

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ,  
ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ  
КАФЕДРА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ ТА РАДІОЕЛЕКТРОННИХ СИСТЕМ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ  
Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО  
“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

**ДИПЛОМНА  
(КВАЛІФІКАЦІЙНА)  
РОБОТА  
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)**

**ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР**

**Тема:** «Структурована кабельна система підприємства на базі обладнання Nexans Cabling Solutions»

**Виконавець:** \_\_\_\_\_ **Максим ВОЛГА**  
(підпис)

**Керівник:** \_\_\_\_\_ **Денис БАХТІЯРОВ**  
(підпис)

**Нормоконтролер:** \_\_\_\_\_ **Денис БАХТІЯРОВ**  
(підпис)

**Київ 2022**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет аеронавігації, електроніки та телекомунікацій

Кафедра телекомунікаційних та радіоелектронних систем

Спеціальність 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Освітньо-професійна програма «Телекомунікаційні системи та мережі»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Роман ОДАРЧЕНКО

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2022 р.

## ЗАВДАННЯ

### на виконання дипломної роботи

Волги Максима Віталійовича

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної (кваліфікаційної) роботи: «Структурована кабельна система підприємства на базі обладнання Nexans Cabling Solutions»

затверджена наказом ректора від «25» квітня 2022 р. №433/ст

2. Термін виконання роботи: з 23.05.2022 р. по 17.06.2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: існуюча кабельна система офісної будівлі

4. Зміст пояснювальної записки: загальні поняття про структуровані кабельні системи, стандарти структурованих кабельних систем, розрахунок компонентної бази структурованої кабельної системи

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: слайди презентації в програмному пакеті Microsoft PowerPoint

## 6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Відмітка про виконання
1	Розробити деталізований зміст розділів дипломної (кваліфікаційної) роботи	23.05.2022- 25.05.2022	Виконано
2	Вступ	25.05.2022	Виконано
3	Написання першого розділу	26.05.2022- 29.05.2022	Виконано
4	Написання другого розділу	30.05.2022- 02.06.2022	Виконано
5	Написання третього розділу	03.06.2022- 08.06.2022	Виконано
6	Усунення недоліків та захист дипломної роботи	09.06.2022- 17.06.2022	Виконано

7. Дата видачі завдання: “20” травня 2022 р.

Керівник дипломної роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис керівника)

Денис БАХТІЯРОВ

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання

\_\_\_\_\_  
(підпис випускника)

Максим ВОЛГА

(П.І.Б.)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота «Структурована кабельна система підприємства на базі обладнання Nexans Cabling Solutions» містить 57 сторінок, 17 рисунків, 7 таблиць, 16 використаних джерел.

АНАЛОГОВА АБОНЕНТСЬКА ЛІНІЯ, ВУЗОЛ ВИХІДНОГО СПОЛУЧЕННЯ, ГОДИНА НАЙБІЛЬШОГО НАВАНТАЖЕННЯ, З'ЄДНУВАЛЬНА ЛІНІЯ, СТРУКТУРОВАНА КАБЕЛЬНА СИСТЕМА.

Метою дипломної роботи є створення ієрархічної кабельної системи, на обладнанні від компанії Nexans Cabling Solutions змонтованої в офісній будівлі, що складається зі структурних підсистем, з подальшою інтеграцією в єдиний комплекс.

У дипломній роботі вивчені Архітектура та особливості стандартів ISO/IEC 11801, ISO 16484-5, розглянуто склад основних кабельних підсистем, проведений вибір архітектури СКС, побудована схема будівлі з розміщенням елементів СКС, проведений розрахунок довжини і загасання мережевого кабелю.

Об'єктом дослідження – є процес передавання даних телекомунікаційною мережею підприємства.

Предметом дослідження – є структурована кабельна система.

## ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	7
ВСТУП .....	8
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО СТРУКТУРОВАНІ КАБЕЛЬНІ СИСТЕМИ .....	10
1.1. Структурована кабельна система .....	10
1.2. Виникнення СКС .....	12
РОЗДІЛ 2. СТАНДАРТИ СТРУКТУРОВАНИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ .....	14
2.1. Принципи побудови СКС .....	14
2.2. Переваги СКС перед звичайними кабельними системами .....	15
2.3. Структура СКС .....	17
2.4. Пасивні елементи СКС .....	23
2.5. Архітектура СКС .....	30
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК КОМПОНЕНТНОЇ БАЗИ СТРУКТУРОВАНОЇ КАБЕЛЬ- НОЇ СИСТЕМИ .....	34
3.1. Розрахунок компонентів СКС .....	34
3.2. Розрахунок горизонтальної підсистеми .....	36
3.3. Розрахунок магістральної підсистеми .....	40
3.4. Схеми розміщення елементів СКС на поверхах .....	43
3.5. Розрахунок апертури .....	45
3.6. Розрахунок згасання кабелю .....	50
3.7. Розрахунок взаємних впливів в оптичному кабелі .....	51
3.8. Перелік обладнання для СКС .....	53
ВИСНОВКИ .....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	56

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ААЛ – аналогова абонентська лінія

АЗЛ – аналогова з'єднувальна лінія

АЛ – абонентська лінія

АМ – абонентський модуль

АМТС – автоматична міжміська телефонна станція

АС – абонентська станція

АТС – автоматична телефонна станція

АЦП – аналогово-цифрове перетворення

АЦУ – апаратура цифрового ущільнення

БС – базова станція

БС – блок сполучення

ВАМ – виносний абонентський модуль

ВВАТС – відомчо-виробнича автоматична телефонна станція

ВвихС – вузол вихідного сполучення

ВВхС – вузол вхідного сполучення

ВЗЗЛ – вузол замовно-з'єднувальних ліній

ВКМ – виносний комутаційний модуль

ВСС – вузол спецслужб

ГНН – година найбільшого навантаження

ГТ – груповий тракт

ЗЗЛ – замоно-з'єднувальна лінія

ЗЛ – з'єднувальна лінія

ЗЛМ – з'єднувальна лінія міжміська

ІКМ – імпульсно-кодова модуляція

КП – керуючий пристрій

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сучасна будівля насичена безліччю кабельних розводок та інформаційних мереж, серед яких: телефонна система, локальна комп'ютерна мережа, мережа кабельного телебачення, системи пожежної та охоронної сигналізації, навіть контроль кліматичних параметрів всередині будівлі.

Структурована кабельна система — фізична основа інфраструктури будівлі, що дозволяє звести в єдину систему безліч мережевих інформаційних сервісів різного призначення: локальні обчислювальні та телефонні мережі, системи безпеки, відеоспостереження і т. д. Як правило, ці сервіси розглядаються в рамках певних служб підприємства.

Кабельні системи є тією "базою" на якій будуються всі основні компоненти інформаційно-обчислювальних комплексів підприємств і організацій. Грамотна організація кабельної системи будівлі є одним з ключових завдань створення інтелектуальних систем і визначає надійність функціонування всіх служб і підрозділів корпорації. Саме тому при створенні кабельної системи будівлі необхідно, щоб вона була б такою ж капітальною, як і сама будівля. У той же час саме кабельні системи в першу чергу зачіпають зміни в нових технологіях передачі даних, мережевих і комунікаційних стандартах, моделях обладнання і версіях прикладних програм, через які доводиться постійно модернізувати або навіть повністю замінювати всю слабкострумову проводку.

Рішення практично всіх перерахованих вище проблем було знайдено з появою на ринку СКС - структурованих кабельних систем.

Структурована кабельна система - це набагато більше, ніж просто кабелі або з'єднання воедино всіх компонентів системи. Різноманітні технології, архітектури та додатки, голосові, інформаційні дані, передача відео зображень і контрольних сигналів - все повинно поєднуватися і діяти як єдине ціле [1-16].

**Метою дипломної роботи є** створення ієрархічної кабельної системи, на обладнанні від компанії Nexans Cabling Solutions змонтованої в офісній будівлі, що складається зі структурних підсистем, з подальшою інтеграцією в єдиний комплекс.

У дипломній роботі вивчені Архітектура та особливості стандартів ISO/IEC 11801, ISO 16484-5, розглянуто склад основних кабельних підсистем, проведений вибір архітектури СКС, побудована схема будівлі з розміщенням елементів СКС, проведений розрахунок довжини і загасання мережевого кабелю.

**Об'єктом дослідження** – є процес передавання даних телекомунікаційною мережею підприємства.

**Предметом дослідження** – є структурована кабельна система.

**Апробація отриманих результатів.** Основні положення роботи доповідалися та обговорювалися на таких конференціях:

- Науково-практична конференція «Проблеми експлуатації та захисту інформаційно-комунікаційних систем», м. Київ, 2022 р.



## РОЗДІЛ 1

### ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО СТРУКТУРОВАНІ КАБЕЛЬНІ СИСТЕМИ

#### 1.1. Структурована кабельна система

Структурованою кабельною системою називається кабельна система, що:

- має стандартизовану структуру і топологію;
- використовує стандартизовані елементи (кабелі, роз'єми, комутаційні пристрої і т. п.);
- забезпечує стандартизовані параметри (швидкість передачі даних, загасання та інше);
- керована (адмініструється) стандартизованим чином.

Завданнями СКС є:

- обмін даними в мережі передачі даних;
- доступ до ресурсів мережі Інтернет;
- забезпечення надійних каналів передачі інформації в межах мережі передачі даних;
- підготовка основи для створення єдиного інформаційного простору на території будівлі [1].

СКС - це кабельна система, яка має певну архітектуру і структуру, що складається з підсистем і стандартизованих пасивних елементів, забезпечуючи технічні параметри кабельних ліній на бажаному рівні, який призначений і встановленого відповідно до діючих стандартів і правил, забезпечуючи мульти-річну гарантію та підтримку від виробника системи [1].

Структурована кабельна система є інфраструктура для сучасних телекомунікаційних мереж і середовище передачі даних, забезпечує довгострокове і надійне функціонування кабельних ліній, забезпечує стандартизований інтерфейс для підключення обладнання [2].

Структурована кабельна система відрізняється від звичайної кабельної системи в тому, що структурована, має певну архітектуру і топологію; заснована на стандартних компонентах, визначених принципів, з урахуванням правил і вимог кабельних стандартів [1-2].

Базова топологія структурованої кабельної системи для будівель являє собою ієрархічну архітектуру, яка також називається топологією дерева.

Топологія СКС - ієрархічна зірка з кількістю рівнів ієрархії не більше 2-ох. Центри на кожному рівні ієрархії є розподільні пункти СКС, з якого промені поширюються в кабелі [2].

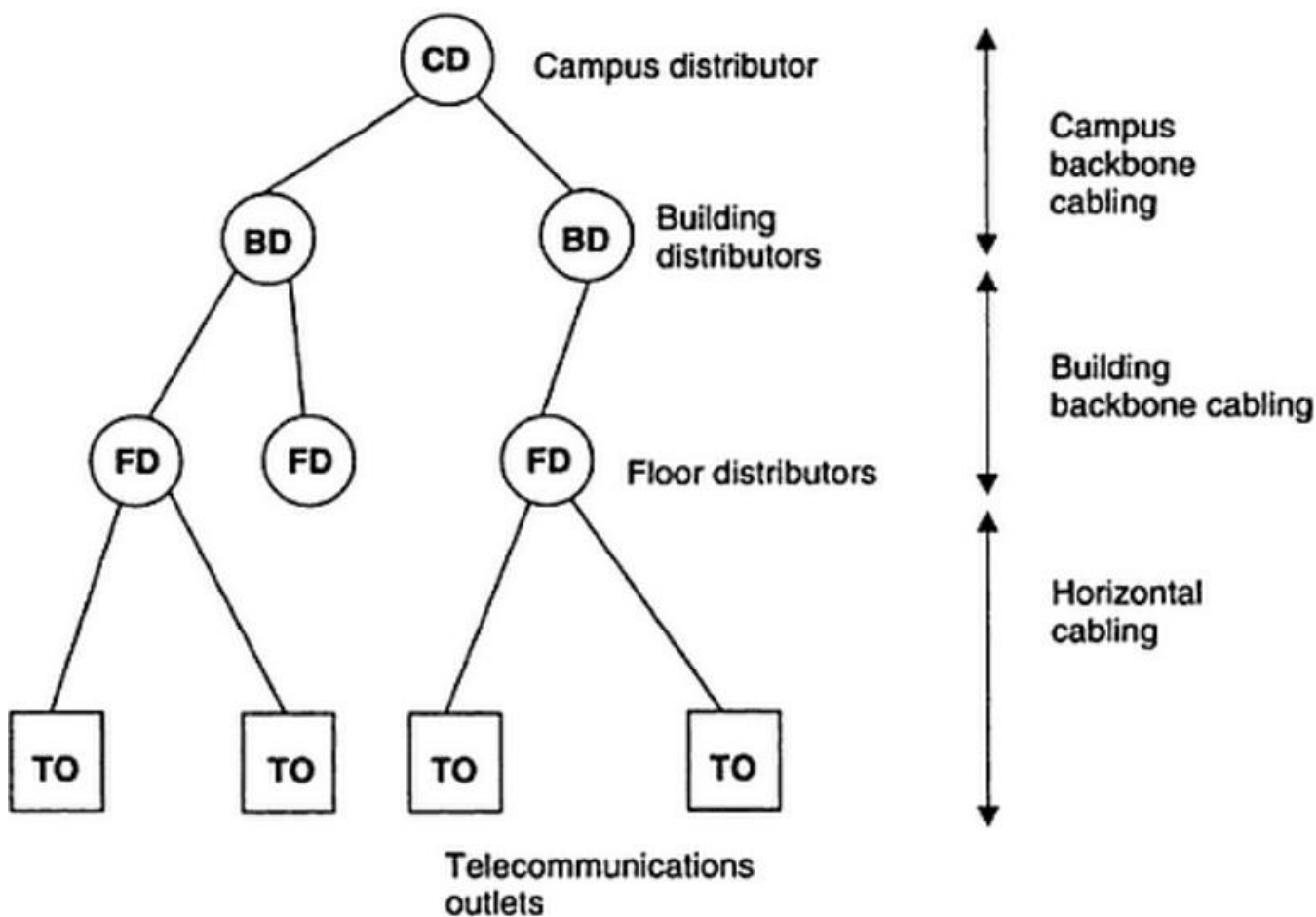


Рис. 1.1. Топологія СКС у вигляді «ієрархічної зірки»

У головному елементі СКС є кабель. Інші елементи, пов'язані з СКС кабель, і вони забезпечують захист, фіксуючи, закриття, перемикання, з'єднувальні кабелі та

розподільні. Кабельні і пасивні елементи утворюють кабельну лінію, на якій передається дані, сигналів та інформації.

Система СКС складається з окремих підсистем, підсистеми складаються з функціональних елементів і елементів бази СКС з пасивних елементів.

## **1.2. Виникнення СКС**

Кабельні системи низької напруги в будівлях виникли в 80-і роки ХХ століття, коли масове виробництво персональних комп'ютерів і об'єднання їх в локальну мережу тільки набирало обертів. На даний момент у виробничих будівель була присутність звичайної окремої кабельної для телефону, телебачення і ряду інших спеціальних інженерних систем. Як правило, ці системи роблять низькі вимоги до ліній і каналів, організованих за допомогою проводів. Поява високошвидкісної локальної мережі вимагає високошвидкісних каналів зв'язку, і проблема виникла самостійно вирішувати розробникам LAN, починаючи від вибору кабелів і прокладки, і закінчуючи їх є припинення і вимірювання. Оскільки ЛОМ розробляли і поставляли різні фірми, остільки кабельні частини цих ЛОМ реалізовувалися по-різному, хоча проблеми були загальні і однакові [1-2].

Інтернет продовжує розвиватися, і проблеми, пов'язані з сумісністю обладнання та кабелів, споживачі отримали від різних постачальників в зростаючому темпі.

Стало очевидно, що Телекомунікації в будівлях повинні відповідати одним вимогам, щоб мати одні й ті ж засоби комутації і підключення обладнання, забезпечити попередньо відомі параметри даних навколишнього середовища. Концепції почали формуватися, тобто пристрій, виготовлений з числа стандартних компонентів, побудованих за модульним принципом, то, задані характеристики, які є достатніми для забезпечення здоров'я телефонів, комп'ютерів та іншого електронного обладнання, підключеного до цієї кабельної системи. [1]

Було висловлено ідею створення структурованої кабельної системи в якості основи для слабкострумової проводки будівлі фахівцями АТ & Т (Тепер Lucent

Technologies) в 1983 році. Перша успішна спроба створити досить універсальні кабельні системи для побудови офісної інформаційної системи була зроблена корпорацією IBM. У 80-х фахівці компанії на основі 2-пари: симетричний екранований кабель з хвильовим опором системи 150 Ом був розроблений IBM, призначений для експлуатації мереж Token Ring, сервери AS/400, 3270 та інших подібних пристроїв [2]. Ця система включала в себе кабелі, роз'єми, кабелі, патч-панелі і пред'явлені звинувачення. Були вперше класифіковані кабелі: вони були розділені на 9 типів водовідвідних каналів [1]. Функціональні можливості були істотно вдосконалені за допомогою введення до його складу компонентів, що забезпечує передачу телефонних сигналів.

По ряду причин, основними з яких є висока ціна, низька технологічна установа, зосереджені головним чином на продукції IBM і труднощі інтеграції в системи сучасних мережевих структур (не всі активні виробники мережевого обладнання забезпечують його нормальну діяльність в середовищі з хвильовим опором 150 Ом, так що кабельна система IBM не забезпечує повну гнучкість і незалежність від додатків), це кабельна система не набула широкого поширення.

В кінці технологія передачі даних 80-х розробників по локальних мережах докласти більше зусиль для підвищення надійності швидкості передачі даних, знизити вартість обладнання та вартість його експлуатації. Кабелі крученої пари через їх технологічності і установки були хорошим інструментом для каналів зв'язку для локальних мереж. Проте, відсутність стандартів для технічної продукції гальмувала розвиток перспективної технології мережі, використовуючи симетричні кабелі в якості передавального середовища [2].

## РОЗДІЛ 2

### СТАНДАРТИ СТРУКТУРОВАНИХ КАБЕЛЬНИХ СИСТЕМ

Стандарти СКС - це документи з правилами, вимогами та рекомендаціями, технічною інформацією, додатковими додатками та посиланнями на інші стандарти, документи та нормативні документи у суміжних із СКС сферах [16].

На момент написання диплому діючими стандартами в галузі СКС є північно-американський стандарт ANSI/EIA/TIA-568-B, міжнародний стандарт ISO/IEC 11801:2002 2-е видання та європейський стандарт EN 50174.

#### 2.1. Принципи побудови СКС

СКС розроблений з наступними принципами. Використання стандартизованих інтерфейсів

Пасивні компоненти, що підтримують комутаційного обладнання повинні мати інтерфейс, що дозволено використовувати стандартом із заданими технічними характеристиками і параметрами.

Найбільш відомі і використовуються в інтерфейсі СКС - це 8-контактний роз'єм телекомунікацій. Модульний роз'єм складається з двох частин: термінали телекомунікаційні, до якого вилка пов'язана з платою і контактним майданчиком для припінання [4].



Рис. 2.1. 8-ми контактне 8-ми позиційне Телекомунікаційне модульне гніздо (RJ45)

### ***Резервність і надмірність:***

- СКС має запас і майбутній розвиток і використання кабельних ліній в майбутньому:

- Телекомунікації на виході встановлені, беручи до уваги той факт, що в робочих приміщеннях можлива перестановка меблів, що може створити нові робочі місця і підключення додаткового обладнання;

- Кабельні лінії повинні мати характеристики, які перевищують вимоги стандарту;

- Труби встановлені у зв'язку з можливою додатковою кабельною структурою; телекомунікаційні приміщення повинні мати місце для установки додаткового обладнання і т. д. [3].

### ***Гнучкість:***

У кабельних мережах необхідно підключити або відключити активного і пасивного обладнання, процес комутації відбувається безперервно. Щоб здійснювати цей процес без проблем в кабельній мережі повинні бути забезпечені певним рівнем гнучкості. Гнучкість забезпечується СКС:

- Поділ на мережеві кабельні підсистеми;

- Створення основних кабельних ліній, які залишаються незмінними протягом усього терміну експлуатації СКС;

- Використання шнурів і перемичок для процесу перемикання [3].

## **2.2. Переваги СКС перед звичайними кабельними системами**

СКС має ряд переваг в порівнянні зі звичайними кабельними системами:

### ***Надійність***

Всі кабельні лінії в стандартах СКС відповідають вимогам і мають запас міцності для специфікацій за допомогою якісних компонентів, що дозволяє кінцевим користувачам управляти СКС протягом 10 років.

### ***Зручність у використанні***

Техніку швидко і легко навчитися працювати з СКС, так як всі СКС на основі правил і стандартів з певним типом архітектури і структури єдині.

### ***Простота обслуговування***

Обслуговування СКС набагато легше реалізувати, ніж обслуговування декількох кабельних систем або користувальницьких кабелів. Управління та адміністрація СКС здійснює менший технічний персонал.

### ***Вартість володіння СКС***

Вартість володіння товарів складається з початкових інвестицій і подальших інвестицій для підтримки продуктивності продукту, ремонту, модернізації та технічного обслуговування.

Вартість володіння значно нижче СКС в порівнянні з іншими ІТ-системами, а СКС, побудовану відповідно до правил і вимог, має тривалий термін служби і експлуатації без залучення будь-яких додаткових інвестицій.

### ***Загальний обсяг інвестицій в СКС менше кабельної системи***

У власника звичайної кабельної системи постійно виникають потреби додаткових робіт і установки додаткового пасивного обладнання. При розширенні кабельної системи в експлуатації, перешкоджає нормальній роботі персоналу і співробітників, необхідних для виконання робіт на території і в приміщенні концерну. У цьому існують ризики пошкодження обладнання та меблів, ризики втрати документів та інформації, доведеться чекати команди та установку планується виконати на невеликий обсяг роботи, і, звичайно, ціна матеріалів і трудових значно зростає через складності роботи на існуючому підприємстві. Дуже часто, при розширенні кабельної системи повинен працювати додатковий канал, що ще більше збільшує вартість загального обсягу інвестицій в кабельні системи [1-3].

Всі інвестиції здійснюються в СКС практично відразу і в цілому вони будуть значно менше, ніж інвестиції в кабельної системи, яка буде здійснюватися протягом декількох років.

## 2.3. Структура СКС

### *Функціональні елементи*

СКС - середовище передачі електромагнітних сигналів, що складається з елементів - кабелів та роз'ємів. Кабелі з роз'ємами направляються за певними правилами, утворюють лінії і електромережі. Лінія, точка підключення і комутації складають функціональні елементи СКС [2-3].

В американському стандарту для функціональних елементів включають два типи кабелів, три типи приміщень, будівельних конструкцій та документації телекомунікаційної інфраструктури. Крім того, групи даних використовували різні термінологічні стандарти. Відмінності наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Функціональні елементи СКС

ISO/IEC 11801 та EN 50173	ANSI/TIA/EIA-568-A
Центр розподілу комплекс (будівлі) (РП комплекс)	Суть перемикання
Магістральна (МС)	Магістральна між будівлями
Точка поширення Будівництво (РП будівлі)	Проміжна точка перемикання
Шосе будівля (МОЗ)	Вертикальні кабелі
Точка поширення поверх (РП поверх)	Горизонтальна точка перемикання
Горизонтальні кабелі (СС)	Горизонтальні кабелі
Точка переходу (ТП)	Точка переходу
Роз'єм Телекомунікації	Роз'єм телекомунікації
_____	Робочий простір
_____	Засоби електрозв'язку
_____	Апаратні засоби
_____	Увійшовши в будівлю
_____	Адміністрація



Групи цих елементів об'єднуються в підсистеми кабелю.

### **Кабельна підсистема**

Узагальнена підсистема кабелів складається з трьох елементів:

- Зовнішні підсистеми.
- Підсистема об'єднавчої плати.
- Горизонтальна підсистема.

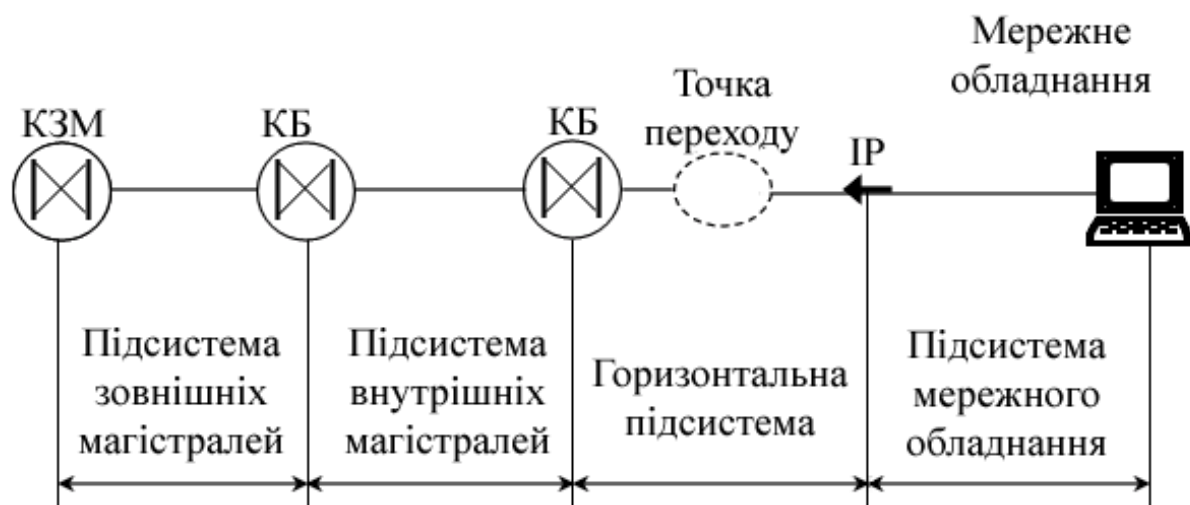


Рис. 2.2. Підсистеми СКС

Підсистема зовнішніх ліній або в термінології деяких європейських виробників первинної підсистеми СКС, що складається із зовнішніх магістральних кабелів. Підсистема зовнішніх ліній є основою для побудови мереж серед компактно розташованих в тому ж районі будівель (кампуса). На практиці досить часто підсистема має фізичну кільцеву топологію, що додатково забезпечує підвищену надійність при наявності надлишкових кабелів. З тієї ж причини зовнішні підсистеми іноді продаються по подвійній топології кільце. Якщо встановлено СКС незалежно тільки в одній будівлі, зовнішні лінії підсистема відсутня [2].

Підсистема внутрішня (будівництво магістральної кабельної), звані в деяких СКС вертикальної або вторинної підсистеми внутрішніх кабелів магістральних, підключених до їх комутаційного обладнання в ЦК і ЄС, а також патч-корди та / або ко-

роткого замикання перемички. Кабельні підсистеми насправді включають окремі поверхи будівлі та / або просторово розділені простори всередині будівлі. Якщо СКС обслуговує один поверх, підсистема внутрішня бути відсутньою [2].

Горизонтальна підсистема (горизонтальна кабельна), іноді називають третинною підсистемою, утвореної внутрішніми горизонтальними кабелями між ЄС та інформаційних виходів з робочих місць, з боку інформаційних виходів, комутаційного обладнання в ЄС, до якого підключені горизонтальні кабелі та комутаційні шнури та / або перемички в КЕ. В рамках горизонтальної проводки дозволено використовувати єдину точку переходу, в якій зміна типу встановленого кабелю (наприклад, перехід до плоского кабелю для установки під килим з еквівалентними характеристиками передачі) [2, 3].

У найзагальнішому випадку СКС, згідно з чинною редакцією міжнародних нормативно-технічних документів, включає в себе вісім компонентів [2]:

- Лінійні кабельні системи, підсистеми, зовнішні лінії;
- Підсистема обладнання, комутація зовнішніх ліній;
- Кабельні системи, лінійні підсистеми внутрішні зв'язки;
- Підсистема обладнання, перемикання внутрішніх зв'язків;
- Лінійні кабельні системи, горизонтальна підсистема;
- Обладнання комутації горизонтальної підсистеми;
- Консолідаційна точка;
- Інформаційні розетки.

Залежно від використання і специфіки поточного проєкту концепції дизайну цих компонентів може варіюватися досить широко. Всі три підсистеми ACS мають однакову структуру і містять:

- Лінійний кабель: всі провідники і оптичні волокна на обох кінцях обов'язково пов'язані з комутаційним обладнанням;
- Шнур різних видів знайдено в технічній зоні більш високого рівня.

При побудові горизонтальної підсистеми можна використовувати додаткові компоненти, які не мають ніякого впливу на ці фундаментальні структури: точ-

кові консолідація в лінійній частині, і на дисплеї панелі порти активного мережевого обладнання з відповідними продуктами в будівництві волокнистого перемикаючого поля.

### *Дистриб'юторський центр*

Розподільні центри розташовані в галузі телекомунікацій та обладнання. Засоби зв'язку призначені для установки панелей і шаф, мережевого і серверного обладнання, обслуговуючих всі або частину системи. Ізольоване обладнання для телекомунікаційного устаткування, користувачів послуг будівлі (АТС, мультиплексори, сервери) і організувати РП будівлі / комплексу. Панелі / шафи та обладнання РП підлогу, в поєднанні з РП будівництва / комплексу, також може бути в апаратній частині [1-2].

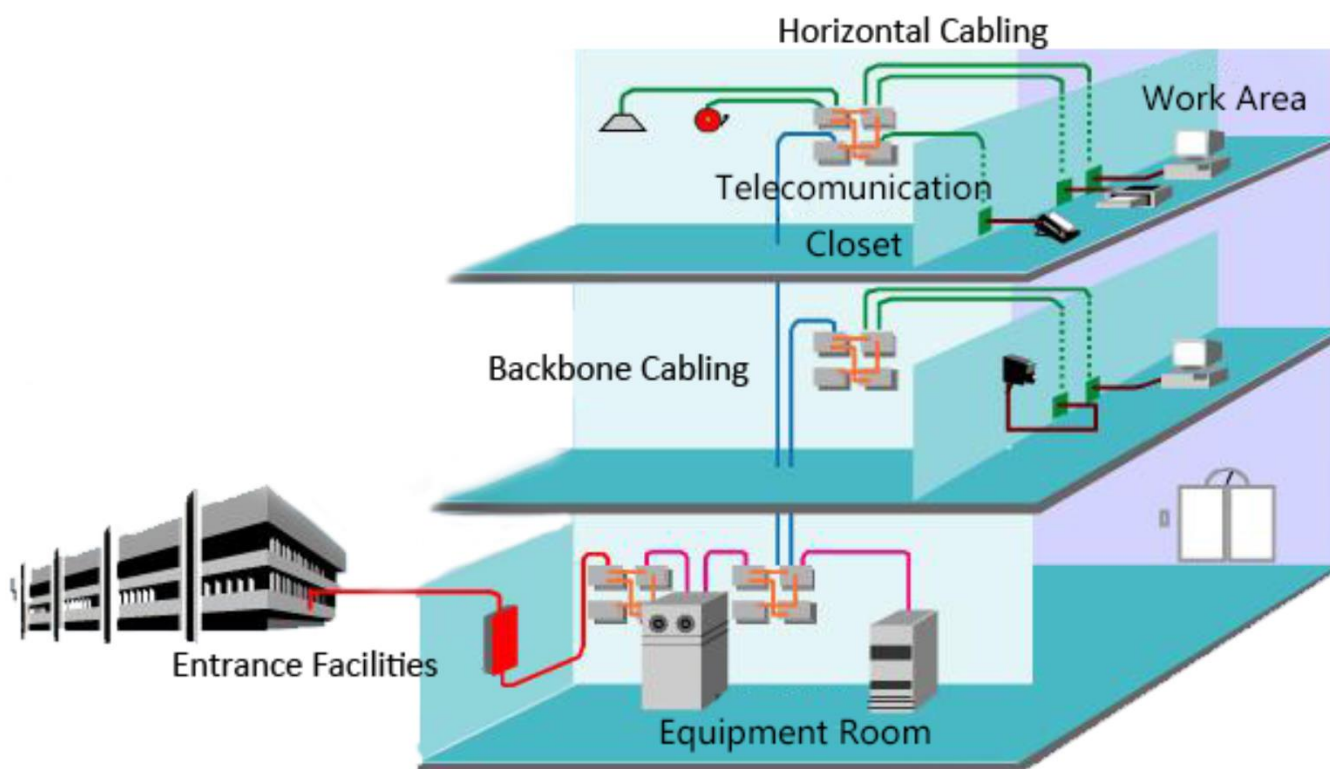


Рис. 2.3. Схема розміщення елементів СКС в будівлі.

### *Вихід комутації.*

Вихід комутації (телекомунікації) (ТП) може бути розміщений на стіні, підлозі або в іншому місці на робочому місці і повинен бути легко доступним по всій корисній площі.

- На кожному робочому місці повинен бути передбачений принаймні один TR-100 Ом або 120 Ом симетричного кабелю.

- Інші ТП повинні бути підкріплені або симетричним або волоконно-оптичним кабелем.

- На виході (принаймні чотири пари) повинні бути чітко марковані.

- Маркування повинно бути видним користувачеві.

Звичайне робоче місце - 3 RJ 45 розетки:

- для телефону;

- для комп'ютера;

- для додаткових пристроїв (мережевих принтерів, факсів і т.д.).

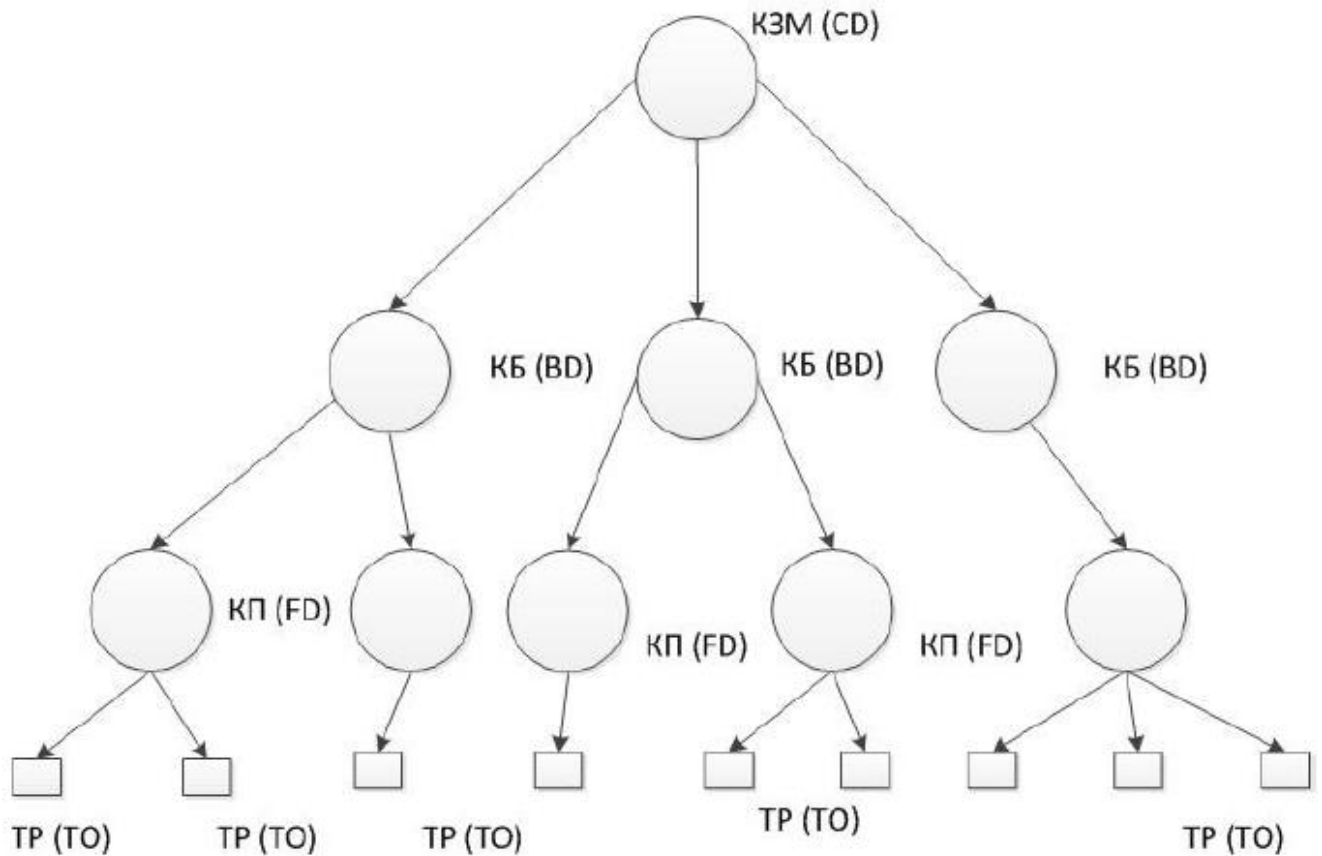
Компактне робоче місце - дві RJ 45 розетки:

- для телефону;

- мережа.

### ***Загальна структура СКС***

Загальний кабельна система має ієрархічну структуру зірки, яка може прийняти форму, показану на малюнку нижче [2].



- КЗМ (CD) – Кросова зовнішніх магістралей (Campus Distributor)
- КБ (BD) – Кросова будинку (Building Distributor)
- КП (FD) – Кросова поверху (Floor Distributor)
- ТР (ТО) – Телекомунікаційна розетка (Telecommunication Outlet)

Рис. 2.4. Структурна схема СКС

Кількість і тип підсистем, включених в систему залежить від географії і розміру території підприємства, а також стратегії Користувачів. Наприклад, для території, яка включає в себе тільки одну будівлю, центральна точка є точкою поширення будівлі. З іншого боку, велика будівля може розглядатися як область з основними точками поширення і розподілу точок будівель.

Для деяких додатків можливі додаткові з'єднання між системами розподільних пунктів і поверхів будівлі. Магістральні кабелі Будівельні підсистеми можуть забезпечити такі з'єднання. Однак ці сполуки будуть зайвими по відношенню до рекомендованої базової структури.

Функції розподілу різних типів елементів можуть бути об'єднані в один. На рис. 2.5 показаний приклад [1].

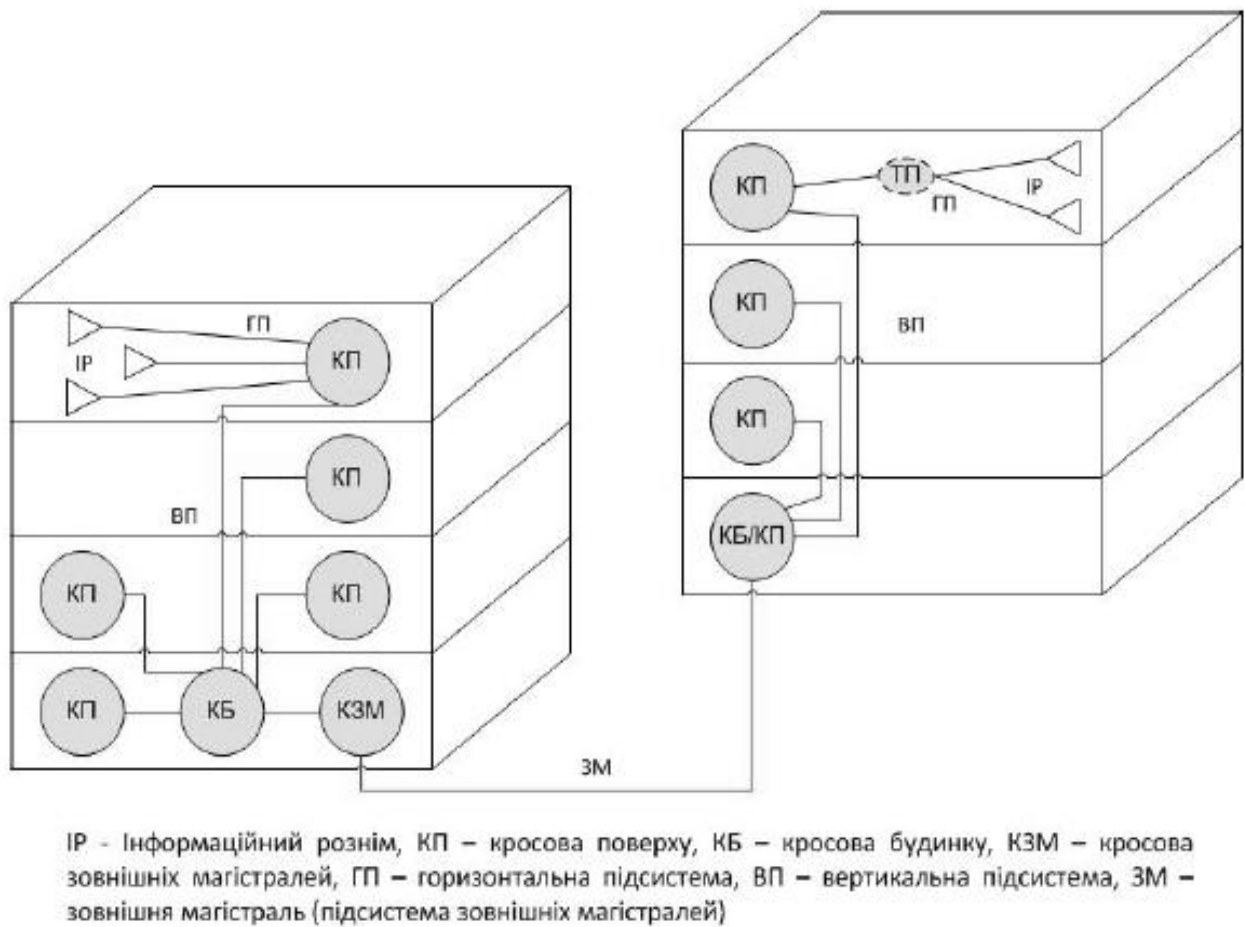


Рис. 2.5. Приклад структури СКС з прив'язкою до будівель

Будівля на передньому плані кожного типу точки поширення зображена окремо. Будівля на задньому плані показує точку поширення, об'єднуючи в якості точки підлогу.

## 2.4. Пасивні елементи СКС

СКС складається з наступних пасивних елементів: кабелі, з'єднувальне обладнання (розподільні пристрої та телекомунікаційні розетки), шнури і перемички [1-2].

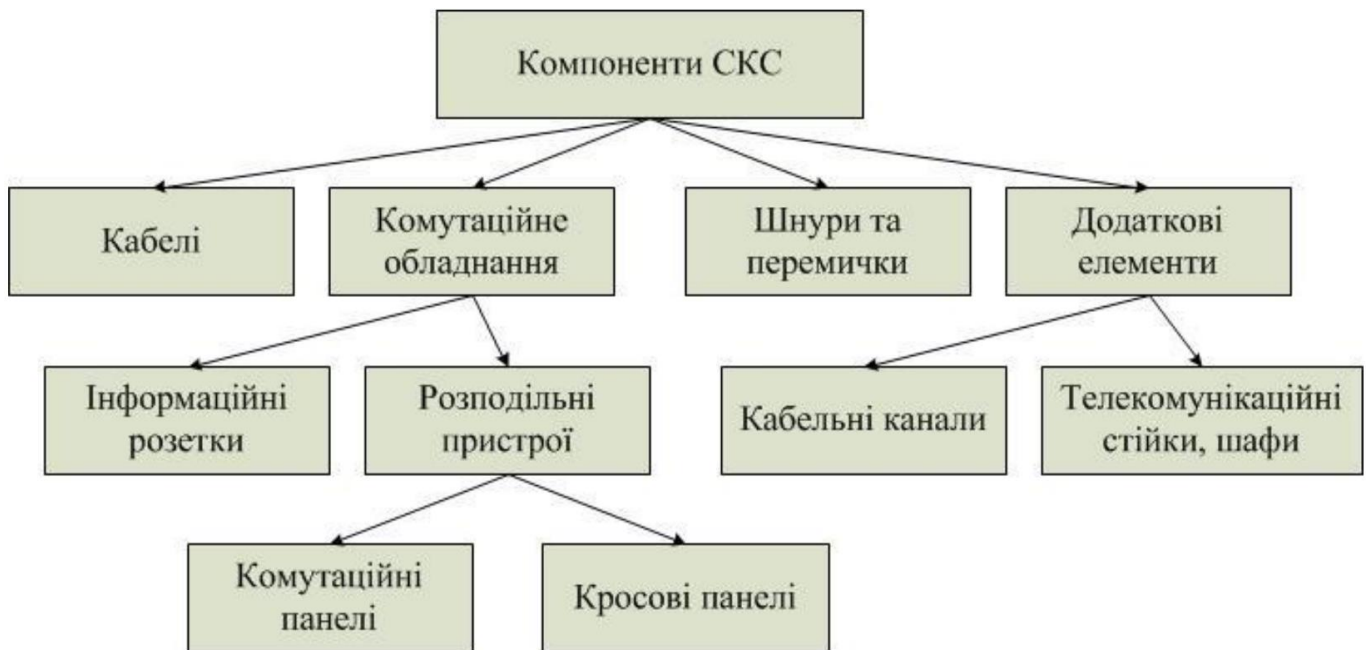


Рис. 2.6. Класифікація пасивних елементів СКС

### ***Кабель.***

У СКС дозволено використовувати два типи кабелів: кручена пара мідних кабелів і волоконно-оптичних кабелів [5].

- Unshielded Twisted Pair

- Categories 3/4/5/6



- Shielded Twisted Pair

- Categories 3/4/5/6/7

- FTP, S-FTP or PiMF



- Optical fiber

- Multi-mode

- 62.5/125 or 50/125

- Singlemode

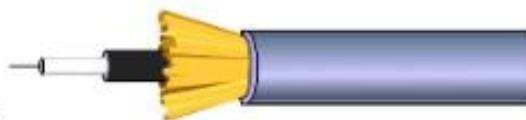


Рис. 2.7. Класифікація кабелів, що використовуються в СКС

Електричні кабелі використовуються в основному для створення горизонтального макета, що передає як телефонні сигнали так і низькошвидкісні дані додатків, високошвидкісні дані [4].

Для переходу з електричного кабелю в швидкості оптичної передачі даних 1000 Мбіт / с і вище в технічних областях встановлюється відповідне мережеве обладнання (медіаконвертери або трансивери) [4]. Пряме використання волоконно-оптичного кабелю для передачі телефонних сигналів і низькошвидкісних даних на сучасному етапі розвитку техніки не є економічно доцільним і використовується в ситуаціях, коли інші рішення неможливі або вжито особливих вимог щодо захисту інформації від несанкціонованого доступу [5]. Тому, щоб поліпшити технічну та економічну ефективність мережі в цілому процес перетворення низькошвидкісного електричного сигналу в оптичний зазвичай поєднується в мультиплексування.

Для горизонтальних стандартів підсистеми дозволяється використовувати екрановані і неекрановані кабелі. Симетричний екранований кабель має чудовий електричний потенціал, і, в деяких випадках, характеристики міцності в порівнянні з незахищеним. Проте, цей кабель має дуже важливе значення для якості роботи установки і заземлення, має значно більшу цінність і гірші габарити. Так в той час як основний кабель для передачі електричних сигналів SCA в нашій країні, засновано на кабелі неекранованої крученої пари [2]. Як зазначалося вище, стандарти дозволяють будувати СКС з використанням електричних кабелів з хвильовим опором 100, 120 і 150 Ом. Останні два види кабелів часто мають істотно більш високу продуктивність. Проте, по ряду причин в технічному і економічному плані вони не широко поширені в нашій країні.

Багатомодові волоконно-оптичні кабелі в основному використовуються в якості основи для внутрішніх підсистем магістралей. Одномодові волоконно-оптичні кабелі рекомендуються тільки для будівництва довгих магістралей [5].

Електричні характеристики граничних ліній, необхідних для нижчого класу (табл. 1.2). Для оптичних застосувань – в якості оптичного середовища передачі сигнальних даних. На момент прийняття стандартів смуги пропускання для цих додатків не є обмежуючим фактором.



## Відповідність категорій кабелів і з'єднувачів

T1A/E1A-568-A	ISO/IEC11801 Кабелі та з'єднувачі	EN 50173	150/1ЕСП801 Докладання
-	-	-	A
-	-	-	B
Категорія 3	Категорія 3	Категорія 3	C
Категорія 4	Категорія 4	-	-
Категорія 5	Категорія 5	Категорія 5	D
-	Категорія 6	-	E
-	Категорія 7	-	F

Стандарти ISO / IEC 11801 і T1A/E1A-568-A на додаток до кабельних роз'ємів вказують категорії. Категорії визначаються максимальними частотами сигналу, що розраховуються відповідно до роз'ємів кабелів (див. таблицю 2.3). Кабелі та роз'єми більш високих категорій підтримують всі програми, призначені для роботи на кабелях низьких категорій [16].

Клас E. Додатки і компоненти СКС категорії 6 характеристики спочатку були нормалізовані до 200 МГц, що згодом було збільшено до 250 МГц. Необхідність розширення частотного діапазону гарантованих параметрів було пов'язано з вимогою потенційної підтримки Операції пари опцій інтерфейсу Gigabit Ethernet. Клас F і компоненти категорії 7 розраховуються на частоті до 600 МГц. Вибір останнього значення, не в останню чергу через поширеність обладнання АТМ зі швидкістю 622 Мбіт / с. Основні відмінності між лініями зв'язку різних категорій наведені в таблиці 2.3.

Для побудови систем з Категорією 6 кабелів використовуються всі типи (екрановані або неекрановані). Як роз'єм, який використовується в основному – модульний роз'єм. Там також розробляють інші типи роз'ємів, найбільш відомими з яких є типи роз'ємів 110 і 210. Лінії категорії 7 в цьому рівні техніки можуть бути реалізовані тільки на кабелі з екранованих пар. В даний час серійні роз'єми дозволяють для модульних характеристик проекту 7 категорії тільки для зовнішніх контактних пар 1/2 і 7/8, яке супроводжується втратою гнучкості.

## Категорії кабелів і роз'ємів

Категорія	Максимальна частота сигналу	Типові додатки кабелю і роз'єму
Категорія 3	До 16 МГц	Локальні мережі Token Ring і Ethernet 10Base-T, голосові канали та інші низькочастотні програми
Категорія 4	До 20 МГц	Локальні мережі Token Ring і Ethernet 10Base-T
Категорія 5	До 100МГц	Локальні мережі зі швидкістю передачі даних до 100 Мбіт / с
Категорія 5e	До 100 МГц	Локальні мережі зі швидкістю передачі даних до 1000 Мбіт / с
Категорія 6	До 250 МГц	Локальні мережі зі швидкістю передачі даних до 1000 Мбіт / с
Категорія 7	До 600 МГц	Локальні мережі зі швидкістю передачі даних до 10 Гбіт / с

Стандартами ISO / IEC 11801 і TIA / EIA 568 – було встановлено, що СКС буде відповідати вимогам певної категорії, якщо виконані наступні три умови:

- Технічні характеристики всіх кабелів, роз'ємів і з'єднувальних шнурів повинні дотримуватися категорії або перевищувати її;
- Посилання призначене для задоволення вимог стандартів (тобто спостерігається обмеження на довжину кабелю, кількість точок перемикання, і т. д.);
- Установка знаходиться в повній відповідності з вимогами перерахованих вище стандартів [16].

### ***Підключення обладнання.***

Підключення обладнання - обладнання або пасивний пристрій, який забезпечує підключення, розподіл кабелів, з'єднувальних шнурів і перемичок.

З'єднувальне обладнання ділиться на два типи:

- Дистриб'ютори;
- Вихід комутації (Телекомунікації).

### ***Комплектні розподільні пристрої.***

Комплектні розподільні пристрої - пасивно підключене обладнання, що використовується для фіксації, розподілу, термінації комутаційних кабелів.

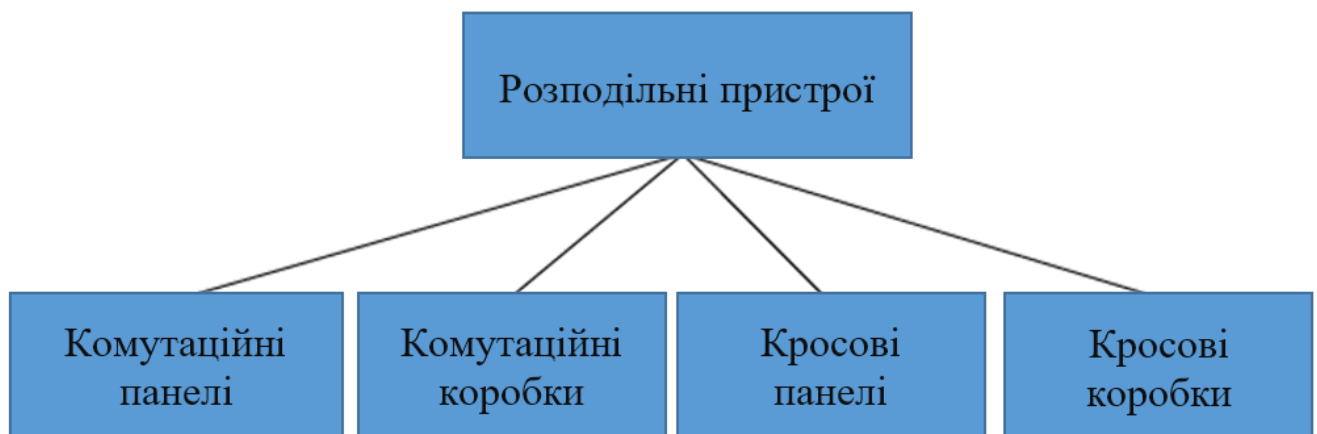


Рис. 2.8. Класифікація розподільних пристроїв

### ***Шнури і перемички***

Шнур - невеликий сегмент кабелю, що обладнаний на кінцях телекомунікаційною вилкою.

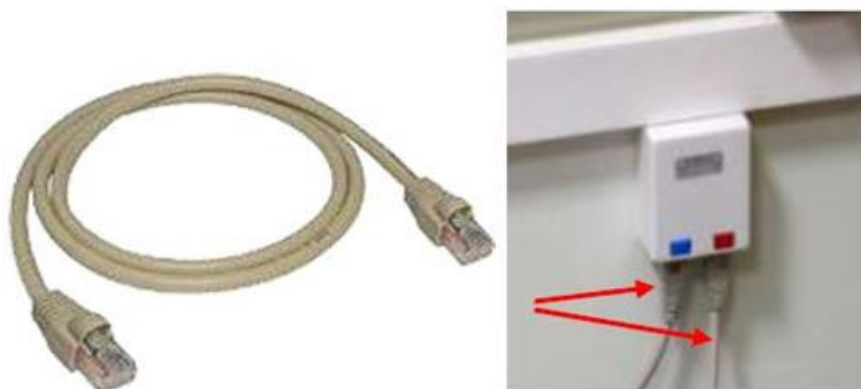


Рис. 2.9. Шнур з вилками RJ45

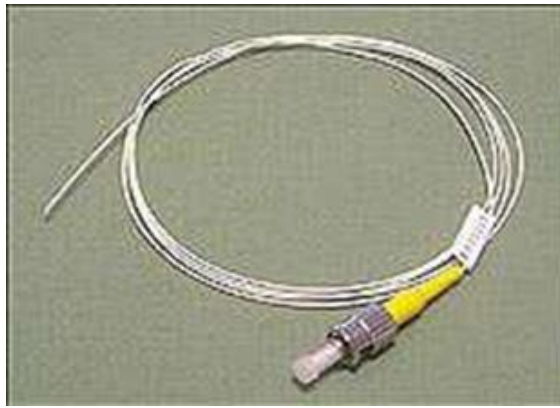


Рис. 2.10. Волоконно-оптична перемичка

Перемичка - сегмент кабелю, на кінці якого немає пробки або плагін не встановлений тільки на одній стороні.

Шнури, в залежності від точок підключення в СКС діляться на (рис. 2.11).

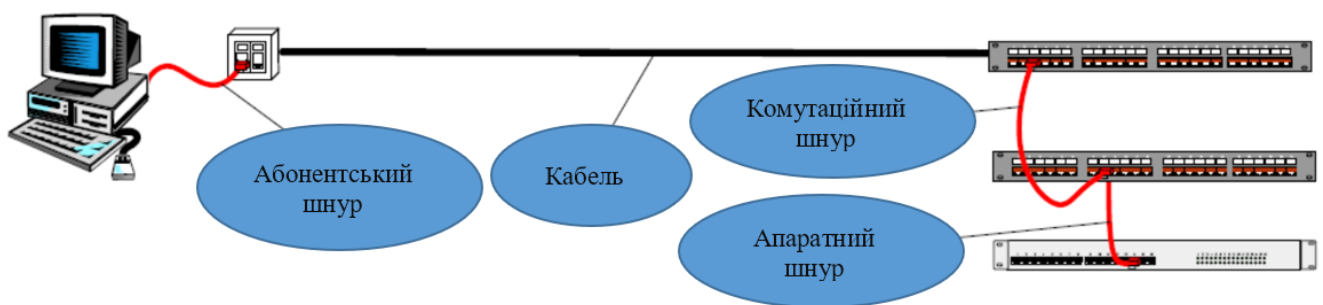


Рис. 2.11. Типи шнурів в залежності від місця підключення в СКС

### ***Способи підключення мережеве обладнання кабельної системи.***

Активне мережеве обладнання з електричними портами може бути підключене до кабельної системи наступними способами:

- Підключення перемикання (інтерконекту);
- Підключення проводів(крос-комутації);
- Використання схеми зв'язку між кросами [9].

### ***Максимально допустима довжина каналів в СКС.***

Стандарти ISO / IEC 11801 і TIA / EIA 568 - встановили обмеження на максимальні довжини кабелів і шнурів горизонтальних і магістральних підсистем. Крім того, ще раз підкреслимо, що максимальна довжина електричних кабельних ліній

для передачі сигналу класу наведені для випадку будівництва цих ліній збалансованого кабелю та інших компонентів категорій, зазначених нижче [16].

Горизонтальна підсистема. Довжина кабелю встановлюється до 90 м (плюс 10 м на патч-корді). Вибір цього значення проводиться виходячи з можливостей крученої пари в якості направляючої системи електромагнітних хвиль для передачі сигналів в наймасовіших (на момент прийняття стандартів) високошвидкісних додатків, мережевого обладнання [1]:

У разі горизонтальної волоконно-оптичної розводки максимальна довжина кабелю лінії дорівнює 500 м.

Підсистема зовнішніх ліній, що поєднує окремі будівлі відповідно до стандарту ISO / IEC 1801 може включати в себе максимальну довжину кабелю 1,5 км. далі говориться, що максимальна довжина магістральних кабелів між підлогою і кросами зовнішніх ліній не може перевищувати 2000 м (500 м кабелю внутр. і зовн. кабелю 1500 м лінія) із застосуванням комутації і термінальні шнури стандартної довжини. У разі одномодового волокна значення може бути збільшено до 3000 м при сучасному стані рівня оптичного волокна обладнання з використанням звичайних послідовних пристроїв, ця відстань може бути 100 або більше кілометрів [16].

Відповідно до стандартів ISO / IEC 11801 в редакції 2000, Максимальна загальна протяжність кабельних шнурів горизонтальної підсистеми:

- 9 м у разі якщо схема перемикання з'єднання для електричних кабелів;
- 10 м в разі з'єднання з комутацією каналів для електричного кабелю;
- 10 м в будь монтажною схемі волоконно-оптичної версії.

Максимальна довжина з'єднувального шнура, використовуваного основних підсистем (CG і KBM), відповідно до ISO / IEC 11801 становить 20 м - 30 м [16].

## **2.5. Архітектура СКС**

### ***Розподілена Архітектура СКС***

Розподілена Архітектура - Архітектура структурованої кабельної системи з двома рівнями ієрархії, що складається з трьох підсистем: основного першого рівня,

другого магістрального і горизонтального рівня підсистеми або одного рівня ієрархії і поперечного зв'язку між ГРП і ERP [6].

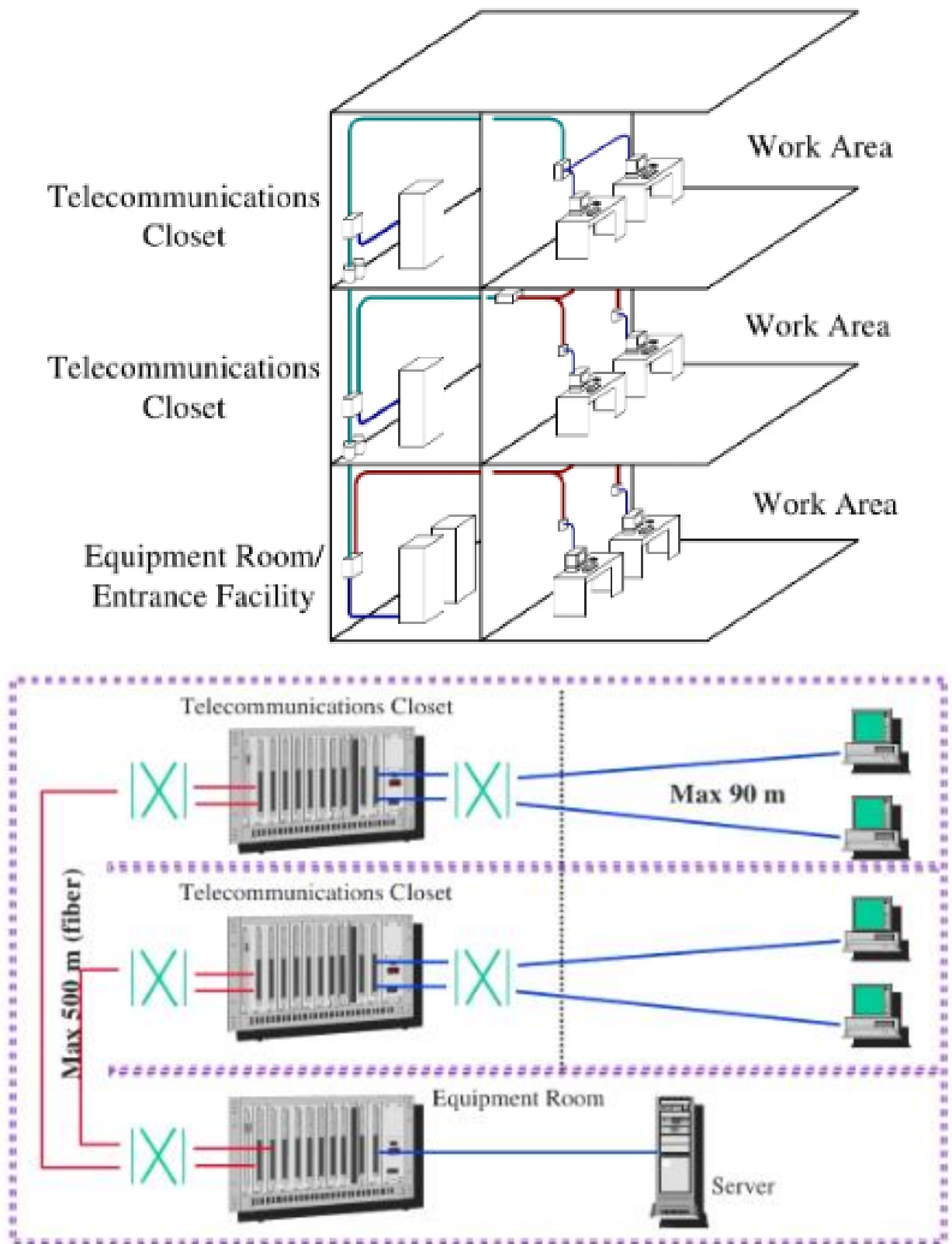


Рис. 2.12. Розподілена Архітектура СКС з 2-ма рівнями ієрархії

Розподілена архітектура є традиційною для структурованої кабельної системи для багатоповерхових будівель і комплексів будівель.

Переваги розподіленої архітектури:

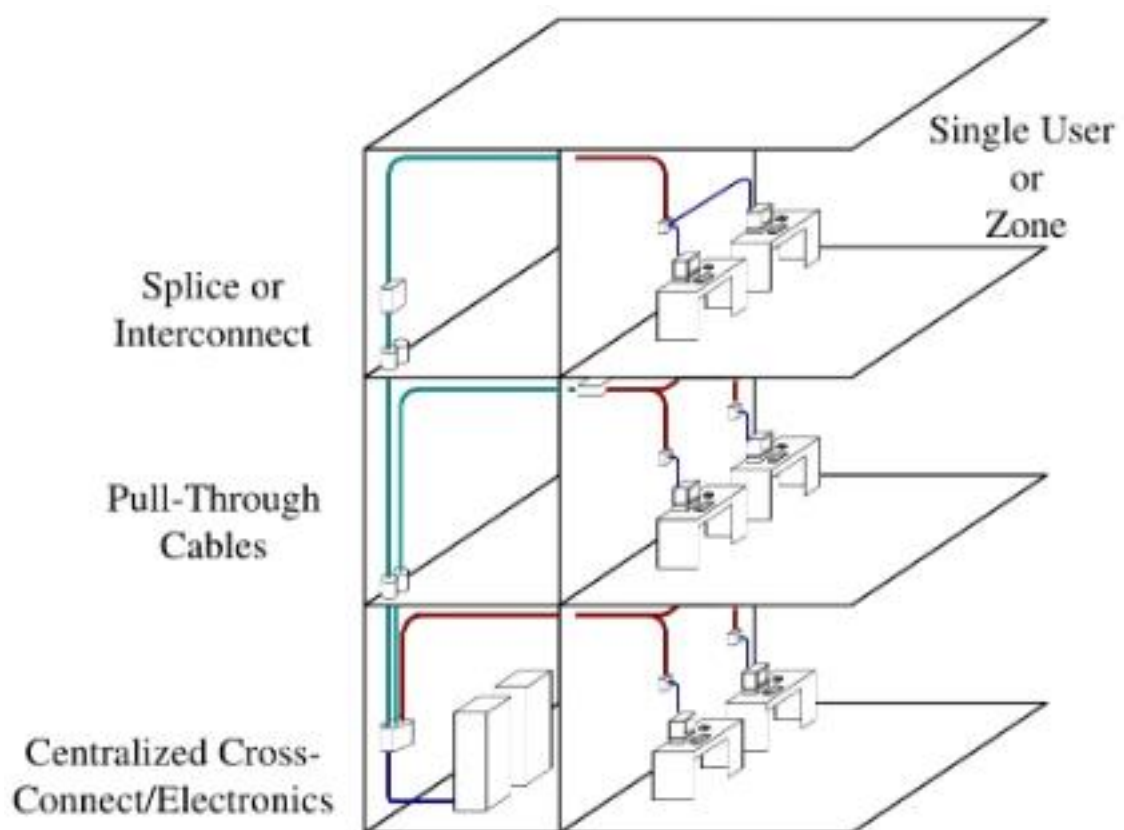
- Забезпечення більшої гнучкості.
- Кабельна система може бути легко розширена.
- Простота установки кабельної системи.

Недоліки розподіленої архітектури СКС:

- Збільшення кількості елементів кабельної системи.
- Більше потрібно площі для телекомунікаційних приміщень.
- Контроль і безпеку важче здійснювати на місці.

Централізована Архітектура СКС

Централізована Архітектура - Архітектура структурованої кабельної системи з одного рівня ієрархії без крос-комутації або горизонтальної архітектури підсистеми або СКС не має рівнів ієрархії, що складаються тільки з горизонтальної підсистеми [1-4, 6].



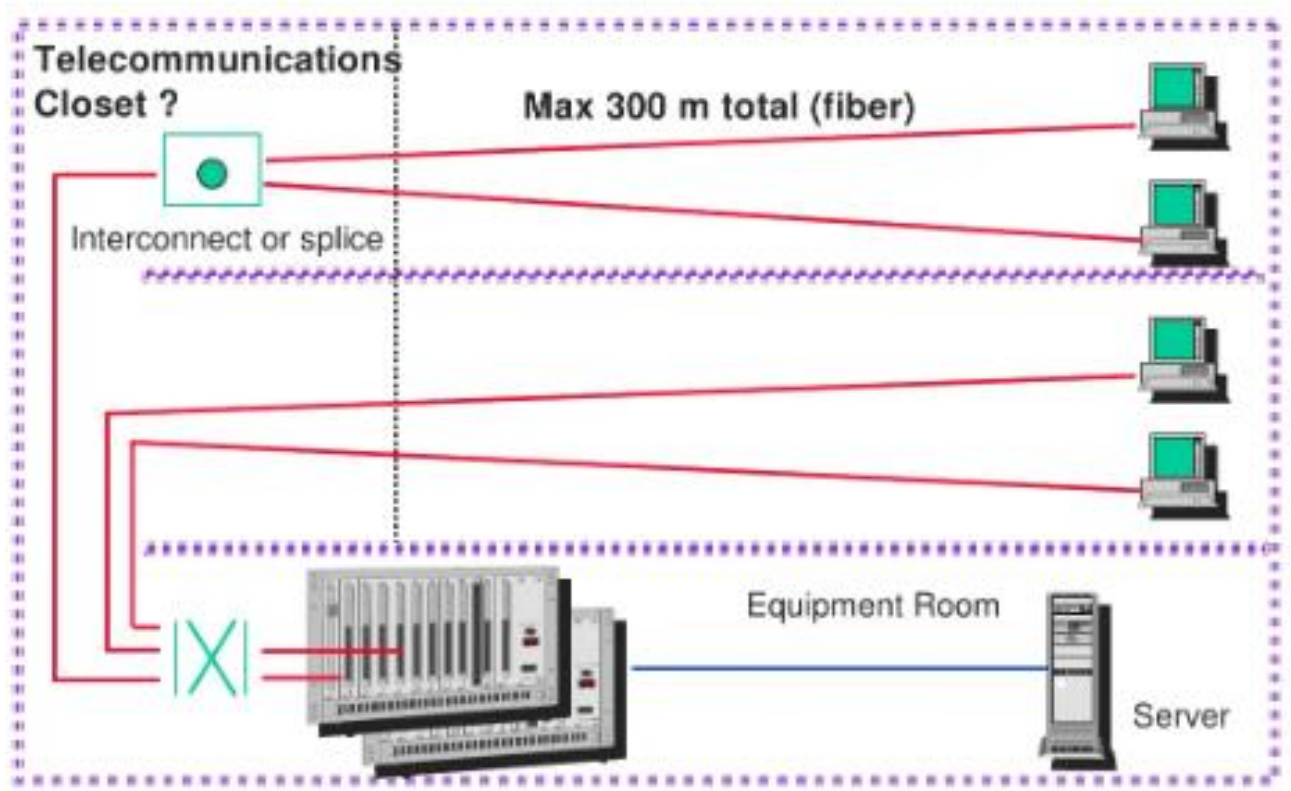


Рис. 2.13. Централізована Архітектура СКС

У централізованій архітектурі, все активне обладнання встановлено і підключено до ГРП, або ERP.

Переваги централізованої архітектури СКС [1-4, 6]:

- Мінімальна кількість елементів кабельної системи;
- Менші райони повинні бути виділені для телекомунікаційних об'єктів;
- Потрібно менше активних компонентів;
- Не вимагають активного і пасивного обладнання для організації шосе.
- Легше організувати резервну систему активного обладнання в централізованій архітектурі.

Недоліки централізованої архітектури СКС:

- Потрібно більше кабелю.
- Потрібно більше місця в трубопроводі.
- Подальше розширення СКС буде дуже важким.
- Процес установки є складним.



## РОЗДІЛ 3

# РОЗРАХУНОК КОМПОНЕНТНОЇ БАЗИ СТРУКТУРОВАНОЇ КАБЕЛЬНОЇ СИСТЕМИ

### 3.1. Розрахунок компонентів СКС

При проектуванні структурованої кабельної системи в будівлі використовуються волоконно-оптичні кабелі LANmark-OF3, ZC, 2HMM50/125, LSZH.

Волоконно-оптичний кабель Nexans LANmark-OF ZC призначений для підключення робочих станцій користувачів (рішення Оптика для робочого місця) і може бути використаний для організації невеликих з'єднань магістральних [10].

Кабелі LANmark - OF ZC LSZH приходять зі стандартними багатомодовими і одномодовими волокнами, які відповідають специфікації OM1, OM2, OM3 і OSI міжнародного стандарту ISO / IEC 11801:2002.

Буферизована конструкція кабелю Nexans ZC оптимізована для прямих кінців з вилками різних типів (SC, ST, LC).



Рис. 3.1 Кабель LANmark-OF ZC LSZH

Основні оптичні характеристики наведені в таблиці 2.1

Таблиця 3.1

Оптичні характеристики кабелю типу  
LANmark-OF3, ZC, 2XMM50/125, LSZH [10-12]

Параметр кабелю	Значення
Режим діаметр поля плями (1550)	10,5 мкм $\pm$ 1,5 мкм
Діаметр покритого волокна	125 мкм $\pm$ 2 мкм
Помилка концентричності місця поля моди	$\leq 1$ мкм
Охоплення округлості	$\leq 2$ %
Профіль показника заломлення	N <sub>1</sub> кроковий
Тип	N <sub>2</sub>
Показник заломлення серцевини для 1550	1,4681
Вікно цифрової індикації	0,13
Критична довжина хвилі волокна	$\leq 1250$ нм

Таблиця 3.2

Технічні характеристики кабелю типу  
LANmark-OF3, ZC, 2XMM50/125, LSZH [10-12]

Параметр кабелю	Значення
Кількість волокон	2 – 30
Діаметр (мм)	10,3
Вага (кг / км)	85
Мінімальний радіус вигину, мм	300-200
Під час установки	30...70
Установлений	2700-1300
Діапазон температур при транспортуванні і зберіганні (°C)	2000
Межа міцності при розтягуванні, Н	30
Короткострокові (в процесі установки)	-5..50

### 3.2. Розрахунок горизонтальної підсистеми

Визначення кількості портів [13]:

$$N_{\text{порт}} = N_{\text{рм}} \cdot N_1 / \text{рм}, \quad (3.1)$$

$N_{\text{порт}}$  – кількість портів на поверсі.

$N_{\text{рм}}$  – кількість робочих місць  $N_1 / \text{рм}$  – кількість портів на 1 РМ.

1 поверх:  $N_{\text{порт } 1} = 2 \cdot 27 + 1 \cdot 5 = 59$  портів.

2 поверх:  $N_{\text{порт } 2} = 2 \cdot 36 + 1 \cdot 6 = 78$  портів.

3 поверх:  $N_{\text{порт } 3} = 2 \cdot 30 + 1 \cdot 5 = 65$  портів.

Визначення середньої довжини інсталяційного кабелю [13-14]:

$$L_{\text{ср}} = (\text{min} + \text{max}) / 2 + 5 \text{ м}, \quad (3.2)$$

min - довжина кабелю від телекомунікаційної шафи до найближчого РМ.

max - довжина кабелю від телекомунікаційної шафи до самого віддаленого РМ.

1 поверх:  $L_{\text{ср}1} = (5,25 + 88,55) / 2 + 5 = 46,9 + 5 = 51,9$  м.

2 поверх:  $L_{\text{ср}2} = (5,95 + 88,55) / 2 + 5 = 47,25 + 5 = 52,3$  м.

3 поверх:  $L_{\text{ср}3} = (5,25 + 89,25) / 2 + 5 = 47,25 + 5 = 52,3$  м.

При прокладці кабелю на підлозі так, що відстань до РМ не менше 90 м відповідно до ISO 11801, з використанням першого ФО не вдається, так що я вирішив використовувати друге ФО на кожному поверсі.

Визначення загальної довжини кабелю [14]:

$$L_{\text{заг.}} = L_{\text{ср}} * N_{\text{порт}}, \quad (3.3)$$

1 котушка = 500 м.

1 поверх:  $L_{\text{заг.1}} = 51,9 \cdot 59 = 3062$  (м) – 7 кот.

2 поверх:  $L_{\text{заг.2}} = 52,3 \cdot 78 = 4079$  (м) – 9 кот.

3 поверх:  $L_{\text{заг.3}} = 52,3 \cdot 65 = 3400$  (м) – 7 кот.

Як кабель для внутрішньої проводки буде використано волоконно-оптичний кабель потужністю 2 волокна дуплексної LANmark-OF3, ZC, 2hmm50/125, LSZH, для підключення робочих станцій користувачів, що відповідає найвищим вимогам пожежної безпеки (LSZH - FR) [10-12].

Визначення загальної кількості комутаційних панелей:

$$N_{\text{ком.пан.}} = N_{\text{порт}}/N_{\text{п.в.п.}}, \quad (3.4)$$

$N_{\text{порт}}$  – кількість портів на поверсі.

$N_{\text{ком.пан.}}$  – кількість комутаційних панелей.

$N_{\text{п.в.п.}}$  – кількість портів в обраній панелі пропонованої Nexans патч-панелі (обрано універсальні висувні оптичні комутаційні панелі LANmark-OF, 1U з додатковими 24 дуплексними адаптерами LC). Панель призначена для використання в розподільних центрах і горизонтальних основних підсистемах.

1 поверх:

FD1\_1 обслуговує 24 порта:

$N_{\text{ком.пан.1}} = 24/24 = 1$  ком. панель FD1\_2 обслуговувати 35 портів.

$N_{\text{ком.пан.2}} = 35/24 = 1,45 \Rightarrow 2$  ком. панелі всього 3 ком. панелі.

2 поверх:

FD2\_1 обслуговує 35 портів:

$N_{\text{ком.пан.1}} = 35/24 = 1,45 \Rightarrow 2$  ком. панелі FD2\_2 обслуговує 43 порти.

$N_{\text{ком.пан.2}} = 43/24 = 1,8 \Rightarrow 2$  ком. панелі всього 4 ком. панелі.

3 поверх:

FD3\_1 обслуговує 31 порт:

$N_{\text{ком.пан.1}} = 31/24 = 1,3 \Rightarrow 2$  ком. панелі FD3\_2 обслуговує 34 порти.

$N_{\text{ком.пан.2}} = 34/24 = 1,4 \Rightarrow 2$  ком. Панелі всього 4 ком. панелі.

Кількість органайзерів 1U = кількість використовуваних комутаційних панелей:

1 поверх - 3 шт.

2 поверх - 4 шт.

3 поверх - 4 шт.

Визначення необхідної висоти телекомунікаційного шафи FD:

$$H = (N_{\text{ком.пан}} \cdot 1U) + (N_{\text{орг}} \cdot 1U), \quad (3.5)$$

H – висота телекомунікаційного шафи FD.

$N_{\text{орг}}$  – кількість органайзерів

1 поверх:

$$\text{FD1}_1 \text{ H1} = 1 \cdot 1U + 1 \cdot 1U = 2U \quad \text{FD1}_2 \text{ H2} = 2 \cdot 1U + 2 \cdot 1U = 4U$$

2 поверх:

$$\text{FD2}_1 \text{ H1} = 2 \cdot 1U + 2 \cdot 1U = 4U \quad \text{FD2}_2 \text{ H2} = 2 \cdot 1U + 2 \cdot 1U = 4U$$

3 поверх:

$$\text{FD3}_1 \text{ H1} = 2 \cdot 1U + 2 \cdot 1U = 4U \quad \text{FD3}_2 \text{ H2} = 2 \cdot 1U + 2 \cdot 1U = 4U$$

З запропонованої телекомунікаційної шафи кабінету Nexans вибрати 19", 18U де потрібно більше місця для установки активного обладнання та патч - панелей по вертикальній підсистемі.

Визначення кількості адаптерів:

$$N_{\text{адап.}} = N_{\text{ад.рм}} + N_{\text{ад.ком.}}, \quad (3.6)$$

$N_{\text{адап.}}$  – кількість адаптерів.

$N_{\text{ад.рм}}$  – кількість адаптерів для РМ.

$N_{\text{ад.ком.}}$  – кількість адаптерів для комутаційних панелей.

Кількість адаптерів = кількість адаптерів для РМ + кількість адаптерів для комутаційних панелей.

1 поверх:  $N_{\text{адап.1}} = 59 + 59 = 118$  адаптерів.

2 поверх:  $N_{\text{адап.2}} = 78 + 78 = 156$  адаптерів.

3 поверх:  $N_{\text{адап.3}} = 65 + 65 = 130$  адаптерів.

Вибираю прохідний адаптер роз'ємного з'єднувача LANmark - of Snap-in MM, LC-LC Duplex.

Визначення кількості комутаційних шнурів:

$N_{\text{ком.шн.}} =$  кількість задіяних портів РМ + кількість задіяних портів в комутаційній панелі =  $2 * \text{Кількість портів РМ}$ .

1 поверх:  $N_{\text{ком.шн.1}} = 59 \cdot 2 = 118$  ком. шнурів.

2 поверх:  $N_{\text{ком.шн.2}} = 78 \cdot 2 = 156$  ком. шнурів.

3 поверх:  $N_{\text{ком.шн.3}} = 65 \cdot 2 = 130$  ком. шнурів.

Вибираю комутаційний шнур LANmark-OF 50/125, OM3, 2LC-2LC, 2 м, LSZH, помаранчевий.

Визначення необхідної кількості конекторів:

$$N_{\text{кон.}} = 4 \cdot N_{\text{порт}}$$

$N_{\text{кон.}}$  – кількість конекторів.

1 поверх:  $N_{\text{кон.1}} = 4 \cdot 59 = 236$  конекторів.

2 поверх:  $N_{\text{кон.2}} = 4 \cdot 78 = 312$  конекторів.

3 поверх:  $N_{\text{кон.3}} = 4 \cdot 65 = 260$  конекторів.

Вибираю коннектори LANmark-OF LC Simplex MM.  $N_{\text{тр}} = N_{\text{рм}}$ .

Кількість розеток = кількість РМ

Кількість однопортових розеток = 16 шт. Кількість двопортових розеток = 93 шт.

Із запропонованих точок, я обираю в якості абонентської розетки LANmark 45x45 або з двома процесорними роз'ємами сплайсингу Outlet 45x45 для 2 Snap-In адаптерів. Вони забезпечують швидку і надійну установку оптичних прохідних адаптерів LC.

### 3.3. Розрахунок магістральної підсистеми

Визначення кількості ОВ на поверх:

$$N_{\text{ов}} = N_{\text{рм}} \cdot 0,2 \quad N_{\text{ов}} \text{ – кількість оптичних волокон} \quad (3.7)$$

1 поверх:

$$N_{\text{ов1}} = 0,2 \cdot 13 = 2,6 \text{ ОВ} \quad N_{\text{ов2}} = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ ОВ.}$$

2 поверх:

$$N_{\text{ов1}} = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ ОВ} \quad N_{\text{ов2}} = 0,2 \cdot 23 = 4,6 \text{ ОВ.}$$

3 поверх:

$$N_{\text{ов1}} = 0,2 \cdot 17 = 3,4 \text{ ОВ} \quad N_{\text{ов2}} = 0,2 \cdot 18 = 3,6 \text{ ОВ.}$$

Рекомендується використовувати як мінімум 6 волокон на поверсі (2 робочі волокна, 2 резервні і 2 на розширення системи), але це, як мінімум, так думаю краще вибрати волоконно-оптичний кабель потенціалу 12 волокон: кабельні В, LANmark-OF3, TBW+, 12x50 / 125, LSZH [10-12].

Для кожного з FD буде зроблено на поверхах 1 універсальна висувна оптична патч-панель LANmark-OF 1U з додатковими 24 дуплексними адаптерами LC.

Всього виходить 6 патч-панелей, і, відповідно, 6 організаторів.

Визначення довжини магістрального оптоволоконного кабелю:

$L_{\text{маг.к}}$  = сума всіх кабелів, що приходять з кожного поверху + 2 \* 3 м на поверх + 3 \* Довжина кабелю від кожного FD до проходу м/у поверхами + типова висота поверху \* кількість FD на 2 поверсі + 2 \* типова висота поверху \* кількість FD на 3 поверсі + (кількість Fdi BD \* 3м).

$$L_{\text{маг.к}} = 3 \cdot 1,75 + 3 \cdot 27,3 + 4,3 \cdot 2 + 2 \cdot 4,3 \cdot 2 + (6+1) \cdot 3 = 134 \text{ м}$$

Тобто закупувати потрібно 1 катушку (500 м).

Визначення загальної кількості ОВ:

$$N_{\text{о.ов}} = \text{Кількість поверхів} * \text{Кількість ОВ на поверх}, \quad (3.8)$$

$N_{\text{о.ов}}$  – загальна кількість ОВ.

$$N_{\text{о.ов}} = 3 \cdot 2 \cdot 12 = 72 \text{ ОВ.}$$

Визначення кількості ОВ патч-панелей (для BD):

Я вже вибрав універсальні висувні оптичні патч-панелі LANmark-OF, 1U з додатковими 24 дуплексними адаптерами LC.

$N_{\text{ком.ов}}$  = кількість ОВ / кількість портів ком. панелі.

$N_{\text{ком.ов}}$  - кількість ОВ ком. панелі.

$$N_{\text{ком.ов}} = 36/24 = 2 \text{ ком. панелі.}$$

К 3-м ком. панелям необхідні 2 кабельних організатора.



Визначення висоти шафи розподільника будівлі:

$$H_{p.з} = K\text{-ть ком. панелей} * 1U + \text{кількість кабел. огранайзерів} \cdot 1U$$

$H_{p.з}$  - висота шафи розподільника будівлі.

$$H_{p.з} = 2 \cdot 1 U + 2 \cdot 1 U = 4U$$

З запропонованої телекомунікаційної шафи стіни кабінету Nexans обрано 19", 18U, 3-х секційний, 892h500h650 мм. Гориз. підсистема є 4U + оцінюється висота шафи будівлі дистриб'ютора 4U, загальною 8U.

Визначення кількості дуплексних адаптерів:

$$N_{\text{адап}} = \text{кількість FD} \cdot \text{кількість волокон на FD} / 2 + \text{загальна кількість ОВ} / 2.$$

$N_{\text{адап}}$  - кількість адаптерів.

$$N_{\text{адап}} = 6 \cdot 12 / 2 + 72 / 2 = 36 + 36 = 72 \text{ адаптера.}$$

З запропонованих адаптерів вибираю адаптер роздрібного з'єднувача LANmark-of Snap-in MM, LC-LC Duplex.

Визначення кількості комутаційних шнурів:

Кількість ком. шнурів = загальна кількість ОВ / 2/6, оскільки з шести пар ОВ від кожного FD робоча пара тільки 1 Кількість ком. шнурів = 72/2/6 = 6 ком. шнур.

Вибираю комутаційний шнур LANmark-OF 50/125, OM3, 2LC-2LC, 2 м, LSZH, помаранчевий.

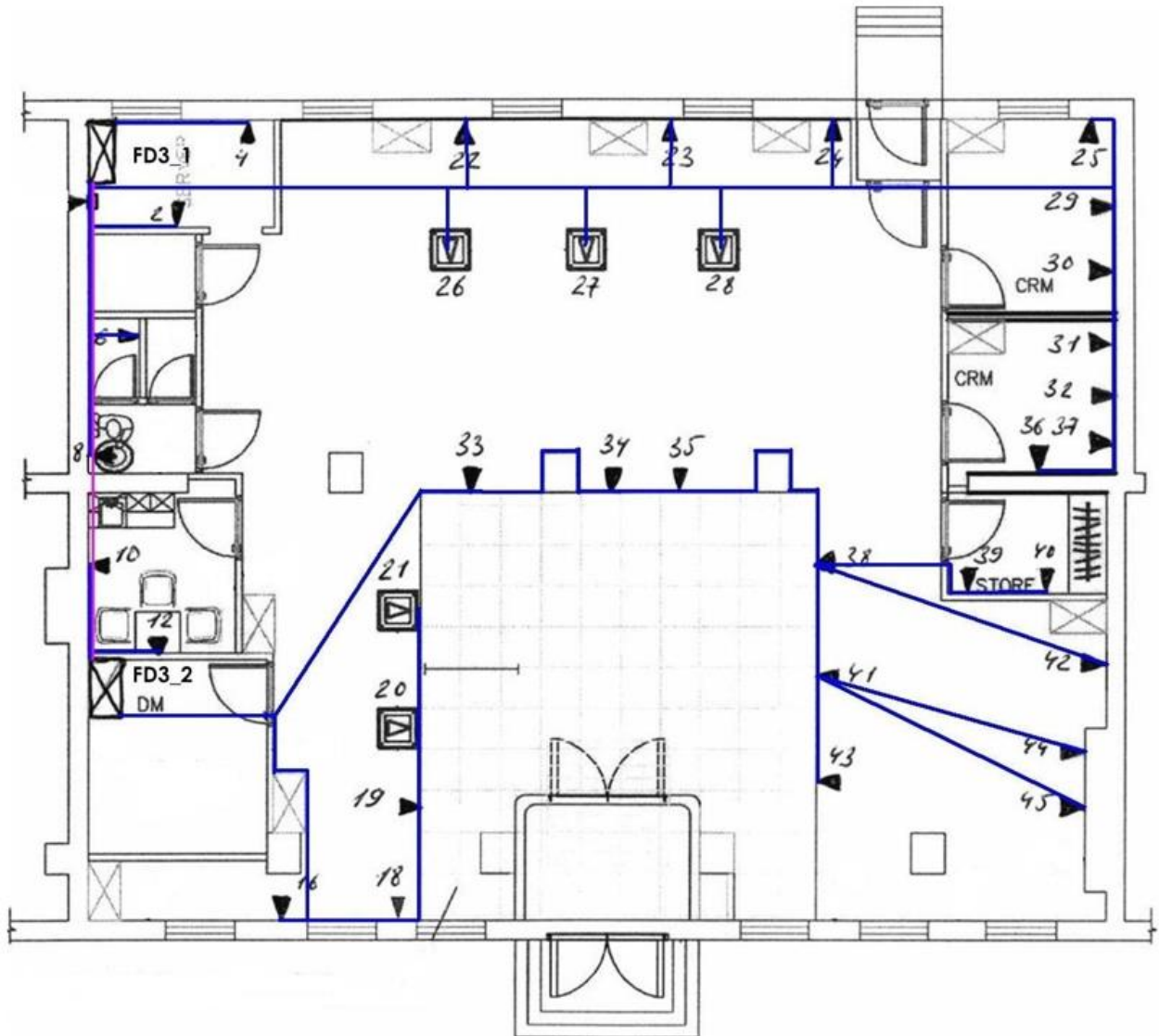
Визначення необхідної кількості конекторів:

$$N_{\text{кон}} = 2 * N_{\text{заг.ов}}, \quad (3.9)$$

$$N_{\text{кон}} = 72 \cdot 2 = 144 \text{ конекторів.}$$

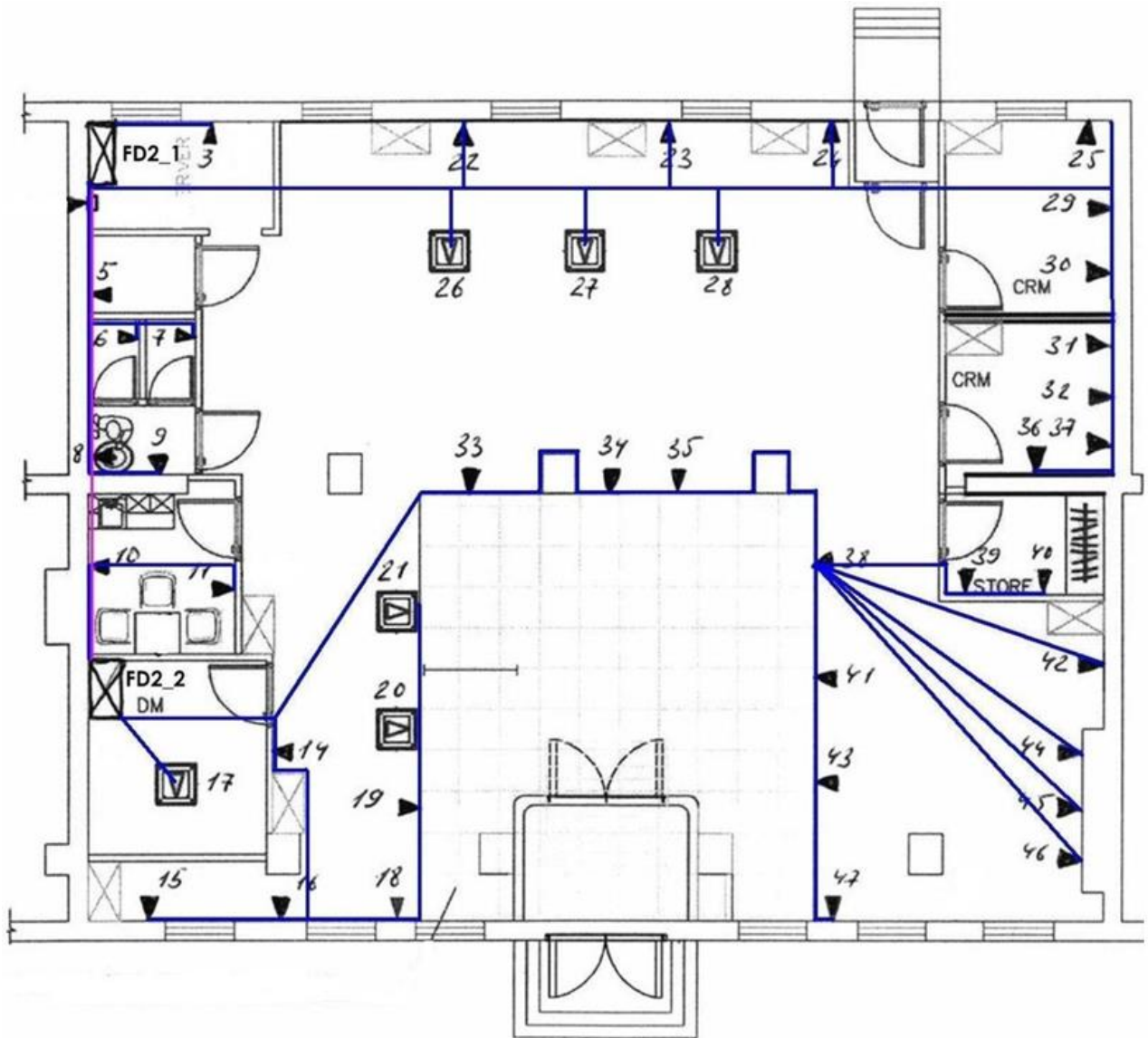
Вибираю коннектори LANmark-OF LC Simplex MM.

### 3.4. Схеми розміщення елементів СКС на поверхах



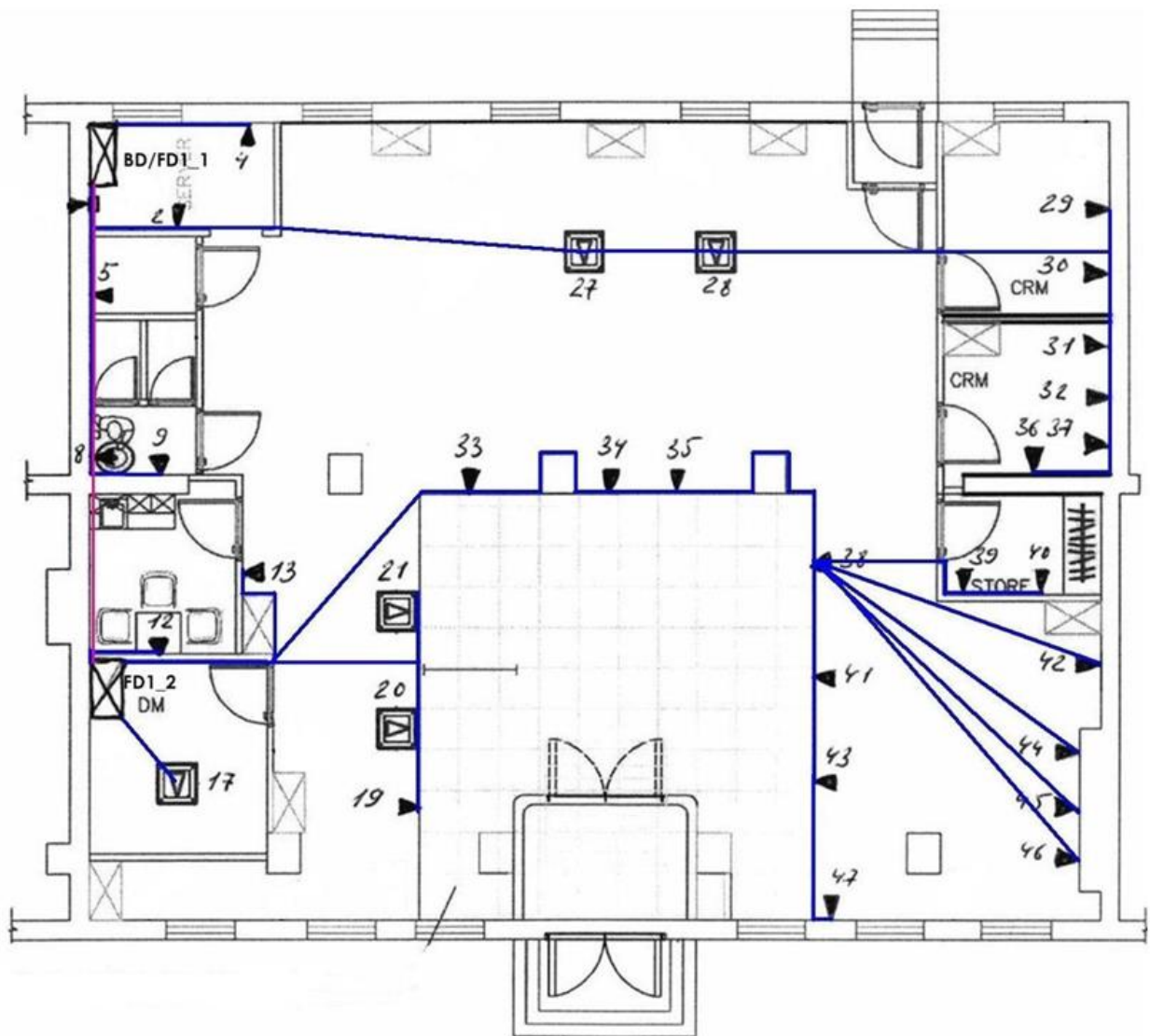
- Горизонтальна підсистема
- Вертикальна підсистема

Рис. 3.1. Схема 3-го поверху



- Горизонтальна підсистема
- Вертикальна підсистема

Рис. 3.2. Схема 2-го поверху



- Горизонтальна підсистема
- Вертикальна підсистема

Рис. 3.3. Схема 1-го поверху

### 3.5. Розрахунок апертури

Найбільш важливим параметром волокна є діафрагма.

Діафрагма - це кут між оптичною віссю, що утворює конус світла, що надходить на кінець оптичного волокна, в якому виконується умова повного внутрішнього відображення [5-8].

Розрахувати показник заломлення оболонки  $n^2$  на основі оптичних характеристик кабельної числової апертури  $NA = 0,2$ .

Відомо що [8]:

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

де  $n_1$  – показник заломлення сердцевини, 1,4681. Тоді визначимо  $n_2$ :

$$n_2 = \sqrt{n_1^2 - NA^2}, \quad (3.10)$$

$$n_2 = \sqrt{1,4681^2 - 0,20^2} = \sqrt{2,1553 - 0,04} = 1,482.$$

Найбільш важливим параметром узагальненого оптичного волокна, що використовується для оцінки його властивостей є нормована частота  $V$ . Вона виходить шляхом підсумовування аргументів циліндричної функції Core ( $G_1 A$ ) і оболонки ( $g_2 a$ ) (4,2).

$$V = ((g_1 a)^2 - (g_2 a)^2)^{1/2} = ((k_1^2 - b^2) + (b^2 - k_2^2))^{1/2} = (k_1^2 - k_2^2)^{1/2}$$
$$V = 2 \cdot 3.14 \cdot 4,5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{0,13}{(1,55 \cdot 10^{-6})} = 3.646, \quad (3.11)$$

де  $a$  – радіус сердцевини оболонки,  $a = 4,5$  мкм;

$n_1$  – показник заломлення сердцевини,  $n_1 = 1,4681$ ;

$n_2$  – показник заломлення оболонки,  $n_2 = 1,482$ .

Проводимо розрахунок параметрів кабелю, ґрунтуючись на тому, що у нас є одномодові волокна з кроком базового індексу діаметром  $2a = 9$  мм та критичної довжини хвилі  $\lambda = 1250$  нм, режим діаметра поля  $2W_0$  на довжині хвилі 1550 нм.

$$2\omega_0 \approx (2,6 \cdot \lambda / V_c \cdot \lambda_c) \cdot 2a; \quad (3.12)$$

$V_c$  - критична нормована частота для одномодового режиму  $V_c = 2,405$ .

$$\lambda = 1550 \text{ нм}; 2\omega_0 \approx (2,6 \cdot \frac{1550}{2,405} \cdot 1250) \cdot 9 = 12 \text{ мкм.}$$

Це означає, що фільтр може витягти діаметр серцевини, що дорівнює 12 мкм.

Враховуючи, що в волокнах і рідинах інтерфейсу основної - оболонки є прозоре скло, можливо, не тільки відображення оптичного променя, але його проникнення в оболонку. Щоб запобігти передачі енергії в піхви і випромінювання в навколишнє середовище необхідно, щоб виконувалася умова повного внутрішнього відображення та діафрагми. Відомо, що в переході від середовища з вищою щільністю в середовище з нижчою щільністю, тобто. коли  $n_1 > n_2$ , хвиля на певному куті падіння повністю відбивається і не проходить в інше середовище. Кут падіння, з якого вся енергія відбивається від межі розділу середовищ, при  $WP = v$ , називається кутом повного внутрішнього відображення [8]:

$$\sin\theta = \frac{n_2}{n_1} \sqrt{\frac{m_2 \epsilon_2}{m_1 \epsilon_1}}, \quad (3.13)$$

де  $m$  і  $\epsilon$  - відповідно магнітна та діелектрична проникність сердечника ( $m_1, \epsilon_1$ ) та оболонки ( $m_2, \epsilon_2$ ).

При  $w_p < \theta$  заломлений промінь проходить вздовж межі розділу «серцевина – оболонка» і не випромінюється в навколишній простір.

Якщо  $WP > v$  енергії, що отримується ядром, повністю відображається і поширюється вздовж волокна. Чим більший кут падіння хвилі,  $WP > v$  в діапазоні до 90 градусів тим більш сприятливі умови для поширення і тим швидше хвиля прийде до приймаючої сторони. У цьому випадку вся енергія не концентрується в серцевині волокна і, по суті, не потрапляє у навколишнє середовище. Коли падаючий промінь під кутом, меншим від кута повного відображення,  $WP < v$  енергія проникає через мембрану, випромінюється у зовнішній простір і передача оптичного волокна неефективна [8].

Режим визначає повне внутрішнє відображення світла стан подачі вхідного кінця волокна. Світловод передає лише світло, укладене всередині кута, значення якого пов'язане з кутом повного внутрішнього відображення. Це характеризується кутом та числовою апертурою [8]:

$$NA = \sin \theta_a = (n_1^2 - n_2^2)^{\frac{1}{2}} = (1,4681^2 - 1,4623^2)^{\frac{1}{2}} = 0,13.$$

Між кутами повного внутрішнього відображення та кута охоплення падіння існує взаємозв'язок. Чим більший кут, тим менша апертура волокна. Слід прагнути до того, щоб кут падіння на межі ядро - оболонка був більший за кут повного внутрішнього відображення і був в діапазоні до 90 градусів, а кут вхідного пучка в кінці волокна ж підгонки в кут діафрагми і ( $\cos < a$ ).

Критичний кут  $\theta_c$ , на якому здійснюється умова повного внутрішнього відображення [5]:

$$\theta_c = \sqrt{\left(1 - \frac{n_2}{n_1}\right)^2}$$

$$\theta_c = \sqrt{\left(1 - \frac{1,4623}{1,4681}\right)^2} = 0,09\text{rad} \approx 16^\circ, \quad (3.14)$$

Знаючи показники заломлення оболонки  $n_2$  та серцевини  $n_1$  розрахуємо відносну різницю показників заломлення  $\Delta$  [5]:

$$\Delta = \frac{n_1 - n_2}{n_1}$$

$$\Delta = \frac{1,4681 - 1,4623}{1,4681} = 0,00393 \approx 0,393\%. \quad (3.15)$$

Розрахунок SZ-структури.

Крок повного оберту на  $360^\circ$  називається кроком  $C$ .

Відстань між віссю кабелю називається радіусом  $R$  мель.

Для цих типів кабелю довжина  $S = 170$  мм, а радіус  $R = 4,3$  мель мм, то додаткова довжина дорівнюватиме  $Z$  [8]:

$$Z = \left( \sqrt{1 + \left( \frac{2 \pi R}{S} \right)^2} - 1 \right) 100\%$$
$$Z = \left( \sqrt{1 + \left( \frac{2 \cdot \pi \cdot 4,3}{170} \right)^2} - 1 \right) \cdot 100\% \approx 1,25. \quad (3.16)$$

Таким чином, на кожні сто метрів довжини кабелю крутний означає 1,25 м.

Кут скрутки дорівнює [8]:

$$\alpha = \arctan\left(\frac{S}{2 R \pi}\right)$$
$$\alpha = \arctan\left(\frac{170}{2 \cdot 4,3 \cdot 3,14}\right) \approx 80,97\%. \quad (3.17)$$

Відповідний радіус кривизни дорівнює [5]:

$$\rho = R \left[ 1 + \left( \frac{S}{2 R \pi} \right)^2 \right]$$
$$\rho = 4,3 \cdot \left[ 1 + \left( \frac{170}{2 \cdot 4,3 \cdot 3,14} \right)^2 \right] \approx 175 \text{ мм}. \quad (3.18)$$

Поряд з необхідністю обмеження вигину розтягування та стиснення волокна, так що у зазначених діапазонах розтягуючі навантаження та температур у котелку з опуклим днищем не викликає шкідливих змін у характеристиках передачі оптичних волокон та ризику пошкодження. Відносна зміна довжини  $DL / L$  ВОК, тобто  $E_k$  допустиме подовження або стиснення  $E_{tk}$  [5, 8]:



$$E = 1 + \sqrt{1 + \frac{4 \pi^2 R^2}{s^2} + 2 \left( \frac{\Delta R}{R} \pm \frac{\Delta R^2}{R^2} \right)}, \quad (3.19)$$

де знак "+" стиснення кабель Етк; Знак - для подовження кабелю Ек.

Отже, знаючи номінальний діаметр оболонки ВР = 2 мм, 12 волокна з кроком (дублювати профіль) заломлення мають загальне оформлення:

$$\Delta R = \frac{2,0 - 1,0}{2} = 0,5 \text{ мм}.$$

Тоді максимальне допустиме подовження кабелю дорівнює формула (3.10):

$$E = 1 + \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 3,14^2 \cdot 4,3^2}{170^2} + 2 \cdot \left( \frac{0,5}{4,3} \pm \frac{0,5^2}{4,3^2} \right)}$$

$$E_y = 2,221 \quad E_c = 1,748.$$

Багатомодовий характер поля означає, що електромагнітна хвиля, що розповсюджується по оптичному волокну, формується декількома різними типами хвиль. Досить знати частоти V, щоб визначити режим роботи волокна, отже коли V 2405 - багатомодове й у роботі робочої V = 2,3702 (4.2), тобто. одномодове. Загалом кількість режимів визначається:

$$N = \frac{V^2 \left(1 + \frac{2}{n}\right)}{2}, \quad (3.20)$$

де n-показник ступеня зміни профілю показника заломлення.

### 3.6. Розрахунок згасання кабелю

Визначимо загасання кабелю:

$$S_k = 0,22 * 15 = 3,3 \text{ дБ},$$

де  $S_k$  - загасання кабелю, 3,3 дБ

$A_{\text{езапа}}$  - експлуатаційний запас апаратури, 3 дБ;

$A_{\text{рз}}$  - втрати в роз'ємних з'єднувачах, 0,2 дБ;

$A_{\text{езк}}$  - експлуатаційний запас кабелю, 3 дБ;

$\Delta\alpha$  - втрати, що вносяться зварними сполуками;

$A_{\text{нс}}$  - середнє загасання нероз'ємного з'єднання, 0,05 дБ.

$$\Delta\alpha = 7 \cdot 0,05 = 0,35 \text{ дБ}, \quad (3.21)$$

Тоді знайдемо загальне згасання:

$$S_{\text{заг}} = S_k + A_{\text{езапа}} + 4A_{\text{рз}} + A_{\text{езк}} + \Delta\alpha + S_2 + S_{32}, \quad (3.22)$$

де  $S_2$  згасання, що вноситься сплітером (1/2) 3,4 дБ;

$S_{32}$  згасання вносяться сплітером (1/32) 8,6 дБ.

$$S_{\text{заг}} = 3,3 + 3 + 0,8 + 3 + 0,35 + 3,4 + 8,6 = 19,45 \text{ дБ}.$$

Отримане згасання не перевищує норми за стандартом 20 дБ.

### 3.7. Розрахунок взаємних впливів в оптичному кабелі

Оптичні волокна зазвичай ОК ядро може мати вплив на сусідні волокна. Рівень перешкод залежить від ОС кабельної жили, тобто взаємного розташування волокон.

Ступінь впливу між ОМ може бути оцінена шляхом розрахунку впливу вторинних параметрів двох сусідніх волокон. Співвідношення перехресного наведення розраховується таким чином:

$$A_0 = 20 \lg \left| \frac{4\alpha}{N^2 m (1 - e^{-2\alpha L})} \right|, \quad (3.23)$$

Захищеність від перешкод розраховується за такою формулою:

$$A_3 = 20 \lg \left| \frac{2}{N^2 mL} \right|, \quad (3.24)$$

Перехідне згасання на дальньому кінці розраховується за такою формулою:

$$A_1 = A_3 + \alpha L, \quad (3.25)$$

де  $a$  - коефіцієнт загасання ОВ [дБ/км];

$L$  - Довжина підсилювальної ділянки ОК(км);

$m$  - коефіцієнт зв'язку між волокнами ( $m=0,6-0,7$ );

$N$  – коефіцієнт проникнення поля через оболонку волокна.

$$N = (g_{1,2} g_{2,3} e^{-kt}) / (1 - P_{1,2} P_{2,3} e^{-2kt}), \quad (3.26)$$

$$\text{Де } k = \omega \sqrt{\mu_a \epsilon_a} - \text{ коефіцієнт втрат в оболонці}; \quad (3.27)$$

$t$  - товщина оболонки; ( $1 \div 3$  мкм);

$g_{12}$  і  $g_{23}$  - коефіцієнти заломлення на межі сердечника ( $n_1$ ), в оболонки ( $n_2$ ) та повітря ( $n_3$ ) [8]:

$$g_{1,2} = 2n_1 / (n_1 + n_2),$$

$$g_{2,3} = 2n_2 / (n_2 + n_3), \quad (3.28)$$

При параметрах ОВ:

$t = 2$  , мкм;

$a = 2.52$  дБ/км;

$L=10$  км;

$f = 1,935^{14}$  Гц.

Розраховуємо коефіцієнти заломлення на кордоні в оболонки та в повітрі за формулою (3.28):

$$\xi_{12} = \frac{2 \cdot 1.4681}{1.4681 + 1.4623} = 1.002$$

$$\xi_{2,3} = \frac{2 \cdot 1.4623}{1.4623+1} = 1.19$$

### 3.8. Перелік обладнання для СКС

Таблиця 3.3

Перелік обладнання горизонтальної підсистеми

Артикул	Найменування	Кількість	Од. вим.
N165.001	Волоконно-оптичний кабель LANmark-OF3, ZC, 2hMM50/125,LSZH,	23	котушки
N441.203	Комутаційна панель, опт., LANmark-OF, висувна	11	Шт.
N965.311	Патч-корд LANmark-OF 50/125, OM3, 2LC-2LC, 2м, LSZH, помаранчевий	404	Шт.
N102.117	Організатор кабелю 19", 1U, у приміщенні, D = 80 мм;	11	Шт.
N102.118	Nexans Wall 19 кабінет ", 18U, 3-х секційний мм 892h500h650	6	Шт.
N205.630	Рознімання LANmark-OF LC Simplex MM	808	Шт.
N205.611	Адаптер LANmark-оснащення М.М., LC-LC Duplex	404	Шт.
N423.520.	Робоча зона на виході-портовий LANmark 45x45.	6	Шт.
N420.035	Модульна сплайсинг Outlet 45x45 для 2 Snap-In адаптерів	3	Шт.

## Перелік обладнання магістральної підсистеми.

Артикул	Найменування	Кількість	Од. вим.
N165.605	У кабелі, LANmark-OF3, TBW+, 12h50/125, LSZH	1	катушка
N441.203	Комутаційна панель, оптичний, LANmark-OF, висувна	2	шт
N965.311	Патч-корд LANmark-OF 50/125, OM3, 2LC-2LC, 2м, LSZH, помаранчевий	6	шт
N102.117	Організатор кабелю 19", 1U, в приміщенні, D = 80 мм;	2	шт
N102.118	Nexans Wall 19 кабінет ", 18U, 3-х секційний мм 892h500h650	1	шт
N205.630	Рознімання LANmark-OF LC Simplex MM	144	шт
N205.611	Адаптер LANmark-оснащення	72	шт

## ВИСНОВКИ

Структурована кабельна система є основою обробки даних та телекомунікаційної інфраструктури будь-якого сучасного підприємства з невеликої компанії з кількома співробітниками та закінчуючи Корпорацією, в якій працює кілька десятків тисяч людей.

Сучасна СКС здійснюється в ієрархічному зоряному принципі і складається зазвичай з декількох підсистем з докладними стандартизованими на міжнародному рівні та параметрами інтерфейсу, взаємодіючи за певними правилами. Інтеграція в єдину систему волоконно-оптичних та електричних кабельних ліній на основі збалансованого кабелю дозволяє забезпечити більшу частину середовища передачі сучасних та перспективних типів мережного обладнання. СКС кабельних трас, які засновані на серії компонентів забезпечують максимальну дальність зв'язку в 3000 м та інформаційною ємністю 1 Гбіт/с та вище.

Маючи набір можливостей для побудови стандартизованої горизонтальної підсистеми СКС, значно розширює здатність адаптуватися до місцевих умов. Це дозволяє оптимальним шляхом вирішення техніко-економічної ефективності для основної маси офісних приміщень, як у старих будівлях, так і спеціально призначених для бізнес-центрів.

Стандарти неявні у функціональній гнучкості дозволяє легко розширити сферу за межі офісних будівель СКС та створити кабельні системи як на робочому місці, так і в секторі домашніх господарств.

Технологічний рівень забезпечує якість дизайну підготовки та установки, що дозволяє виробнику гарантувати безперебійну роботу встановлений кабельної системи протягом 15-20 років та більше. У свою чергу, це означає, що SDR працює правильно встановлений у період між ремонтами офісної будівлі.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Смірнов, І.Г. Структуровані кабельні системи [Текст]/І.Г. Смірнов. - К: Еко-Трендз, 2018. - 178 с.
2. Семенов, А.Б. Структуровані кабельні системи [Текст]/О.Б. Семенов, С.К. Стрижаков, І.Р. Сунчелі. - 6-е вид., Перероб. та дод. - К.: ДМК Прес, 2020. - 232 с.
3. Телекомунікаційні мережі та технології [Текст]/В.Г. Кривуця, С.М. Склярченко, О.П. Улеєв та інших.: під ред. В.Г. Кривуці. - Харків: ТОВ «Компанія ЗМІТ», 2017. – 324 с.
4. Автоматизація проектування систем зв'язку [Текст]: навч. посібник / Т. Г. Калекіна, О. Ю. Коляденко, О. Ю. Євсєєва. - Харків, 2015. - 124 с.
5. Бейлі Д., Райт Е. Волоконна оптика: теорія та практика [Текст]: Пер. з англ. / К.: КУДИЦЬ-ПРЕС, 2018. - 320 с.
6. Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології [Текст]/В.В. Поповський, Ю.І. Лосєв, С.А. Сабурова, В.С. Марчук та ін., Харків: ТОВ «Компанія ЗМІТ». 2021 – 593 с.
7. Семенов, А.Б. Волоконно-оптичні підсистеми сучасних СКС [Текст] / М.: Академія Айтї: ДМКПрес, 2017. - 632 с.
8. Яковлєв, А.В. Волоконно-оптична система передачі конфіденційної інформації [Текст]/Електрозв'язок. - 2014. - №10. - 227 с.
9. Поповський В.В. Математичні моделі теорії телекомунікаційних систем [Текст] / Всеукр. міжвід. наук.-техн. зб. Радіотехніка. Харків, 2020. - №142. - 5-11 с.
10. [http://spbnextans.ua/files/nexans\\_catalogue.pdf](http://spbnextans.ua/files/nexans_catalogue.pdf)
11. <http://www.lanmark.ua/catalog/77/91/>
12. [http://www.nexans.ua/eservice/Ukraine-ua\\_UA/navigate\\_0577/\\_html](http://www.nexans.ua/eservice/Ukraine-ua_UA/navigate_0577/_html)
13. The Cabletron Systems Guide to Local Area Networking, "Cabletron Systems Ltd.", 2021, s.2, p.3.

14. Structured cabling. Foundation for the future., "ANIXTER Technology White Paper", febr. 2020. p.4.
15. Handbook of Local Area Networks, ed. J.P. Slone, A.Drinan, Auerbuch Publications, 2021.
16. Міжнародний стандарт ISO/TEC 11801:1995(E).