

ЛЕКЦІЯ 6 СКС НА БАЗІ ОПТИЧНИХ КАБЕЛІВ

6.1 Елементи повністю оптичної СКС

Склад оптичної СКС аналогічний складу мідної СКС. У ній можна виділити наступні функціональні елементи:

- волоконно-оптичні кабелі;
- з'єднувачі оптичних волокон (нерознімні й рознімні);
- розподільні пристрої (всіх рангів: території, будинку, поверху).

Функціональне призначення цих компонентів такі самі, як і у мідних (електричних), але їх фізична реалізація має низку відмінностей. Насамперед, оптичне волокно суттєво відрізняється від мідного провідника за своїми фізичними характеристиками. Зовнішній діаметр оптичного волокна дорівнює 0,125 мм, в 3-5 разів менше зовнішнього діаметра мідного провідника. Зовнішній діаметр буферної оболонки оптичного волокна, що дорівнює 0,9 мм, також менше зовнішнього діаметра ізоляції мідного провідника. При цьому межа міцності оптичного волокна «на розрив» у 6–8 разів більше, ніж у міді. Оптичне волокно досить надійно захищено буферними оболонками, так що з ним можна спокійно працювати при монтажі муфт, оптичних полиць і коннекторів. Використовувані для захисту волокна буферні оболонки можуть щільно обгортати волокно (tight buffer), а можуть мати вигляд просторих для волокна трубок (loose tube). При цьому в кабелях для внутрішнього прокладання частіше зустрічається щільний буфер, а в кабелях зовнішнього прокладання – нещільний. Конкретний вид захисту оптичного волокна вибирається виробником кабелю з конкретних умов майбутньої його експлуатації. Буферні оболонки волокон мають різні кольори, але на відміну від витих пар, тут немає особливої системи: кольори волокон використовується лише для ідентифікації волокна на обох кінцях кабелю.

Присутність оптичного волокна пред'являє до кожного з функціональних компонентів СКС вимоги, пов'язані як із захистом оптичного волокна від

зовнішніх впливів, так і з забезпеченням потрібних оптичних характеристик цього компонента.

Як зазначалось у другому розділі, міжнародний стандарт ISO/IEC 11801 визначає чотири класи оптичних систем (застосувань): OF-300, OF-500, OF-2000 та OF-5000. Разом з цим в стандарті визначено шість типів оптичних волокон для підтримки застосувань різних класів – OM1, OM2, OM3, OM4, OS1, OS2. Головним показником, який характеризує якість роботи кабельних трактів на базі оптичних волокон є загасання. Для кожного класу оптичних волокон стандарт чітко визначає максимально припустиме значення цього параметру (табл. 6.1.).

Таблиця 6.1 – Загасання у оптичних волокнах

Клас волокна	Багатомодове волокно OM1, OM2, OM3, OM4		Одномодове волокно OS1		Одномодове волокно OS2		
	Довжина хвилі, нм	850	1300	1310	1550	1310	1383
Загасання дБ/км	3,5	1,5	1,0	1,0	0,4	0,4	0,4

Основною проблемою оптичних СКС є проблема з'єднань волокон. При з'єднанні волокон необхідне виконання двох умов – волокна треба з'єднати так, щоб, по-перше, було забезпечено дотримання вимог стандарту до параметрів оптичного передавання сигналу (малі втрати та відображення), а, по-друге, необхідно дотриматися вимог стандарту щодо механічних характеристик. Для вирішення цих завдань існує декілька різних конструкцій оптичних з'єднувачів, які в загальному випадку розподіляються на дві великі групи: *нерознімні з'єднувачі* й *рознімні з'єднувачі*.

Нижче розглянуті основні особливості з'єднувачів оптичних волокон щодо їх механічних характеристик. Волоконно-оптичні кабелі більш докладно розглянуто у розділі 4. Для оцінки дотримання вимог стандарту до параметрів оптичного передавання сигналу застосовують спеціальний параметр – *бюджет втрат оптичної потужності (Fiber Optic Power Loss Budget)*.

Бюджет втрат оптичної потужності показує сумарне загасання кабельного тракту створеного на базі оптичних компонентів. Бюджет втрат оптичної потужності враховує загасання, що вносяться кожним складовим елементом кабельного тракту (оптичний кабель, нерознімні та рознімні з'єднувачі). Під час визначення розміру бюджету втрат оптичної потужності необхідно враховувати, що кожний рознімний з'єднувач вносить додаткове загасання 0,75 дБ (в реальних умовах загасання, що вноситься рознімним з'єднувачем, залежить від типу з'єднувача та виробника, але в будь-якому разі воно не повинно перевищувати 0,75 дБ), а кожний нерознімний з'єднувач вносить додаткове загасання 0,3 дБ. Загасання, що вноситься оптичним кабелем зазначено у таблиці 6.1.

Розглянемо наступний приклад – є кабельний тракт на базі оптичних компонентів довжиною 50 метрів, який включає два рознімних з'єднувача, один нерознімний з'єднувач. Тракт реалізовано на базі оптичного волокна класу OM4 з довжиною хвилі 1300 нм.

Тоді $Power Loss Budget = 2*0,75 + 2*0,3 + (50*1,5/1000) = 2,175$ дБ

Для застосувань Gigabit Ethernet максимально припустиме значення $Power Loss Budget$ визначено на рівні 3,25 дБ, а отже розглянутий кабельний тракт спроможний забезпечити роботу цих застосувань.

Варто відзначити, що бюджет втрат оптичної потужності необхідно розраховувати для кожного кабельного тракту на базі оптичних компонентів.

6.2 Нерознімні з'єднувачі (сплайси)

Нерознімні з'єднувачі призначені для з'єднання оптичних волокон при зрощуванні кабелів у муфтах і при термінуванні кабелів у розподільних пристроях. Часто такі з'єднувачі називають сплайсами (splice – з'єднання). Сплайси бувають двох видів: *механічні* й *зварні*.

Механічні сплайси

Ідея механічного сплайса полягає в наступному – у корпусі сплайса є V-подібна канавка, що центрується, яка заповнена спеціальним гелем, і пружина, що притискує до цієї канавки оптичне волокно. З'єднання здійснюється в такий спосіб – волокна «зачищуються» від буферних оболонок, сколюються, вставляються із двох боків у сплайс до зіткнення один з одним і в такому положенні фіксуються пружиною. Готовий сплайс розміщується в організаторі сплайсів, який, у свою чергу, розміщується в шафі в оптичній полиці.

Конструкції механічних сплайсів не стандартизуються, оскільки при їх використанні немає необхідності поєднувати деталі різних виробників. У зв'язку із цим є велика розмаїтість конструкцій механічних сплайсів. Корпуси бувають прозорими і непрозорими, різних форм, пружина може розміщуватися як усередині, так і зовні корпусу. Механічні сплайси можуть різнитися призначенням: одні призначаються для одномодових, інші – для багатомодових волокон. При цьому їх конструкції зовнішні не різняться, а відмінність полягає в точності деталей: одномодові волокна необхідно поєднувати з більшою точністю ніж багатомодові.

З'єднання оптичних волокон за допомогою механічного сплайса є дешевим і доступним, особливо в межах будинку, де умови навколишнього середовища звичайно менш жорсткі. Крім того, у випадку невдалого збирання механічний сплайс можна переробити кілька разів. За межами будинку, в умовах повітряної або ґрунтової прокладання, а також у лініях зв'язку великої довжини, рівень надійності та втрат механічного сплайса стає недостатнім, і в цих умовах використовують зварний сплайс.

Зварні сплайси

Ідея зварного з'єднання оптичних волокон полягає в наступному – на одне з волокон надівається захисна гільза (protective sleeve). Гільза складається із двох коаксіальних трубок з термоусадочної пластмаси довжиною 60 мм. Потім оптичні волокна зачищуються від буферних покриттів, сколюються й

розміщуються у зварювальному апараті, в якому вони зварюються імпульсною електричною дугою. На місце зварювання натягується захисна гільза, і ця ділянка оптичних волокон разом з гільзою поміщується в термостат, де гільза зменшується в діаметрі, щільно охоплює оптичне волокно та здійснює герметизацію ділянки з'єднання. Охолонувши готова гільза розміщується у спеціальному організаторі. Зварний сплайс має малі (не більше 0,01 дБ) втрати, відрізняється високою надійністю, виготовляється швидко, але зварювання є найбільш дорогим способом з'єднання оптичних волокон: потрібний дорогий зварювальний апарат. При побудові стаціонарних ліній СКС рекомендується нерознімних з'єднань уникати, використовуючи їх тільки в абсолютно необхідних випадках.

6.3 Рознімні з'єднувачі (коннектори й адаптери)

Для підключення активного обладнання до СКС і для комутації ліній зв'язку необхідні рознімні з'єднувачі оптичних волокон. За роки розвитку оптичної техніки було запропоновано значну кількість конструкцій різноманітних з'єднань, багато з яких вже не застосовуються.

У загальному випадку, рознімний з'єднувач містить у собі адаптер з втулкою, що центрує, та два коннектори. У коннектора є наконечник (ferrule), що являє собою циліндр із центральним отвором діаметром 125 мкм для волокна. Інсталяція такого коннектора здійснюється в такий спосіб – на кабель попередньо натягується гумовий захисний ковпачок і металева відтискна втулка. Потім оптичне волокно «зачищується» від буферних оболонок, вводиться в наконечник і фіксується в ньому різними способами: механічно, за допомогою клейових складів і т. ін. Після цього волокно сколюється, зовнішня оболонка кабелю фіксується відтискною втулкою, що потім відтискається й надійно прикріплює силові елементи кабелю до коннектора.

Зібраний коннектор вводиться в адаптер, в якому наконечник коннектора виявляється в його втулці, що центрує. Зовнішній корпус коннектора фіксується на корпусі адаптера. З протилежного боку в адаптер вводиться в

такий самий спосіб другий коннектор. При цьому торці наконечників впираються один в одного і оптичні волокна перебувають у фізичному контакті. Фізичний контакт оптичних волокон знижує втрати на відображення у з'єднувачах та буває чотирьох типів (за зменшенням відбиття):

- фізичний контакт PC (Physical Contact);
- супер-фізичний контакт SPC (Super Physical Contact);
- ультра-фізичний контакт UPC (Ultra Physical Contact);
- кутовий фізичний контакт APC (Angled Physical Contact).

При здійсненні рознімного з'єднання часто доводиться поєднувати вироби різних виробників, тому на відміну від механічних сплайсів, посадкові розміри коннекторів і адаптерів стандартизовані. При цьому самі конструкції досить різноманітні. Прагнення зменшити габарити комутаційних панелей привело до розробки малогабаритних оптичних з'єднувачів, що отримали загальну назву коннекторів з малою формою-фактором або SFF-коннекторів (Small Form Factor Connectors). У них використовуються наконечники вдвічі меншого зовнішнього діаметра або конструкції з іншими принципами з'єднання, наприклад, зовсім без наконечників.

Сьогодні існують різні оптичні з'єднувачі різного типу SMA, FC, FJ, FDDI, E2000, VF-45, ST, SC та ін. У СКС у відповідності зі стандартом ISO/IEC 11801 рекомендує використовувати з'єднувачі типу SC, також допускається використання з'єднувачів типу ST та всі сучасні SFF-коннектори. Фактично, стандарт допускає використання коннекторів будь-яких типів, за винятком лише застарілих.

6.4 Волоконно-оптичні комутаційні панелі

Волоконно-оптичні комутаційні панелі (патч-панелі), також як і мідні, призначені для термінування оптичних кабелів, для здійснення комутацій ліній у СКС, а також для підключення до них активного обладнання. Часто ці пристрої за їх зовнішній вигляд називають «оптичними полицями», оскільки вони виглядають як коробки або як полки, які одна над одною розташовуються

в шафі. Структурна схема волоконно-оптичної комутаційної панелі показана на рис. 6.1.

Оптична полиця складається з корпусу, на передній стінці якого розташовані адаптери, призначені для підключення коннекторів як зсередини, так і ззовні. Волоконно-оптичний кабель вводиться всередину корпусу та закріплюється там. Оптичні волокна з кабелю окінчуються коннекторами, для організації запасу та дотримання норм за радіусами вигину волокна укладаються в спеціальний організатор, а коннектори підключаються до адаптера зсередини.

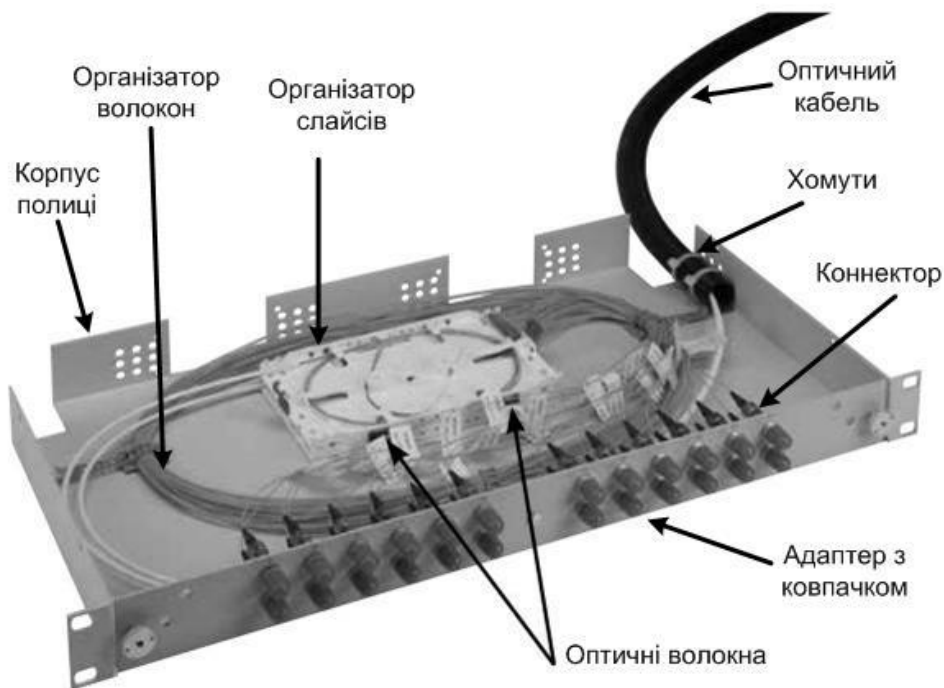


Рисунок 6.1 – Структурна схема волоконно-оптичної комутаційної панелі (оптичної полиці)

Конструкція волоконно-оптичної комутаційної панелі не стандартизована, оскільки немає необхідності поєднувати деталі різних виробників. У зв'язку із цим корпус може бути виконаний з металу або пластмаси, може варіюватися форма корпусу, у корпусі можуть бути кришки й т. ін. Адаптери можуть бути різного типу, дуплексні та симплексні й



розташовуватися попарно в горизонтальному або вертикальному напрямках. Таким чином, виробники таких пристроїв не обмежені в конструктивних можливостях. Вибір конкретного пристрою визначається розмірами СКС, ціною пристрою, зручністю його монтажу й обслуговування. Необхідно звернути увагу на три можливих способи монтажу розподільного пристрою:

- окінцювання безпосередньо оптичного волокна кабелю за допомогою коннектору;
- приєднання пігтейла до оптичного волокна кабелю за допомогою механічного сплайса;
- приєднання пігтейла до оптичного волокна кабелю за допомогою звареного сплайса.

Необхідно також урахувати той факт, що відповідно до вимог стандарту ISO/IEC 11801 необхідно окінцювати всі оптичні волокна, незалежно від того, скільки реально волокон буде використовуватися.

Технології окінцювання оптичного волокна коннекторами

Окінцювання оптичного волокна коннектором – це найпоширеніша операція в процесі інсталяції (монтажу) оптичної СКС, яка виконується, практично, при виконанні будь-яких робіт – при монтажі оптичної полиці або телекомунікаційної розетки, вимірах, виготовленні пігтейлів, монтажі муфт і т. ін. Від якості цієї операції залежить, в остаточному підсумку, якість рознімного з'єднання волокон. Існує значна різноманітність конструкцій рознімних з'єднувачів. Найпоширенішим є з'єднувач, в якому оптичні волокна закріплюються у спеціальному наконечнику коннектора. Окінцювання волокна будь-яким коннектором з наконечником завжди включає у себе наступні моменти й операції:

- підготовку кабелю й волокна для окінцювання ;
- закріплення оптичного волокна в наконечнику коннектора;
- закріплення буферних оболонок оптичного волокна й зовнішньої оболонки кабелю на силових елементах конструкції коннектора;

- фінішну підготовку поверхні оптичного волокна.

Технологічно ці операції виконуються різними способами. Підготовка кабелю й оптичного волокна полягає в знятті та обрізці зовнішньої оболонки кабелю, кевларових нитей на потрібну довжину, а також у видаленні буферних оболонок з волокна. Закріплення оптичного волокна в наконечнику здійснюється або механічно, або за допомогою різноманітних клейових составів. Закріплення буферних оболонок і оболонки кабелю виконується, як правило, притиском спеціальних втулок. Фінішна підготовка оптичного волокна здійснюється або його поліруванням, або сколюванням волокна.

При виборі конкретної технології окінцювання необхідно врахувати наступні фактори:

- рівень необхідної надійності коннектора залежно від умов навколишнього середовища, в яких він буде використовуватися;
- тип і вартість коннектора;
- вид і вартість комплекту інструмента для монтажу коннектора даного типу;
- витрати часу та праці для монтажу коннектору даного типу;
- вид, кількість, строк придатності, вартість і доступність витратних матеріалів необхідних для монтажу даного коннектора.

Технології окінцювання оптичного волокна коннекторами можна підрозділити на чотири види за способом закріплення оптичного волокна й підготовки його поверхні з використанням:

- епоксидної смоли;
- клеїв різного типу;
- механічного закріплення оптичного волокна в наконечнику;
- «гібрида» механічного сплайса з наконечником, в який заздалегідь у заводських умовах вклеєне оптичне волокно .

Епоксидна технологія. У цій технології для закріплення оптичного волокна в наконечнику використовується епоксидна смола, змішана з



отверджувачем у потрібних пропорціях. Є три різновиди цієї технології, в яких використовуються: смола гарячого отвердіння, смола, що отвердіває при кімнатній температурі, і смола, уведена в наконечник заздалегідь на заводі-виготовлювачі. Переваги епоксидної технології полягають у високій надійності отримуваних коннекторів, а недоліки – у необхідності потужної пічки для нагрівання коннекторів і тривалого (у середньому близько 15 хвилин) часу на нагрівання та охолодження.

Клейова технологія. У цій технології використовуються клеї різного виду: клей, що затвердіває від впливу ультрафіолету, ціаноакрилатний, анаеробний, акриловий. Переваги цієї технології полягають у невеликому (від 2 до 5 хвилин) часі монтажу коннектора та його низької вартості, а недоліки – у середніх показниках надійності та значної кількості витратних матеріалів, з обмеженим (від 3 до 12 місяців) терміном придатності.

Механічна технологія. При використанні цієї технології волокно фіксується в наконечнику особливої конструкції. Він має внутрішню конусну частину, в якій волокно фіксується спеціальним інструментом. Перевагами такої технології є висока швидкість монтажу коннектора й відсутність витратних матеріалів, а недоліками – невисока надійність коннектора та відносно висока його вартість.

Гібридна технологія. Ідея цієї технології полягає у поєднанні в одному коннекторі механічного сплайса з наконечником, в який на заводі заздалегідь вклеїли оптичне волокно з відполірованими торцями. Переваги цієї технології полягають у високій швидкості монтажу (близько 1,5 хвилин) і у відсутності витратних матеріалів, а недоліки – у відносно високій вартості коннекторів (приблизно в 2 рази більшої ніж у клейового) і в необхідності дорогого пристрою для сколювання оптичних волокон.

Підготовка торця волокна при епоксидній, клейовій та механічній технології здійснюється поліруванням, а в гібридній технології – сколюванням волокна.

Контрольні питання

1. З яких елементів складається оптична СКС?
2. Яка основна проблема інсталяції (монтажу) оптичних СКС?
3. Що таке бюджет втрат оптичної потужності? Як його розрахувати?
4. Що таке сплайс?
5. Які існують типи оптичних сплайсів, у чому їх відмінності?
6. Що таке рознімний оптичних з'єднувач?
7. Що таке оптичний коннектор і оптичний адаптер?
8. Які існують типи фізичних оптичних контактів?
9. Для чого призначена оптична комутаційна панель?
10. Які існують способи монтажу оптичної комутаційної панелі?

Опишіть їх переваги та недоліки.

