обчислювальних пристроїв в мережі.

5. Структурна схема передачі ВОЛЗ

Структурна схема передачі інформації по оптичних кабелях приведена на рис.2

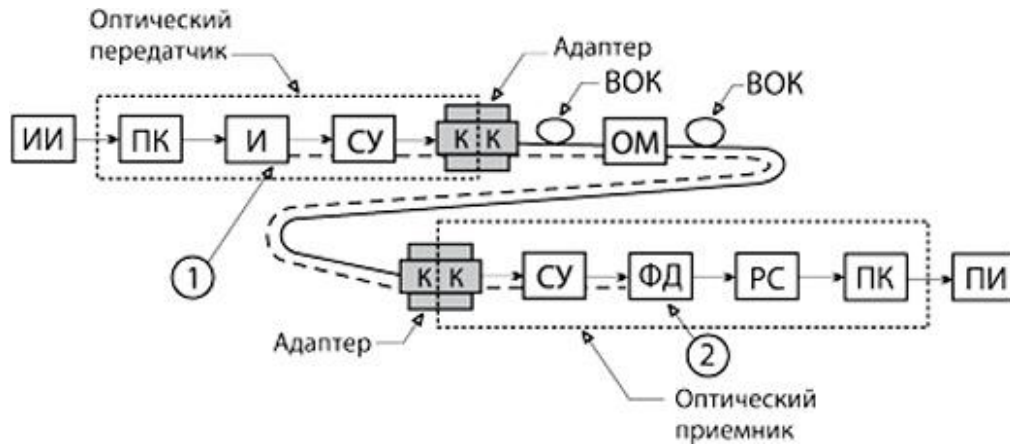


Рис.2 Структурна схема передачі ВОЛС.

Інформація, що передається абонентами через передавач, поступає на **електрооптичний перетворювач (ЕОП)**, роль котрого виконує лазер (Л) або світлодіод (СД). Тут електричний сигнал перетворюється в оптичний і направляється в ОК. На прийомі оптичний сигнал надходить в **оптико-електричний перетворювач (ОЕП)**, в якості якого використовується фотодіод (ФД), що перетворює оптичний сигнал в електричний. Таким чином, на передавальній стороні від передавача до ЕОП, а також на приймальній стороні від ЕОП до приймача діє електричний сигнал, а від ЕОП до ОЕП по оптичному кабелю проходить оптичний сигнал.

Електричний сигнал, створюваний частотним або тимчасовим методом, модулює оптичну несучу, і в модульованому вигляді світловий сигнал передається по оптичному кабелю. В основному використовується спосіб модуляції інтенсивності оптичної несучої, при якому від амплітуди електричного сигналу залежить потужність випромінювання, передана в ОК.

Оптичні системи передачі, як правило є цифровими (імпульсними). Це пояснюється тим, що передача аналогових сигналів вимагає високого ступеня лінійності проміжних підсилювачів, яку важко забезпечити в оптичних системах. Через певні відстані (5, ..., 100 км), зумовлені енергетичним потенціалом апаратури і величиною втрат в ОК, вздовж оптичної лінії розташовуються **лінійні регенератори (ЛР)**, в яких сигнал відновлюється і посилюється до необхідного значення. Крім того, для перетворення коду і узгодження елементів схеми є коднують пристрої - перетворювачі коду (ПК) і **узгоджувальні пристрої (СУ)**. Перетворювач коду формує необхідну послідовність імпульсів і здійснює узгодження рівнів по потужності між електричними і оптичними елементами схеми (від апаратури ІКМ надходить високий рівень, а для термоелектричних необхідний вельми малий рівень). Передавальні і приймальні **узгоджувальні пристрої** формують і погоджують діаграми спрямованості (діаграма спрямованості - це тілесний кут, в якому діє максимальна інтенсивність випромінювання) і апертурний кут між приймальною пристроями і кабелем. Застосовуються також пристрої введення і виведення

випромінювання, зростки, для зрощування оптичних волокон і кабелів, фільтри та інші елементи оптичного тракту.

6. Оконечники.

Роз'ємні з'єднання. Якщо межа дальності дії високошвидкісних електропровідних ліній на основі витієї пари залежить від роз'ємів, то в оптоволоконних системах внесені ними додаткові втрати досить малі. Загасання в них залишає близько 0,2 - 0,3 дБ. Тому можливо створювати лінії передачі без використання активного обладнання, комутуючи волокна на звичайних роз'ємах. Особливо помітні переваги такого підходу на невеликих за протяжністю, але розгалужених лініях.

Основні функції роз'ємів полягають у фіксації волокна в центруючій системі (з'єднувачі) і захисті волокна від механічних і кліматичних впливів.

Основні вимоги до роз'ємів :

- внесення мінімального загасання і зворотного відображення сигналу;
- мінімальні габарити і маса при високій міцності;
- довготривала робота без погіршення параметрів;
- простота установки на кабель (волокно);
- простота підключення та відключення.

Відомо кілька десятків типів роз'ємів. Основна ідея всіх варіантів конструкцій - точно поєднати осі волокон, і щільно притиснути їх торці один до одного (створити контакт) (рис. 3).

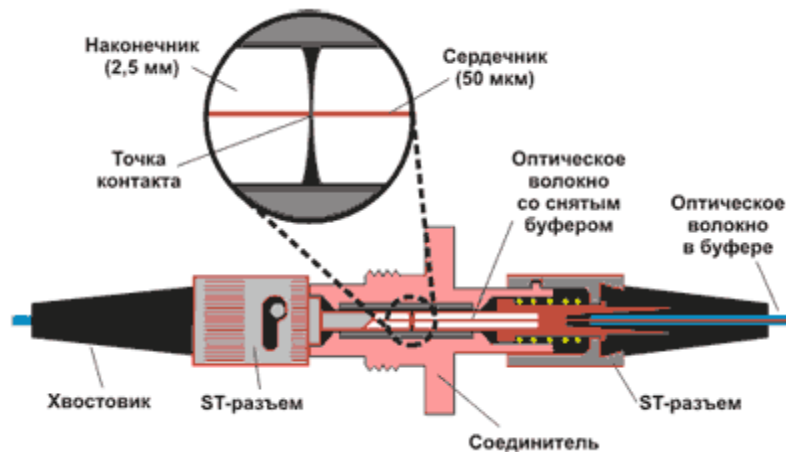


Рис. 3 Принцип дії оптоволоконного роз'єму контактної дії

Основна маса роз'ємів випускається за симетричною схемою, коли для з'єднання роз'ємів використовується спеціальний елемент - муфта (з'єднувач). Спочатку волокно закріплюється і центрується в наконечнику роз'єму, а потім вже самі наконечники центруються в з'єднувачі.

Таким чином на сигнал впливають такі чинники:

- внутрішні втрати, викликані допусками на геометричні розміри світловодів. Це ексцентриситет і еліптичність серцевини, різниця діаметрів (особливо при з'єднанні волокон різного типу);
- зовнішні втрати, які залежать від якості виготовлення роз'ємів. Виникають через радіальне, кутове зміщення наконечників, непаралельності торцевих поверхонь волокон, повітряного проміжку між ними (френелівську втрату);
- зворотне відображення. Виникає через наявність повітряного проміжку (френелівське відображення світлового потоку у зворотному напрямку на кордоні скло - повітря - скло). Згідно стандарту TIA/EIA-568A, нормується коефіцієнт зворотного відбиття (відношення потужності відбитого світлового потоку до потужності падаючого). Він повинен бути не гірше -26 дБ для одномодових роз'ємів, і не гірше -20 дБ для багатомодових ;
- забруднення, яке, в свою чергу, може викликати як зовнішні втрати, так і зворотне відображення. Найбільш широке поширення набули роз'єми ST і SC, вельми схожі за своїми параметрами (загасання 0,2 - 0,3 дБ) (рис. 4).

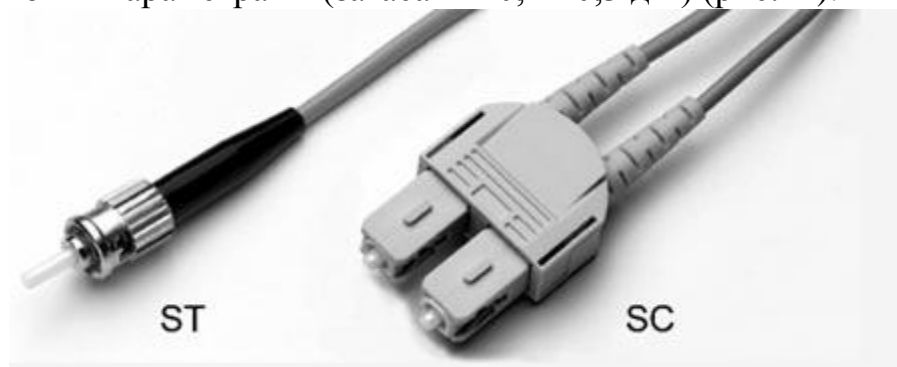


Рис. 4 ST и SC роз'єми оптичних волокон.

ST (straight tip connector) (прямий роз'єм) або, неофіційно Stick-and-Twist (встав і поверни). Конструкція заснована на керамічному наконечнику (ферулі) діаметром 2,5 мм з опуклою торцевою поверхнею. Фіксація вилки на гнізді виконується підпружиненим байонетним елементом (подібно роз'ємів BNC, що використовується для коаксіального кабелю).

Роз'єми ST - найдешевший і найпоширеніший тип. Він трохи краще, ніж SC, пристосований до важких умов експлуатації завдяки простій і міцній металевій конструкції (допускає більше можливостей для застосування грубої фізичної сили).

Основні недоліки: складність маркування, трудомісткість підключення, і неможливість створення дуплексної вилки.

SC (subscriber connector) (абонентський роз'єм), або, неофіційно Stick-and-Click (встав і замкни). В основі такої ж, як в ST, керамічний наконечник діаметром 2,5 мм. Але основна відмінність - легкий пластмасовий корпус добре захищає наконечник і забезпечує плавне підключення і відключення одним лінійним рухом.

Така конструкція дозволяє досягти великої щільності монтажу, і легко адаптується до зручних здвоєним роз'ємів.

Додатково потрібно відзначити ще два типи роз'ємів:

FC - дуже схожий на ST, але з різьбовий фіксацією.

LC - новий " мініатюрний " роз'єм, конструктивно ідентичний SC.