

3.Різновидності систем технічної експлуатації та управління в галузі зв'язку

В наш час значна увага приділяється розвитку галузі зв'язку України, яка є однією з найважливіших частин виробничої інфраструктури.

Перспективи розвитку зв'язку досить великі, але навіть збереження технічних засобів і технічного обслуговування приводить до різкого збільшення кількості персоналу галузі.

Основна частина персоналу зайнята технічною експлуатацією обладнання, трактів і каналів, обслуговуванням абонентів та клієнтури (споживачів).

Прискорення розвитку галузі при одночасному підвищенні якості і ефективності можливе тільки при прискоренні науково-технічного прогресу в галузі за допомогою запровадження нових технологій обслуговування абонентів та клієнтури, а також нових методів технічної експлуатації обладнання зв'язку на основі застосування сучасних засобів мікроелектроніки та обчислювальної техніки. На єдиній технічній і теоретичній базі можлива розробка спектру уніфікованих автоматизованих систем технічної експлуатації обладнання зв'язку та управління і систем, які забезпечать цілий ряд послуг.

Аналіз трудовитрат в галузі показує, що процеси технічної експлуатації найбільш трудомісткі. На їх долю припадає до 33 % загально-галузевих витрат, тому основною метою запровадження системних методів і обчислювальної техніки є створення технічних засобів АСТЕ, які забезпечать значну економію трудовитрат при запровадженні нових технологій експлуатації обладнання, а також значне підвищення ефективності праці персоналу при діючих технологіях.

В галузі зв'язку колишнього Союзу створювався ряд АСТЕ, які орієнтувались на запровадження системних методів і обчислювальної техніки. Вони забезпечували суттєве зростання ефективності праці.

Найбільш відомими і досить великими були системи що, розглянуті нижче.

3.1. Автоматизована система технічної експлуатації обладнання міських та сільських телефонних станцій

Ця система забезпечує контроль за станом абонентського та станційного обладнання (збір, накопичення і обробку інформації про телефонне навантаження і його параметри, якість обслуговування абонентів); вирішує завдання динамічного управління мережами, забезпечує виписку нарядів на ремонтні роботи; контролює ефективність поновлення; веде облік і аналіз складних мереж. Зараз подібні системи реалізуються у вигляді ЦТЕ (центрів технічної експлуатації) з багаторівневою структурою та ієрархічним типом управління.

Нижній рівень подібних систем складають об'єкти міських телефонних станцій (МТС) або сільських телефонних станцій (СТС), тобто приміщення АТС, в яких обслуговується кілька десятків тисяч номерів.

Верхній рівень в більшості випадків суміщується з адміністративним

територіально-технічним вузлом (АТТВ).

Враховуючи, що ємність телефонної мережі приблизно 5×10^6 номерів, можна зробити висновок, що тільки для обслуговування об'єктів ГТС необхідно приблизно $2,5 \times 10^2$ систем нижнього рівня, які забезпечують контроль і управління окремими об'єктами, і $0,5 \times 10^2$ - систем верхнього рівня.

3.2 Автоматизована система технічної експлуатації засобів поштового зв'язку

Ця система повинна забезпечувати оформлення первинної документації стосовно поштово-касових, комунальних платежів та інших операцій, які оформляються підприємствами поштового зв'язку: облік грошових сум по поштово-касових і інших операціях; облік надходження і видатків грошових сум по поштово-касових операціях, а також функції управління технічною експлуатацією засобів розподілення- обробку поштових відправлень і облік обладнання.

Система повинна складатись із ряду підсистем, найбільшими з яких є підсистеми технічної експлуатації відділень зв'язку і управління розподілом поштових повідомлень.

Підсистема технічної експлуатації відділення зв'язку забезпечує підвищення продуктивності працівників відділення зв'язку. При такому підході кожне відділення зв'язку, яке має кінцеву апаратуру (телеграфні апарати, засоби електрозв'язку, технічні засоби для виконання переказових операцій тощо), обладнується мікропроцесорними та обчислювальними засобами, які забезпечать вирішення на місці не складних, не пов'язаних між собою завдань по виконанню операцій, які зустрічаються найчастіше (пошук довідкової інформації в алфавітному списку підприємств зв'язку України, СНД та інших, зберігання та видача облікової інформації, ведення журналів реєстрації і т.д.).

За допомогою наявних каналів зв'язку ці обчислювальні пристрої з'єднуються з обчислювальними засобами вузлів зв'язку (районних, міських і т.п.), котрі керують даними відділеннями. Обчислювальні системи вузлів зв'язку, в свою чергу, об'єднуються у свою обчислювальну систему. Обчислювальні засоби відділень зв'язку повинні забезпечувати широкі можливості з самообслуговування клієнтури (подавання телеграм, виписування та оформлення квитанцій тощо).

Підсистема розподілу поштових повідомлень сумісно з підсистемою експлуатації відділень зв'язку забезпечує автоматизацію процесу сортування та обліку тяжких відправлень.

Приймаючи найбільш просте обчислювальне обладнання сільського відділення зв'язку за одиницю і враховуючи, що обладнання міського відділення зв'язку має таких 2-3 одиниці, районного вузла зв'язку сільського району і поселення міського типу - 3-4 одиниці, обласного вузла - 10 одиниць, а республіканського - 20 одиниць, визначимо приблизну кількість необхідних СОТ (систем обчислювальної техніки), знаючи, що великих підприємств в Україні приблизно 60; районних вузлів сільських і вузлів поселень міського типу приблизно 600; міських відділень зв'язку приблизно

5000; сільських відділень приблизно 12000. Тоді можливо наближено визначити, що всього на Україні для поштового зв'язку потрібно N обчислювальних обладнань:

$$N = 60 \times 10 + 1 \times 20 + 600 \times 3 + 5000 \times 2 + 12000 = 24420 \text{ одиниць.}$$

При створенні одиниць обчислювальної техніки для цих завдань необхідно мати на увазі ліміт на фондоозброєння, що вимагає орієнтування на вкрай малі кошти, а така СОТ має вартість приблизно 1000 гривень.

3.3. Автоматизована система обробки інформації з управління технологічними процесами експлуатації телеграфних зв'язків

Вона забезпечує процес управління технічною експлуатацією телеграфних мереж, включаючи в себе такі основні функції:

контроль та вимірювання на мережах, збір та відображення отримуваної при цьому інформація, аналіз ситуації, яка складається на мережі, прийняття на основі аналізу необхідних рішень управління і їх виконання, передачу службових сигналів управління, а також діагностування обладнання та локалізацію відмов та несправностей. Це дозволяє значно підняти ефективність і оперативність досить трудомістких робіт з виявлення та усунення несправностей обладнання і таким чином покращити якість роботи телеграфної мережі в цілому.

Основу управління складає інформація, яку одержують в результаті контролю технічного стану кінцевих і міжстанційних ділянок телеграфного зв'язку, а також контролю процесів обслуговування по штучному і реальному навантаженню мережі.

Структура автоматизованої системи, яка застосовується в досить великих регіонах, схожа зі структурою центрів технічної експлуатації ГТС. Якщо припустити, що вузли системи розміщені на великих телеграфних станціях, а складність обчислювального обладнання така ж, як на поштамті, то для цієї мети необхідно буде приблизно 60 одиниць аналогічного обчислювального обладнання.

3.4. Автоматизована система технічної експлуатації (АСТЕ) первинної магістральної мережі

Вона складається з автоматизованої системи оперативно-технічного обслуговування (АСОТО) та автоматизованої системи оперативно-технічного управління первинної магістральної мережі.

АСТЕ первинної мережі СНСЗУ має забезпечити ефективне функціонування первинної мережі. До її складу входять сукупність програмних і технічних засобів та технічний персонал, які забезпечують виконання функціональних завдань систем передачі. Об'єктом технічної експлуатації є первинна мережа, включаючи мережні вузли і станції, лінії передачі, лінійні тракти, мережні тракти,

типові капали передачі, ділянки каналів передачі і трактів, обладнання і апаратура мережних вузлів, станцій, ОПП, НУП, ОРП, НРП та їх окремі елементи.

Побудова АСТЕ територіально-ієрархічна.

Адміністративно-ієрархічне підпорядкування відповідає розподілу, який має первинна мережа ЕНСЗУ.

АСТЕ має чотири ієрархічні рівні:

- головний центр технічної експлуатації (ГЦТЕ), який організується в складі "Укртелеком";
- територіальний центр технічної експлуатації первинної магістральної мережі (ТЦТЕ ММП), який раніше організовувався в складі ТВО, а зараз повинен підпорядковуватися об'єднанню ДПМ;
- центр технічної експлуатації (ЦТЕПМ), організований у складі УПУ і УПО;
- секція технічного обслуговування - інформаційний пункт (СТО-ІП) в складі мережних вузлів, станцій.

Обслуговування повинно виконуватись тільки контрольно-корегуючим методом, який застосовує безперервний або періодичний контроль параметрів, які визначають якість функціонування каналів і трактів СП без виключення їх з експлуатації.

- Пошук та усунення несправностей, проведення налагоджувальних робіт виконуються тільки в тому випадку, коли результати контролю показують, що параметри вийшли за межі експлуатаційних норм.

ОПП, ОРП повинні працювати в необслуговуючому режимі або в обмеженому режимі обслуговування.

Для функціонування АСТЕ мережні вузли (станції) повинні бути оснащені апаратурою контролю, автономними пристроями і локальними обчислювальними підсистемами технічного обслуговування, які вирішують завдання збору первинних сигналів, обробляють їх за певною логікою, а також пристроями локалізації несправностей та передачі інформації, резервування. Взаємодію елементів мережі з локальними підсистемами МСЕ-Т радить виконувати через інтерфейси типу Q за рекомендаціями МСЕ-Т М3010.

На мережних вузлах, які працюють у вахтовому або необслуговуємому режимі (тобто без технічного персоналу), рішення по обслуговуванню і управлінню повинні прийматись на наступному ієрархічному рівні - ЦТЕ (ВПУ-ВПО).

У зв'язку з тим, що рекомендований метод технічної експлуатації - контрольно-корегуючий, до елементів лінійного тракту і ліній передачі повинні пред'являтися більш високі вимоги надійності.

3.5. Система експлуатації в мережах з апаратурою синхронної цифрової ієрархії (СЦІ)

В цьому випадку створення мережних конфігурацій, контроль, управління окремими станціями і всією інформаційною мережею реалізується програмно і дистанційно за допомогою системи експлуатації СЦІ.

Ця система являє собою підсистему загально-мережної системи експлуатації ТМН і використовує загальні принципи останньої, котрі викладені в Рек. М.20,

M.3010 MCE-T, а для СЦІ -конкретизовані в Рек. G.774 та G.784. Система вирішує завдання експлуатації сучасних мереж зв'язку: оптимізує експлуатацію апаратури різних фірм у зоні одного оператора та забезпечує автоматичну взаємодію зон різних операторів.

Система експлуатації розподіляється на підсистеми, які обслуговують окремі ділянки інформаційної мережі СЦІ. Доступ до кожної СЦІ - підсистеми реалізується через головний (шлюзовий) вузол чи станції СЦІ в цій підсистемі. Фізичною основою систем є контрольно-керуючі мікропроцесори, Q-інтерфейси обслуговування, які входять в апаратуру СЦІ, встроєні в цикли службові канали та програмне забезпечення. Протоколи зв'язку за встроєними службовими каналами встановлені в Рек. G.784, а для Q-інтерфейсів - в Рек. G.773, Q.811 та Q.812. Всі операції по обслуговуванню мережі і кожного вузла (станції) СЦІ можуть виконуватись як із центру, так і з інших пунктів, котрі мають таке право.

В розглянутій системі експлуатації СЦІ закладені три основні принципи:

- аналіз загальних характеристик мережі зв'язку та її структури;
- стандартизація інтерфейсів між різними обслуговуваними підсистемами;
- реалізація нових функцій при сумісному використанні декількох

обслуговуваних підсистем.

3.6. Мережа управління телекомунікаціями (TMN)

Відповідно з Рек. M.3010 MCE-T- TMN призначена для створення мережевої структури , яка забезпечує взаємодію різних операційних систем і обладнання електрозв'язку для обміну інформацією управління за допомогою стандартизованих протоколів і інтерфейсів (по можливості з використанням прикладної моделі взаємодії відкритих систем - OSI).

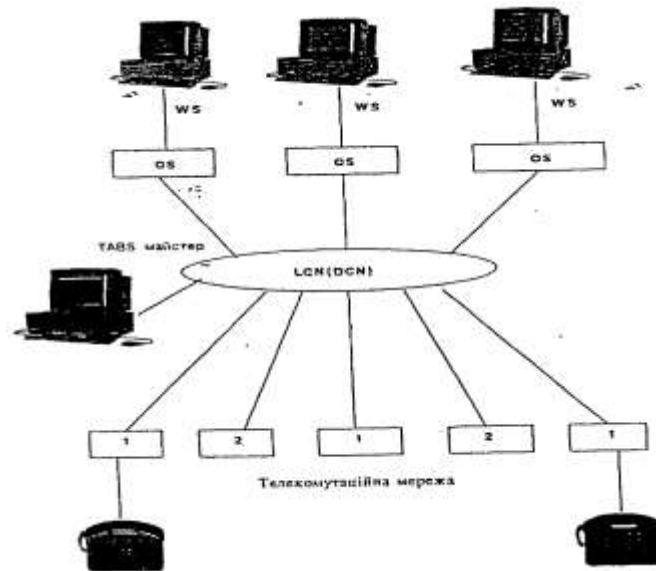
Мета створення TMN - допомога адміністраціям і різним агентствам в управлінні мережею електрозв'язку. TMN забезпечує основні функції керівництва мережею і зв'язок між TMN та мережами електрозв'язку.

Завдання TMN - подати організовану мережну структуру, яка забезпечить взаємне з'єднання різних типів операційних систем (OS) та обладнання електрозв'язку, що використовує архітектуру стандартних протоколів і інтерфейсів. Це дозволяє прийняти стандарти і використовувати їх у процесі розвитку обладнання і проектування управління сучасною мережею електрозв'язку .

Операційні системи реалізуються на основі обчислювальної техніки і виконують технологічні функції технічної експлуатації (TE) - обробляють інформацію , яка відноситься до управління електрозв'язком.

Застосовують три і більше типів OS: основний (прикладні функції TMN), -- мережний (реалізація мережної основи застосування TMN); експлуатаційний (специфічні прикладні функції TMN для управління окремими видами зв'язку). TMN може змінюватись в розмірах від примітивних з'єднань між OS і одиноким об'єктом і

його обладнанням електрозв'язку до мережних з'єднань багатьох ОС різних типів і обладнанням електрозв'язку. TMN може забезпечити функції управління і представлення з'єднань як між ОС, так і між різними ділянками мережі електрозв'язку, які мають велику кількість типів цифрового та аналогового обладнання електрозв'язку, а також забезпечуючого обладнання. Це системи передачі, комутаційні системи, мультіплексори, сигнальні термінали і інше, що належить до елементів мережі (NE).



- 1 Комутаційна система 2-система передачі

Рис.3.1 Мережа TMN

На рис.3.1 показана взаємодія між TMN і мережами електрозв'язку. TMN - окрема мережа, яка має інтерфейс з мережею електрозв'язку в декількох різних точках для управління і прийняття від неї відповідної інформації. Однак TMN може використовувати частину мережі електрозв'язку загального користування, щоб забезпечити їх з'єднання.

До складу TMN входять робочі станції (WS), які організуються на деяких пунктах. На них розміщуються технічний персонал і термінальний комплекс для виконання технологічних процесів ТЕ. TMN управляє мережами і основними типами обладнання. Це мережі загального користування і окремі мережі; мультіплексори, крос-комутатори; цифрові і аналогові системи передачі на різних напрямлюючих середовищах (кабелі, ВОЛЗ, радіо, супутникові та ін.); цифрові та аналогові комутатори; поновлюючі системи; сервісне, електроживлення та інше обладнання. TMN складається із функціональних блоків ОС, блоків взаємодії і блоків передачі даних. Як показано на Рис.3.1, TMN з'єднується з функціональними блоками елементів мережі електрозв'язку і робочої станції (WS). Функціональний блок операційних систем призначений для обробки інформації і виконання операцій управління мережею електрозв'язку Функціональний блок взаємодії забезпечує передачу інформації між елементами мережі електрозв'язку і операційними

системами. В його функції входять також управління перетворенням протоколів, обробка даних, прийняття рішень та накопичення даних. Функціональний блок передачі даних призначений для передачі інформації, котра відноситься до управління мережею електрозв'язку. В TMN визначені опорні точки обміну інформацією між функціональними блоками. Опорна точка стає інтерфейсом, коли функціонально зв'язані блоки об'єднані в окремі частини обладнання.

На Рис.3.2 показана узагальнена фізична архітектура TMN. Функції взаємодії можуть бути реалізовані або автономним обладнанням, або встроєним в NE (елемент мережі) пристроєм. В будь-якому випадку ця функція виконується TMN. В обох випадках використовуються стандартні інтерфейси Q_3 , Q_x , F.

В таблиці 3.1 приведені основні функції, які виконує TMN. Слід зазначити, що останні Рек. МСЕ розширюють і уточнюють принципи TNN і способи її реалізації. Так, уточнені Рек. М 3010 МСЕ ("Principles for a Telecommunications Management Network") вилучили інтерфейси Q_1 , Q_2 які були в проектах, і замість них ввели інтерфейс Q_x , а також затвердили функціональну, фізичну та інформаційну структури TMN і її компоненти [5].

Для взаємодії NE з мережею TMN рекомендується використовувати локальну мережу з інтерфейсом Q_x відповідно до Рек. G 773 МСЕ-T.

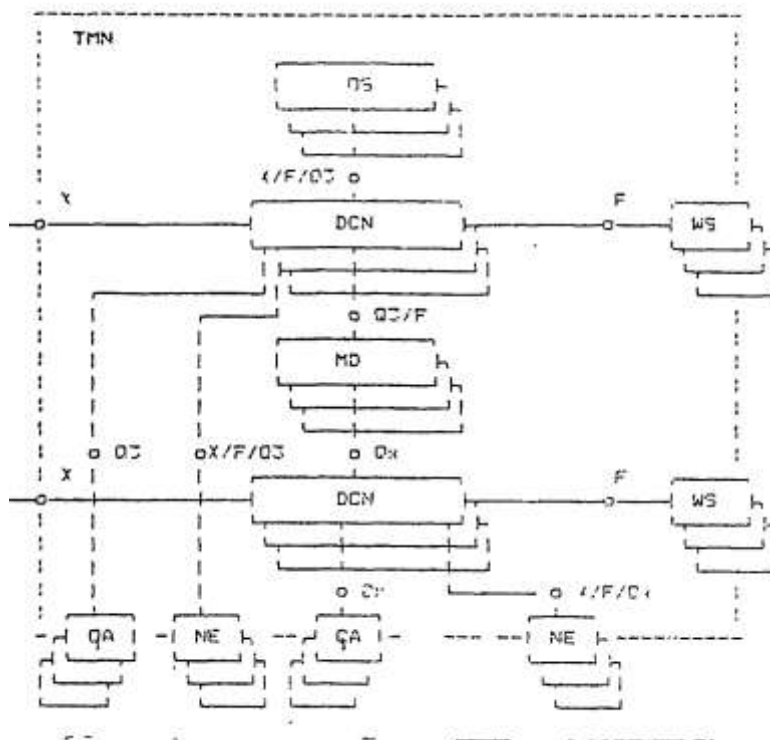


Рис.3.2. Узагальнена фізична архітектура TMN

Функціональні можливості TMN

Таблиця 3.1

N	Назва функції	Визначення виконуваної функції
1	2	3
1	Контроль експлуатаційних характеристик	Безперервний збір даних, які характеризують параметри елементів мережі (NE) контроль аварійного стану, вимірювання параметрів, а також виявлення характерних кодових комбінацій до того як якість сигналу погіршиться нижче допустимого рівня.
2.	Управління трафіком і управління мережею	Збір даних про трафік від NE і подача команди до NE для реконфігурації мережі лектрозв'язку чи зміну її роботи відповідно до трафіка. Направлення повідомлень про дані трафіка від NE шляхом видачі сигналів контрольним пристроєм періодично чи за вимогою. Склад повідомлень даних, які обробляються в TMN чи аналізуються в NE.
3.	Спостереження за якістю зв'язку	Збір даних від NE про якість зв'язку за запитанням або автоматично програмним чи апаратним способом. Можливі зміни програми, порогу визначення. Склад повідомлень: дані, які обробляються в TMN чи аналізуються в NE.

4.	Аварійна сигналізація	Можливість контролю NE майже в реальному часі. Відображення сигналу аварії в NE при виникненні відмови. Визначення характеру і післядії відмови. Визначення відмови одним із двох способів: за допомогою бази даних TMN, визначаючої двохпозиційний аварійний сигнал від NE; повідомлення від NE в TMN з необхідними поясненнями, якщо в NE досить нова інформація.
5.	Локалізація відмови	Одержання доповнюючої інформації на основі програм з локалізації відмов, якщо початкова інформація про відмову була недостатня.
6.	Перевірка(за запитанням,за вимогою чи за допомогою періодичних випробувань)	Одержання інформації одним із двох способів: за допомогою аналізу і обробки в NE характеристик каналу чи обладнання та передача результатів в TMN автоматично з затримкою або без неї; за допомогою NE організується доступ TMN до каналу або обладнання; аналіз результатів виконується в TMN.
7.	Представлення	Процедури, які необхідні для введення обладнання в експлуатацію, включаючи монтаж. ініціювання TMN опорних програм при готовності пристрою до експлуатації, тобто управління станом пристрою при експлуатації, резерві, резервуванні і виборі параметрів. Широкі зміни використання процедур представлення в NE: одноразове використання процедур для малих NE: часте використання

		процедур для обладнання цифрової і кросової комутації, де постійно встановлюються і знімаються канали.
8.	Індикація стану і управління	Можливість контролю і управління визначеними операціями з NE на вимогу. Перевірка або зміни стану експлуатації NE або однієї із його частин (в експлуатації, поза нею, резерві), управління початком діагностичних випробувань в межах NE. Перевірка індикації стану сумісно з кожною операцією управління. Корегуючі операції, пов'язані з умовами відмови. Автоматичне або заплановане виконання операцій індикації стану і управління при профілактичному обслуговуванні (наприклад, комутація для виведення каналу із експлуатації з метою діагностичних випробувань). Забезпечення можливості автоматичного аналізу при зміні трафіку через обладнання, що відмовило.
9.	Впровадження (нарощування) апаратури	Допомога TMN при встановленні обладнання, яке складає мережу електрозв'язку, включаючи розширення чи зменшення системи. Приклади операцій: початковий обмін даних між NE і TMN; встановлення програм в NE від бази даних TMN; обмін даними по управлінню між NE і TMN. Виконання програм під контролем TMN або за її допомогою.

10.	Розрахунок	Збір даних від NE, які використовуються для визначення плати за розрахунками користувачів, що потребує дуже ефективних засобів передачі даних для збереження записів стосовно розрахунків, а також обробки даних в реальному часі для великої кількості абонентів.

Контрольні запитання

1. Чому необхідно автоматизувати СТЕ в галузі зв'язку?
2. Що забезпечує і які завдання виконує автоматизована СТЕ в міських та сільських станціях?
3. Назвіть склад ЦТЕ.
4. Що забезпечує і які завдання виконує автоматизована система поштового зв'язку?
5. Назвіть склад системи поштового зв'язку .
6. Що забезпечує і які завдання виконує автоматизована система телеграфного зв'язку?.
7. Що є основою системи управління ТЕ телеграфних зв'язків?
8. Назовіть склад АСТЕ первинної мережі.
9. Що забезпечує АСТЕ на первинній мережі?
10. Назвіть об'єкти технічної експлуатації первинної мережі.
11. які принципи побудови АСТЕ?
12. Перерахуйте і поясніть рівні АСТЕ.
13. Як реалізується СТЕ в мережах з апаратурою СЦІ?
14. Пояснити , що представляє собою СТЕ СЦІ.
15. Які три основні принципи закладені в побудову СТЕ СЦІ?
16. Що представляє собою ТМН?
17. Привести функціональні можливості ТМН.

Список рекомендованої літератури

- 1.Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем і мереж зв'язку. ДУІКТ, К-2002, 100с.
2. 1.Бондаренко В.Г. Основні положення по застосуванню систем і апаратури синхронної цифрової ієрархії на мережі зв'язку. ДУІКТ К-2002, 84с.
- 3.Кудрявцев г.г.,Мамзелев И.А. Микропроцессоры в системах технического обслуживания средств связи.-М.Радио и связь1990-136 с.
- 4.Правила технічної експлуатації первинної мережі ЄНСЗ України. Частина перша. "Основні принципи побудови та організації технічної експлуатації", КНД-45-140-99 К. ДКЗІУ - 2001 80с.
- 5.Частина друга."Правила технічної експлуатації апаратури, обладнання, трактів і каналів передавання," КНД-45-162-2000 К. ДКЗІУ - 2002 108с.
- 6.Рекомендації МСЕ-Т М 3010, G.784, G.812 -1999р.
- 7.Rec. ITU-T M.3010 Principles for a Telecommunications Management Network, 2000.
- 8.Rec. ITU-T M.3200 TMN Management Services, 1997.
- 9.Rec. ITU-T M.3400 TMN Management Functions, 2000.
10. Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем та мереж зв'язку.Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком“Телекомунікації” з дисципліни ,ТЕСЗ,-К ДУІКТ 2012 р 847с

4. Стан управління первинними мережами України

4.1.Розвиток системи управління мережами України

Завдання управління мережами України успішно розв'язувалося ще за часів колишнього СРСР, особливо на початку 1980-х років, коли відповідні роботи, виконувані під керівництвом ЦНДІЗ та його Київського відділення (далі КВ ЦНДІЗ), активно розгорнулися на первинній магістральній

мережі(ПММ),відповідно прийнятим рішенням на рівні МЗ Союзу, про розробку АСТЕ в складі АСОТУ та АСОТО.

За розробку і впровадження АСОТУ відповідав ЦНДІЗ, а за АСОТО і нижній рівень АСОТУ - Київське відділення ЦНДІЗ. Активну участь у розробці АСТЕ приймав технічний персонал ТЦУМС-7,23,3,21,2 та інші.

Слід відзначити головних інженерів цих організацій.Наприклад Іваніцького С.Ф.(ТЦУМС-7), який сприяв швидкій і якісній розробці дослідної зони АСТЕ на Україні, та активно приймав участь в розробці технічних засобів і системи.

Рішення прийняті і узгоджені конструктором МЗ Союзу та начальниками відділів ЦНДІЗ- Поповою Н.Е., Головановим В.О., начальником відділу Київського відділення – Бондаренком В.Г. досить швидко реалізовувались на первинній мережі. В Україні була побудована дослідна зона АСТЕ в складі мережних вузлів Обухів, Житомир, Рівно, Новоград-Волинський, Коростишів, Чорнобиль, Немирів відповідно технічного проекту КВ ЦНДІЗ та ТЦУМС-7.Метою реалізації дослідної зони було відпрацювання взаємодії між рівнями АСТЕ-СТО-ІІІ та ВПУ, СОУ-УПУ, між ТЦУМС-7 і ТЦУМС-2. З цієї тематики було проведено багато засідань конструкторату МЗ Союзу, більше девяти Союзних конференцій і семінарів. Відображення проведених робіт з розробки АСТЕ та дослідної зони, крім офіційних проектів та ТЗ і актів, викладені в ряді брошур, виданих товариством “Знання” України[21] . Для реалізації дослідної зони КВ ЦНДІЗ разом з ТЦУМС-7 було розроблено та виготовлено більш 20 типів обладнання, приладів, апаратури. Дослідна зона була здана Державній комісії МЗ з високою оцінкою в 1983 році. При ліквідації наслідків Чорнобильської катастрофи, завдяки заздалегідь проведеній автоматизації, вдалося ліквідувати змінну роботу в Чорнобильській зоні, а експлуатацію проводити виїздами тільки у денний час.

В наступні роки в ТЦУМС-2,3,6,7,8,9,10,12,23 і інших були запроваджені елементи АСОТУ для вирішення оперативно - технічних завдань. В процесі запровадження були вироблені та випробувані концептуальні питання автоматизації технічної експлуатації ПМ, відпрацьовані програмно – технічні засоби, що реалізували функції контролю в ІІ, передавання даних між рівнями управління ІІІ-УПУ, УПУ-ТЦУМС.

Аналіз результатів дослідної експлуатації АСОТО і АСОТУ(АСТЕ) підтвердили необхідність розробки єдиної системи технічного обслуговування і управління ПМ та застосування їх на аналогових і цифрових мережах, як на магістральних так і на внутрішньо-зонових ПМ, включаючи узгодження систем управління ПМ з системами управління вторинними мережами. Подальші роботи виконувались у таких напрямках:

- нарощування функцій обслуговування, експлуатації та управління мережі;
- коригування розподілу функцій за рівнями;
- побудова сумісних інформаційних моделей бази даних для різних рівнів управління;
- розробка інформаційної моделі що охоплює опис та кодування об'єктів управління, відповідні формати, реквізити, тощо;
- створення мережі ПД на принципах комутації каналів в відповідності з рекомендаціями МСЕ-Т X-25;
- реалізація систем в комп'ютерному варіанті з використанням локальних мереж.

В кінці 80-х та на початку 90-х років промисловістю засобів зв'язку Міністерства зв'язку СРСР та дослідним підприємством КВ ЦНДІЗ були виконана низка розробок та здійснено їх серійний випуск, що було необхідно для реалізації АСТЕ на ПМ. Це програмно – технічний комплекс Контур, УНК, Мультиплексор, УКРО, ФОКУС, АТОЛ, Контраст, КСС та інші. Коротка характеристика цих пристроїв приведена в [7]. Вони вироблялись серійно, дослідним заводом КВ ЦНДІЗ.

Відповідно узгоджених з ЦНДІЗ та його Київським відділенням технічним вимогам промисловістю (НПО “Дальсвязь”) була розроблена система контролю для нового покоління уніфікованого кінцевого обладнання апаратури ОКА для аналогових систем.

В 1988 КВ ЦНДІЗ було завершено розробку і здано комісії МЗ Союзу діючі макети комплексу технічних засобів секції технічного обслуговування об'єктів цифрової зони, які потім були встановлені на дослідній цифровій зоні ЦНДІЗ в Литві і Білорусії і успішно пройшли випробування.

Опубліковані в 1988 році Рекомендації МСЕ-Т серії М-30, що визначили концепцію ТМН, підтвердили правильність основних напрямків створення АСТЕ в складі АСОТО та АСОТУ і дослідних зон.

Подальший розвиток робіт був направлений на розширення застосування АСТЕ (АСОТО, АСОТУ) інтеграцій функцій та слідування міжнародним стандартам при розробці архітектури, протоколів та інтерфейсів системи.

В останні роки на магістральних і внутрішньо-зонових мережах широко вводяться в експлуатацію ЦСП СЦІ та електронні системи комутації різних зарубіжних фірм, що оснащені елементами управління та обслуговування мереж з врахуванням рекомендацій МСЕ-Т та відповідних принципам TMN.

Оскільки закупівля обладнання СЦІ для різних магістралей велась у різних фірм, то постало завдання створення інтегрованої системи управління для обладнання різних фірм.

Накопичений досвід експлуатації вітчизняних та зарубіжних систем управління утворило необхідну платформу, що дозволить в подальшому упевнено будувати системи управління елементами мережі і складними мережами в цілому. Правда, важливо щоб подальші роботи по створенню систем управління мережами ЄНСЗУ виконувалось на основі вітчизняного програмного продукту, бо інакше вирішення питань інформаційної безпеки та технологічної залежності в подальшому може суттєво ускладнитись.

Нижче розглянемо загальні положення АСТЕ первинної мережі та організацію управління первинної магістральної мережі електрозв'язку і сучасні напрямки її розвитку.

4.2. Загальні положення автоматизованої системи технічної експлуатації первинної мережі

Автоматизована система технічної експлуатації (АСТЕ) первинної мережі повинна забезпечувати вирішення комплексу завдань, зв'язаних з плануванням, введенням в експлуатацію, оперативно-технічним управлінням, технічним обслуговуванням, відновленням працездатності, надаванням трактів і каналів передавання вторинним мережам та іншим користувачам з урахуванням необхідної взаємодії з операторами інших мереж. АСТЕ повинна будуватися за територіально-ієрархічними принципами з використанням існуючих організаційних структур технічної експлуатації первинної мережі.

АСТЕ первинної мережі на сучасному етапі повинна розвиватися на принципах розподіленої мережі управління електрозв'язком (МУЕЗ, англійська абревіатура - TMN), яка створюється згідно відповідних рекомендацій серії М Міжнародного союзу електрозв'язку-сектору телекомунікацій (МСЕ-Т). Для надання споживачам більш якісних послуг зв'язку і для оптимального використання ресурсів існуючих мереж оператори повинні контролювати і управляти своїми мережами в реальному масштабі

часу, виконувати технічне обслуговування (усувати пошкодження) мереж в установлені терміни.

При побудові АСТЕ необхідно використовувати принципи концепції МУЕЗ (TMN), які визначені в рекомендації М.3010 МСЕ-Т.

Основними складовими частинами АСТЕ є :

- операційні системи;
- робочі станції;
- мережа передавання даних.

Операційні системи забезпечують виконання функцій АСТЕ з оброблення, зберігання і пошуку управляючої та іншої інформації.

Робочі станції забезпечують взаємодію технічного персоналу первинної мережі між собою та з мережею оперативно-технічного управління. В якості робочих станцій використовуються стандартні або спеціалізовані комп'ютерні комплекси.

Мережа передавання даних призначена для організації зв'язку між мережними елементами, робочими станціями, операційними системами та іншими компонентами АСТЕ.

З функціональної точки зору АСТЕ повинна мати самостійну виділену мережу, яка взаємодіє з первинною мережею по стандартних стиках для одержання інформації, управління роботою первинної мережі, виконання технічного обслуговування та інших завдань АСТЕ.

Основним принципом побудови АСТЕ у відповідності з прийнятою концепцією МСЕ-Т є забезпечення загальної архітектури для обміну інформацією по стандартних стиках.

Загальна архітектура АСТЕ має три основних аспекти:

- функціональну архітектуру;
- інформаційну архітектуру;
- фізичну архітектуру.

Функціональна архітектура описує необхідний розподіл функцій в межах АСТЕ з метою створення функціональних блоків, з яких може бути сформована мережа технічної експлуатації (управління) електровз'язком будь-якої складності. Визначення номенклатури функціональних блоків і точок взаємодії між ними може виконуватися операторами. Взаємодія між функціональними блоками визначає специфікацію рекомендованих концепцією МСЕ-Т стандартних стиків.

Інформаційна архітектура АСТЕ, яка заснована на об'єктно-орієнтованому підході для погодженого обміну інформацією технічної експлуатації (управління) при взаємодії АСТЕ з первинною мережею, яка підлягає управлінню і обслуговуванню, дає логічне обґрунтування інформаційної моделі управління ресурсами первинної мережі.

Фізична архітектура АСТЕ описує реалізовані стики і варіанти технічних і програмних засобів, на основі яких будується АСТЕ.

На кожному рівні технічної експлуатації функції по управлінню та обслуговуванню повинні виконуватися визначеними організаційно-технічними структурами в обсязі, необхідному для вирішення конкретних задач.

АСТЕ повинна будуватися за ієрархічним принципом, який показаний на рис. 4.1.

Для цілей технічного обслуговування мережі функціональність управління АСТЕ може розглядатися розділеною на рівні:

- управління елементами мережі;
- управління мережею;
- управління послугами;
- управління бізнесом.

Кожний указаний рівень обмежує процеси управління та обслуговування у визначених межах, має свою інформаційну модель і структуру і взаємодіє з іншими рівнями.

АСТЕ повинна охоплювати всі функціональні області технічної експлуатації (управління) мережами, які забезпечують підтримку оператора в його діяльності, а також технічну експлуатацію (управління) мережами в надзвичайних ситуаціях. Згідно рекомендації М.3010 МСЕ-Т до основних функціональних областей управління (технічної експлуатації) мережами відносяться:

- управління конфігурацією (планування, формування і розвиток управляємої мережі, установлення і введення в експлуатацію нового обладнання, установлення та змінювання з'єднань між елементами мережі, надавання мережних ресурсів користувачам і т.ін.);
- управління усуненням несправностей (виявлення, локалізація, реєстрація і усунення несправностей і т.д.);

- управління якістю передавання (збір, оброблення, реєстрація, зберігання і відображення статистичних даних про функціонування мережі і її елементів, аналіз якісних показників і т.д.);

- управління розрахунками (збір і облік надаваних послуг зв'язку, нарахування плати за їх використання, підготовка, розсилання і контроль



оплачування рахунків і т.д.);

- управління захистом інформації (забезпечення конфіденційності та цілісності передаваної інформації, видавання сигналів тривоги в разі несанкціонованого доступу до інформації і т.д.).

Рис.4.1. Інформаційна структура АСТЕ

Фізична реалізація функцій АСТЕ для первинної мережі незалежно від використовуваних технологій перетворення інформації (ПЦІ, СЦІ, і т. ін.)

виявляється у відповідній функціональній ієрархії операційних систем для рівнів управління, які показані в цьому розділі.

Викладені основні положення АСТЕ на основі концепції серії М МСЕ-Т в найбільшій мірі реалізуються при створенні АСТЕ первинної мережі, яка оснащена сучасними технічними засобами електрозв'язку, включаючи ЦСП ПЦІ і ЦСП СЦІ. В МСЕ-Т розроблені рекомендації щодо використання архітектури АСТЕ для управління і технічного обслуговування різноманітних типів мереж, які оснащені необхідними стилями МСЕ-Т. Враховуючи, що до теперішнього часу на первинній мережі працює значна кількість АСП і ЦСП з ІКМ, для взаємодії з такими мережними елементами в АСТЕ передбачається використання спеціальних пристроїв взаємодії, коли це економічно виправдано.

Конкретна побудова АСТЕ первинної мережі визначається оператором мережі в залежності від розмірів мережі і інших умов і повинна здійснюватися за територіально- ієрархічним принципом[1,2,3].

Всі рівні АСТЕ первинної мережі повинні оснащуватися програмно-технічним комплексом) ПТК.

Кожний ієрархічний рівень АСТЕ повинен мати базу даних своєї зони обслуговування для виконання всіх функцій, які покладені на даний рівень АСТЕ.

Взаємодія між ієрархічними рівнями АСТЕ повинна здійснюватися за допомогою каналів службового телефонного зв'язку та інформаційної мережі передавання даних, яка повинна бути захищена від несанкціонованого доступу.

4.3.Управління первинною магістральною мережею електрозв'язку

Мережі електрозв'язку України перебувають на стадії реконструкції, інтенсивно будуються цифрові мережі замість існуючих аналогових. З появою цифрових мереж зростає актуальність створення автоматизованих систем управління мережами зв'язку, тому що принципи, покладені у будову цифрових систем передачі, забезпечують можливість ефективного управління цифровими мережами.

Відповідно з рекомендаціями МСЕ-Т сучасні автоматизовані системи управління ґрунтуються на концепції мережі управління телекомунікаціями (TMN). Взаємодія між такими системами управління здійснюється на рівні центру управління мережами зв'язку (ЦУМЗ) по інтерфейсу X, що передбачений рекомендацією МСЕ-Т М.3010 для взаємодії між незалежними системами управління.

Системи управління, що побудовані у відповідності с принципами TMN та взаємодії відкритих систем (OSI), дозволяють відносно легко розширювати їх функції управління з появою нових задач та об'єктів управління.

Структурна схема автоматизованої системи управління телекомунікаціями, що побудована за принципами TMN, наведена на рис.4.2.

Система управління телекомунікаціями (СУТ) складається з мережі передавання даних, центра управління мережами зв'язку (ЦУМЗ) і систем управління окремими мережами.

До складу ЦУМЗ входить операційна система (Operations System), робочі станції служб оперативно-технічного управління (ОТУ) і служб технічного обслуговування (ТО).

Взаємодія з управління мережами зв'язку здійснюється за допомогою операційної системи ЦУМЗ по інтерфейсу Q_3 або X (Q_3 – інтерфейс для взаємодії рівня управління елементами мережі з рівнем управління мережею, X – інтерфейс незалежних систем управління).

У наведеному вище вигляді система управління СУТ ще не реалізована, маються лише окремі фрагменти, і будуть потрібні роки для її створення. Однак конструкція системи, її архітектура мають модульну побудову, що дозволяє створювати систему поетапно, помодульно. Важливо, щоб кожен модуль задовольняв вимогам у частині поєднання з зовнішніми стосовно нього модулями.

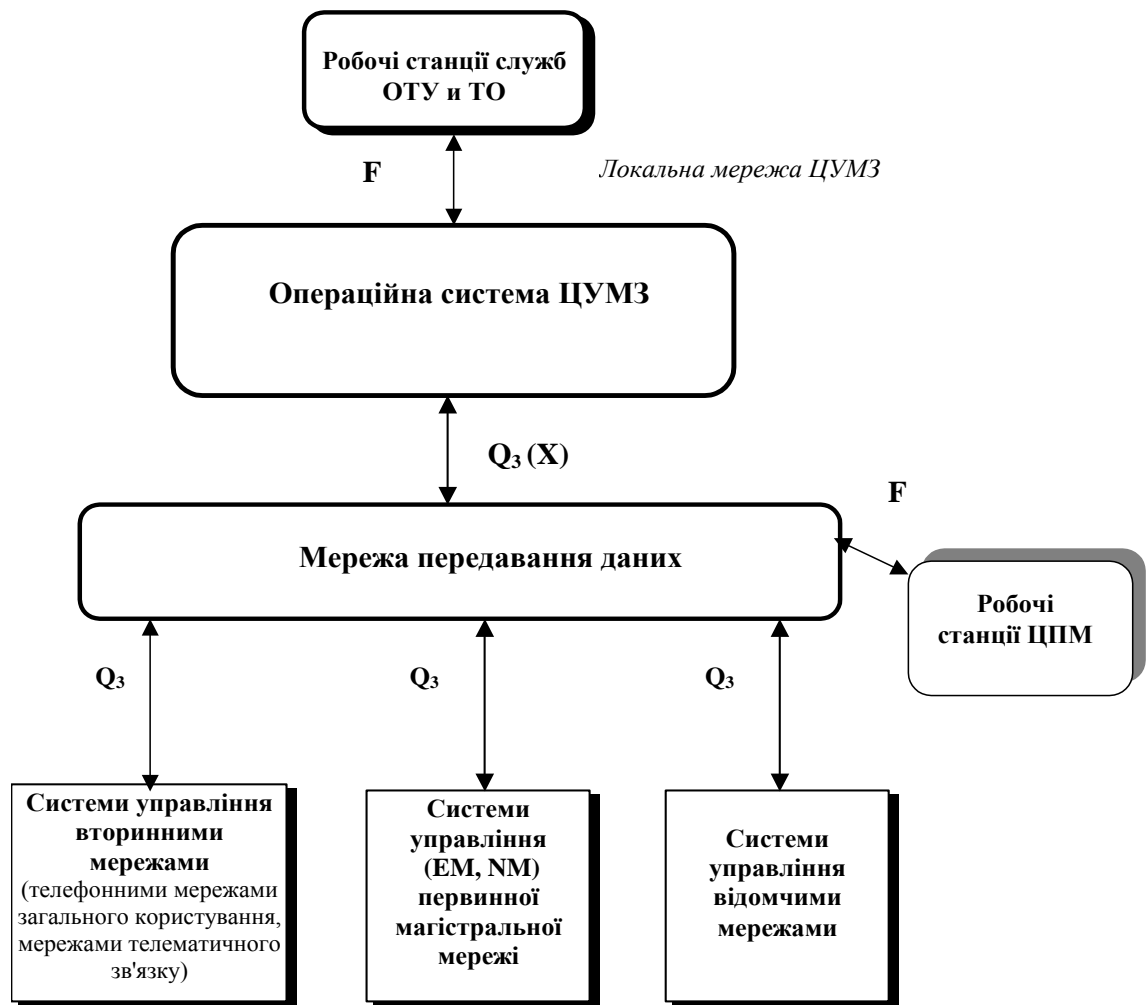


Рис.4.2 Структурна схема системи управління телекомунікаціями

В даний час автоматизована взаємодія між системами управління різних мереж відсутня, тому на перших етапах створення системи управління взаємодію пропонується здійснювати за допомогою спеціальних пристроїв – моніторів взаємодії (МВ). Функції посередницького пристрою (Mediation Device) в цьому випадку буде виконувати людина.

На першій стадії створення системи управління телекомунікаціями пропонується провести роботи із створення системи управління цифровою первинною магістральною мережею електрозв'язку (СУ ЦМПМ). Об'єктами управління на першій стадії є мережі, побудовані за технологією синхронної цифрової ієрархії (SDH).

Заголовки цифрових потоків STM і віртуальних контейнерів несуть інформацію про стан цих потоків. Ця обставина дає можливість контролювати стан транзитних трактів систем передачі SDH різних фірм-виробників. Це особливо важливо при транзитах цифрових потоків на кордонах держав, а також коли відбувається транзит цифрових потоків з

однієї системи передачі SDH в іншу. елементів мережі здійснюється за допомогою вбудованих підсистем управління EMS (Element Management System).

Система управління елементами мережі являє собою розподілену обчислювальну мережу з центром управління. Кожен мультиплексор має мікропроцесорний контролер, що забезпечує функції контролю і управління. Усі мікропроцесорні контролери підключені до локальної мережі управління. Приклад архітектури EMS наведений на рис.4.3.

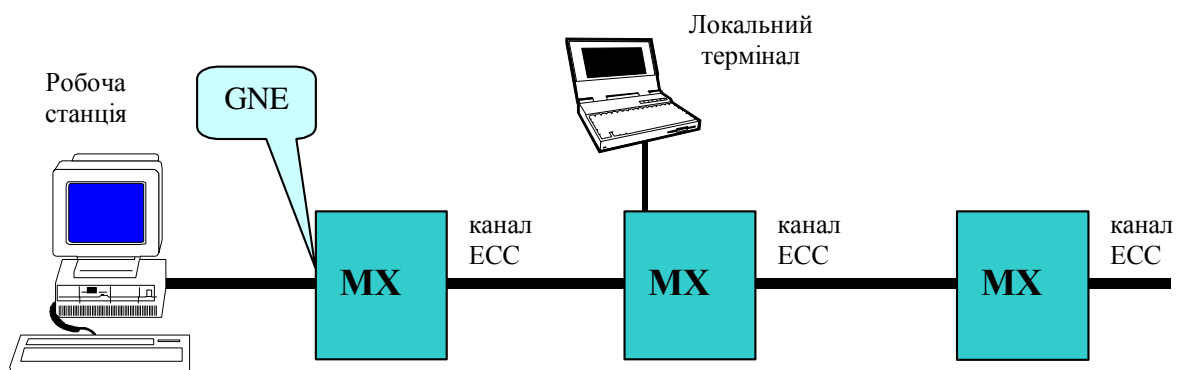


Рис.4.3 Фізична архітектура EMS

Управління елементами мережі (мультиплексорами MX) виконується за допомогою мережі передавання даних, яка реалізована у вбудованому каналі управління ECC. Фізичним рівнем цього каналу є канал DCC.

Для організації каналу DCC використовуються байти D1–D3 заголовку регенераторної секції (192кбіт/с) і байти D4–D12 заголовку мультиплексорної секції (576кбіт/с).

Взаємодія рівня елементів мережі (NE) з робочою станцією здійснюється за допомогою інтерфейсу Q_x. Робоча станція підключається до мережних елементів за допомогою локальної мережі Ethernet через перехідний елемент (GNE), що встановлюється на одному з мультиплексорів мережі.

Функції операційної системи EMS і робочої станції (WS) реалізовані на одному обчислювальному комплексі, існує також можливість підключення X-терміналів до мережі Ethernet. За допомогою X-терміналів можна організувати додаткові робочі місця операторів EMS.

У випадках пошкодження EMS, для виконання операцій управління і технічного обслуговування на вузлах зв'язку використовуються локальні термінали, що безпосередньо підключаються до NE.

Функціональність EMS визначена в рекомендаціях МСЕ-T G.784. EMS виконують наступні функції управління NE:

- формування і відображення інформації про стан обладнання;
- контроль стану вхідних цифрових потоків;
- автоматичне переключення на резерв устаткування, джерел синхронізації, цифрових потоків, оптичних агрегатів, зміна напрямку передачі при аварії лінійного тракту;
- установка шлейфів для забезпечення тестування систем передачі;
- установка конфігурації NE і мережі SDH, адрес елементів у мережі Q_x, резервування трибів, резервування лінійних трактів і оптичних агрегатів, пріоритетів резервування джерел синхронізації;
- локалізація пошкоджень;
- спостереження за якістю роботи;
- самодіагностика системи управління;
- захист від несанкціонованого доступу до інформації і до управління шляхом встановлення різних рівнів доступу.

В даний час на ринку телекомунікацій з'явилися системи управління, що мають набір функцій рівня управління мережею. Це забезпечує управління під мережею мережних елементів, що підключені до цієї системи, в тому числі:

- автоматичне формування трас проходження трактів;
- автоматичне формування альтернативних трас.

Автоматичне формування трас може здійснюватися з урахуванням заданих параметрів: довжини, завантаженості мультиплексорної секції (25%, 50%, 75% або 100%), через які елементи повинна (або не повинна) проходити траса та інше. Відображення конфігурації мережі і її стану здійснюється в графічному режимі.

Одна система управління може забезпечити управління підмережею, що складається з 256 і більше елементів мережі.

В цілому функціональність систем управління мережними елементами (EMS) відповідає рекомендації ITU-T G.784, але алгоритми, по яким реалізуються ці функції, не завжди є оптимальними. У зв'язку з цим

EMS, що діють на первинній мережі, мають ряд істотних недоліків, які утруднюють експлуатацію й управління мережами SDH.

Системи управління мережними елементами EMS не є автоматичними, людині приходиться дуже часто приймати рішення щодо управління елементами мережі. Наприклад, усі рішення з локалізації пошкоджень приймає людина. Тому процес автоматизації взаємодії з рівнем управління мережею утруднений.

Крім того, не вирішений ряд організаційних питань, пов'язаних з тим, що програмне забезпечення систем управління мережними елементами недоступне користувачам цих систем. Тому супроводження і вдосконалювання програмного забезпечення EMS утруднено. Оператор мережі знаходиться в постійній залежності від постачальника програмного забезпечення і обладнання.

На першій стадії створення СУ ЦМППМ будуть вирішені наступні задачі:

- створення операційної системи управління мережею з застосуванням сучасних програмних і технічних засобів;
- автоматична взаємодія операційної системи управління мережею із системами управління підмережею SDH і системами управління елементами мережі.

Вирішення цих задач дозволить підвищити оперативність управління мережею.

Для того, щоб розпочати практичні роботи з розробки СУ ЦМППМ, необхідно створити програмно-технічний комплекс, що буде забезпечувати розробку, налагодження і супроводження прикладного програмного забезпечення СУ ЦМППМ.

При створенні СУ ЦМППМ виникає проблема реалізації автоматичної взаємодії між рівнем управління мережею і рівнем управління елементами мережі по інтерфейсу Q₃. Ця проблема обумовлена наступними причинами:

- управління елементами мережі здійснюється за допомогою систем управління від різних виробників;
- роботи зі створення операційної системи управління мережею не проводилися; не відпрацьовані прикладні функції управління і функції обміну інформацією по інтерфейсу Q₃.

- існуючі на мережі EMS SDH не забезпечують автоматичної локалізації пошкодження, тому не в змозі автоматично, без участі людини, передавати повідомлення про зміну стану елементів мережі.

Що стосується інтерфейсу Q₃, то його розробка не може бути практично здійснена, якщо не буде існувати операційна система управління мережею.

Розробка СУ ЦМППМ і її інтерфейсів має проводитися в наступній послідовності:

- розробка програмного забезпечення функціональних модулів операційної системи управління мережею;
- розробка програмного забезпечення моніторів взаємодії;
- відпрацювання взаємодії операційної системи управління мережею з рівнем управління елементами мережі за допомогою моніторів взаємодії;
- узгодження інформаційної моделі операційної системи з інформаційними моделями систем управління елементами мережі різних виробників з метою забезпечення сумісності інформаційних моделей у частині ідентифікації об'єктів управління, структури і форматів повідомлень, що передаються у процесі взаємодії;
- вирішення питань сумісності програмно-технічних засобів;
- узгодження інтерфейсів і протоколів взаємодії;
- налагодження взаємодії по інтерфейсу Q₃;

розробка технічних вимог до інтерфейсу Q₃.

- Управління сучасними цифровими системами на рівні

Перша черга системи управління СУ ЦМППМ забезпечує управління мережею, що побудована на обладнанні систем передачі SDH.

Визначається склад, функціональне призначення і принципи взаємодії елементів системи управління СУ ЦМППМ.

До складу СУ ЦМППМ входять(рис.4.4):

- центр управління мережами зв'язку (ЦУМЗ). Одна з операційних систем ЦУМЗ виконує функції управління цифровими первинними магістральними мережами зв'язку;
- центр технічної експлуатації (ЦТЕ);

- робочі станції центрів первинної мережі (ЦПМ);
- робочі станції регіональних центрів управління (РЦУ);
- мережа передавання даних.

Взаємодія при управлінні первинною магістральною мережею SDN показана на рис.4.4.

Взаємодія ЦУМЗ із ЦТЕ та робочими станціями РЦУ і ЦПМ здійснюється мережею передавання даних.

Взаємодія між складовими частинами СУ ЦПМС здійснюється за допомогою інтерфейсів TMN:

F – інтерфейс взаємодії ЦУМЗ із робочими станціями РЦУ і ЦПМ;

Q₃ – інтерфейс взаємодії ЦУМЗ із центром технічної експлуатації (ЦТЕ).

До складу ЦУМЗ входять:

- сервер операційної системи управління цифровою первинною мережею;
- робочі станції підрозділів ЦУМЗ;
- локальна обчислювальна мережа ЦУМЗ.

Локальна обчислювальна мережа ЦУМЗ забезпечує взаємодію робочих станцій підрозділів ЦУМЗ із сервером операційної системи управління мережею.

Взаємодія операційної системи управління мережею з віддаленими об'єктами СУ ЦПМС здійснюється по мережі передавання даних з використанням локальної обчислювальної мережі ЦУМЗ.

Для виконання функцій управління мережею і технічним обслуговуванням до операційної системи управління мережею підключені робочі станції наступних підрозділів ЦУМЗ:

- оперативного управління первинною мережею;
- формування первинної мережі;
- організації орендованих зв'язків;
- технологічного забезпечення;
- супроводження інформаційних систем.

Операційна система ЦУМЗ при взаємодії по мережі передавання даних із ЦТЕ і робочими станціями підрозділів ЦУМЗ і дирекції первинної мережі (ДПМ) повинна забезпечити виконання наступних загальних функцій управління первинною мережею і технічним обслуговуванням:

- збирання й обробка інформації про стан первинної мережі;
- облік і аналіз якості роботи первинної мережі;

- формування і розвиток первинної мережі за результатами аналізу і прогнозування розвитку вторинних мереж;
- управління конфігурацією первинної мережі у випадках надання трактів і каналів в оренду за заявками споживачів;
- управління конфігурацією первинної мережі в аварійних ситуаціях;
- резервування трактів при пошкодженні основних (захист трактів);
- управління проведенням ремонтно-налагоджувальних робіт (РНР);
- формування планів резервування;
- координування робіт при впровадженні планів резервування;
- координування планових і непланових РНР, контрольних вимірів і ремонтно-відновлювальних робіт;

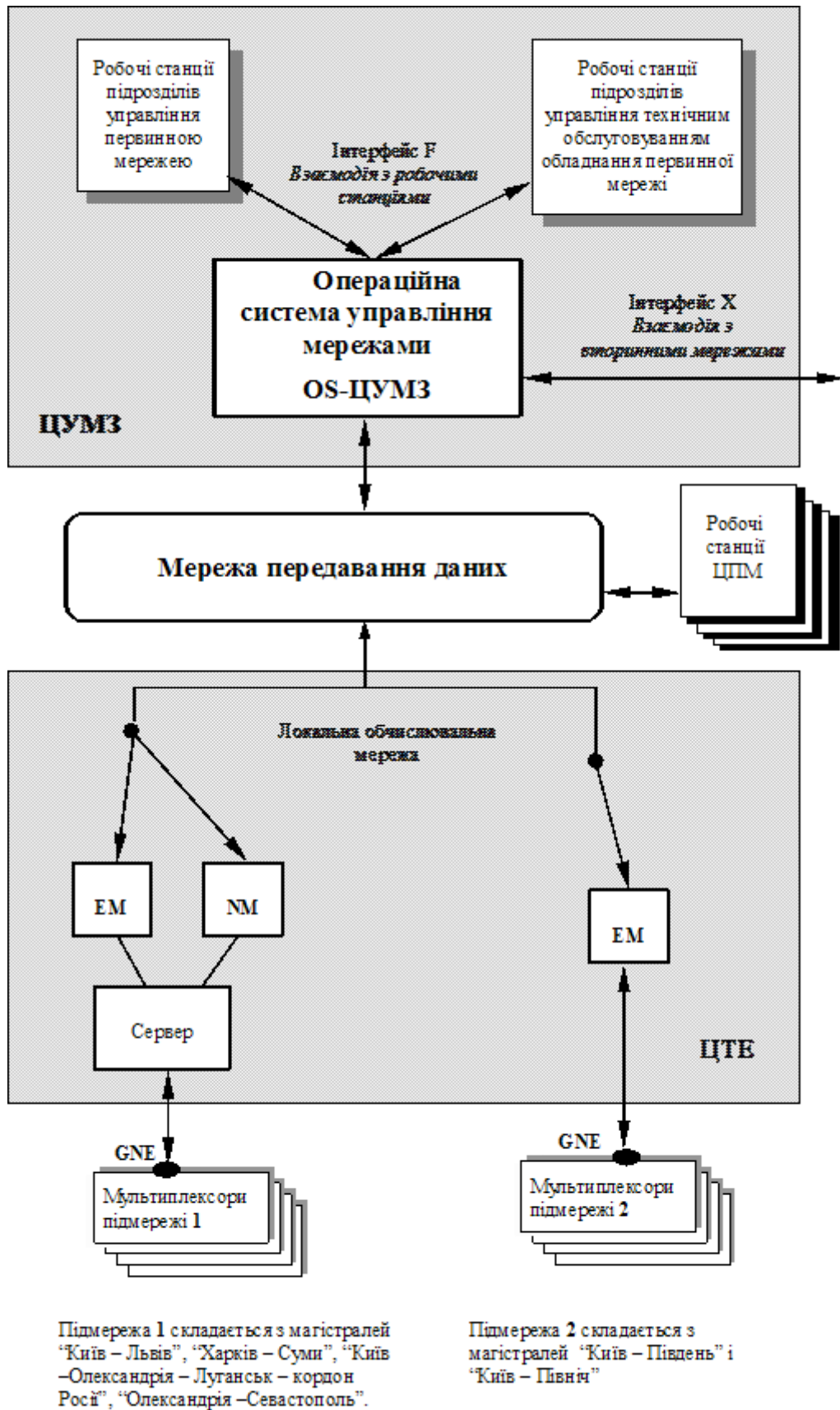


Рис.4.4 Система управління первинною мережею SDH (перша черга)

- оповіщення зацікавлених споживачів про аварії і перебудові на первинній мережі;
- ведення архівів стану мережі;
- надання довідкових даних про стан мережі, про вузли зв'язку (станції), про плани резервування, про ремонтно-налагоджувальні та профілактичні роботи, про наявність резервних трактів і каналів, про устаткування, контрольно-вимірювальну техніку, про автотранспорт та ін.
- взаємодія з робочими станціями ЦУМЗ по інтерфейсу F;
- взаємодія з ЦТЕ по інтерфейсу Q₃.
- захист від несанкціонованого доступу.

Основні функції управління технічним обслуговуванням первинної мережі:

- збирання і обробка інформації про стан обладнання систем передач первинної мережі;
- облік і аналіз якості роботи обладнання систем передачі первинної мережі;
- ведення архівів стану обладнання;
- одержання довідкових даних про лінії передачі, лінійні і мережні тракти, про вузли зв'язку (станції), про обладнання (паспортні дані), про наявність запасних пристроїв і блоків обладнання систем передачі, про наявність вимірювальної техніки, про транспортні засоби, про ремонтні бригади та ін.;
- управління ремонтно-налагоджувальними роботами (РНР);
- управління ремонтно-відновлювальними роботами в аварійних ситуаціях;
- взаємодія з робочими станціями центра технічного обслуговування по інтерфейсу F;
- захист від несанкціонованого доступу.

Робочі станції системи управління первинною магістральною мережею при взаємодії з OS-ЦУМЗ виконують наступні загальні функції:

- введення команд оператора;
- виведення інформації на екран;
- редагування інформації, що вводиться оператором, перевірка її синтаксису і семантики, розпізнавання і перевірка достовірності введення;
- підтримка інтерфейсу людина-машина з використанням сучасних технологій (графічне відображення, піктограми, вікна, меню, підказки, контекстні довідки).

Операційна система OS-ЦУМЗ повинна забезпечити інтеграцію всіх мережних елементів у єдину систему управління мережею. Функції

управління ОС-ЦУМЗ повинні відбивати специфіку управління первинною магістральною мережею України.

Для вирішення цієї проблеми необхідно забезпечити узгодження інформаційних моделей між вбудованими NM і OS.

На рис.4.5 позначені функціональні блоки ОС-ЦУМЗ, що розробляються з залученням представників фірм-постачальників обладнання.

У нинішній час багато закордонних компаній пропонують програмно-апаратні засоби, платформи, що забезпечують прискорення розробки та впровадження автоматизованих систем управління мережами зв'язку.

Наприклад, створення автоматизованих систем управління мережами зв'язку може бути здійснене за допомогою програмних продуктів компанії Hewlett Packard і Sykora Gmb.

Інтегровані рішення цих компаній дозволяють створити автоматизовані систем управління мережами зв'язку, побудованих на обладнанні різних виробників систем передачі, вирішити питання автоматичної локалізації пошкоджень, автоматизації технічного обліку, планування, проектування мережі й інших задач.

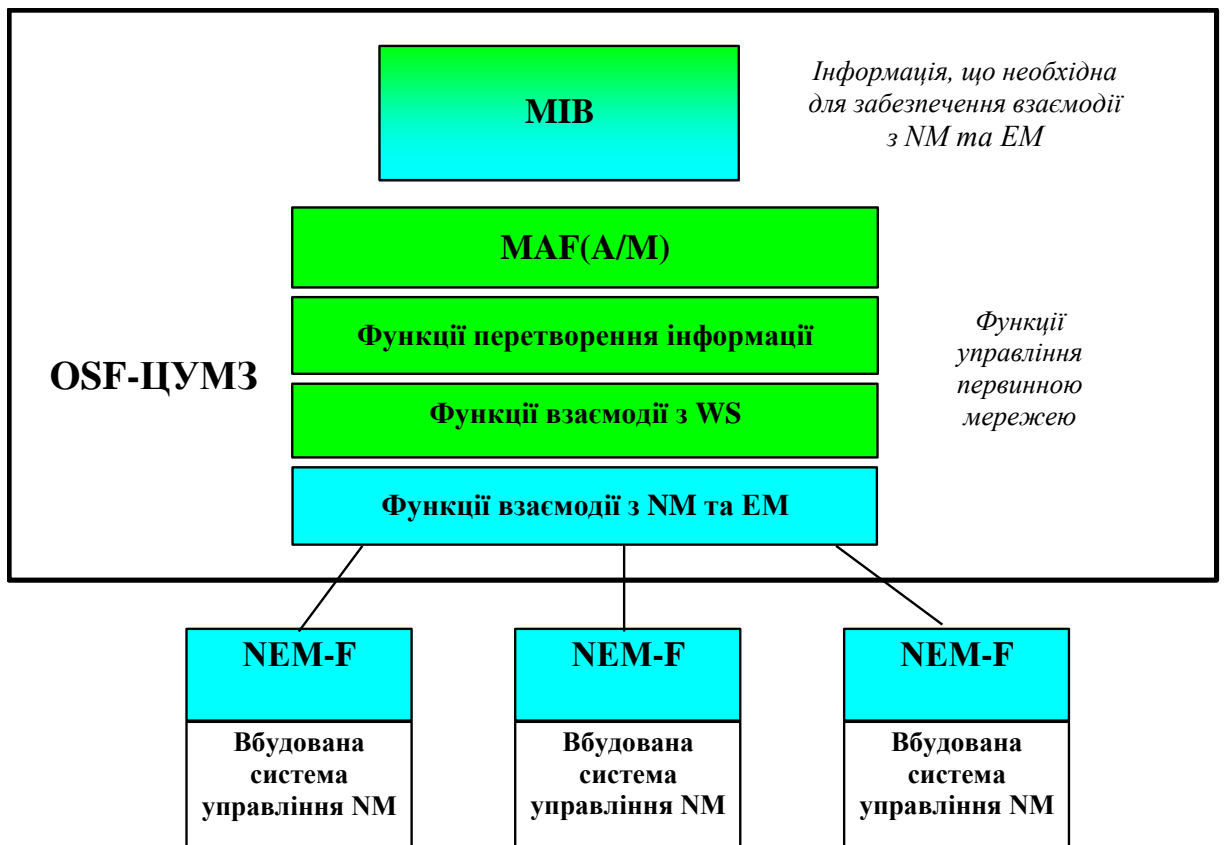
Застосування географічних інформаційних систем (ГІС) дозволить автоматизувати процес управління й обслуговування первинної мережі.

Слід зазначити, що будь-яка система управління вимагає постійного удосконалювання і супроводження, тому всі програмні продукти повинні бути доступні операторам, які обслуговують систему управління. Невиконання цих умов приведе до повної залежності від виробників програмних продуктів.

Створення автоматизованої системи управління доцільно проводити по етапах.

Перший етап створення СУ ЦПМС вирішить задачу створення операційної системи управління мережею з застосуванням сучасних програмних і технічних засобів, що дозволить у значній мірі автоматизувати процеси оперативного управління мережею і привести їх у відповідність з рекомендаціями ІТУ-Т.

Другий етап створення СУ ЦПМС забезпечить автоматична взаємодія рівня управління мережею і рівня управління



- Функціональні блоки, що розробляються спільно з представниками фірм-постачальників.
- Функціональні блоки, що розробляються без залучення фірм-постачальників.

МІВ – база даних інформації управління (Management Information Base).

Рис. 4.5. Функціональні блоки OS-ЦУСС

Завдання оператора найбільш ефективну стратегію інтеграції системи мережного управління (СМУ), що забезпечуватиме співіснування стандартних і нестандартних мережних інтерфейсів і використання різних засобів інформаційних технологій на всіх етапах проектування автоматизованих систем (високо рівневі прикладні програмні інтерфейси засобів інтеграції доступу до даних, засоби людино-машинних інтерфейсів).

4.4. СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ МЕРЕЖАМИ DWDM

4.4.1 WDM, ЯК ОБ'ЄКТ УПРАВЛІННЯ

Загальні положення

Існує кілька способів збільшення пропускну здатності в системах передачі інформації. Більшість подальшого нарощування інформаційної ємності систем передачі широко застосовується сполучення одночасно двох або більше методів. В останні роки термін «ущільнення» заміняють терміном «мультиплексування», що в перекладі з англійського означає приблизно те ж саме. Стосовно волоконно-оптичних систем методи ущільнення групових інформаційних потоків можна розділити на два типи: електронне ущільнення й оптичне ущільнення. Більшість із методів ущільнення знаходить широке застосування в сучасних системах зв'язку.

Основи технології спектрального ущільнення були закладені в 1958 році, ще до появи самої волоконної оптики. Однак пройшло біля 20 років, перш ніж були створені перші елементи оптичних мультиплексних систем. Першочергово вони створювались для лабораторних дослідів, і лише в 1980 році технологія спектрального ущільнення була запропонована для телекомунікацій. А ще через п'ять років в дослідницькому центрі компанії AT&T була реалізована технологія щільного спектрального мультиплексування DWDM, коли вдалося в одному оптичному волокні створити 10 каналів по 2 Гбіт/с.

Активне застосування в сучасних системах зв'язку технологій спектрального (частотного) мультиплексування каналів - мультиплексування з поділом по довжині хвилі і щільного мультиплексування з поділом по довжинах хвиль (dense wavelength division multiplexing - DWDM) почалося в 1996 році. Саме в той час був переборений терабітний бар'єр передачі даних по одному волокну, коли компанії AT&T, Fujitsu і NTT успішно продемонстрували рекордну пропускну здатність, мультиплексувавши в одне волокно 55 DWDM – каналів, при швидкості передачі на канал 20 Гбіт/с, що забезпечило сумарну швидкість 1,1 Тбіт/с. А організація All-Optical Networking Consortium повідомила про можливість збільшити пропускну спроможність до 4 Тбіт/с, об'єднуючи 40 каналів по 100 Гбіт/с кожний.

Потім були створені оптичні комутатори спектральних каналів (Optical Crossconnect - ОХС), що забезпечують комутацію набору оптичних каналів «кожного з кожним», і основні елементи мережі, що дозволяють не перетворювати оптичні сигнали в електронні для їхньої адресації й зворотного перетворення в оптичні.

Спочатку спектральне ущільнення використовувалося головним чином на лініях зв'язку великої довжини, де в першу чергу було

потрібно збільшення пропускної здатності без додаткової прокладки волокна. Процедура додавання каналів за допомогою технології WDM, як відомо, не вимагає заміни існуючого волокна і є природним етапом розвитку операторської мережі. Тому, що потреба абонентів у пропускній здатності каналів зв'язку постійно росте, а характер переданої інформації внаслідок активної реалізації нових сервісів в останні роки інтенсивно змінюється, технологія WDM почала широко застосовуватися операторами далекого зв'язку. Сьогодні вже очевидно, що технологія WDM забезпечує найбільш швидкий і рентабельний, з погляду собівартості, спосіб розширення смуги пропускання волоконно-оптичних ліній і мереж зв'язку.

Перші системи WDM мали два канали у вікнах прозорості 1330 і 1550 нм. Потім з'явилися 4-канальні системи, з відстанню між каналами 8-10 нм у вікні 1550 нм. В подальшому "гонка за лідерство" між розробниками й виробниками компонентів WDM призвела до розробки технології щільного хвильового мультиплексування DWDM (Dense WDM) і появи систем з 8, 16, 32, 64 каналами. У цей час стандартною відстанню між каналами вважається 0,8 нм.

Як відбувається процес мультиплексування з поділом по довжині хвилі? Подібно тому, як видиме людським оком світло складається з різних кольорів, на які можна його розкласти, а потім знову зібрати, так і переданий за технологією WDM світловий потік, складається з різноманітних довжин хвиль (λ).

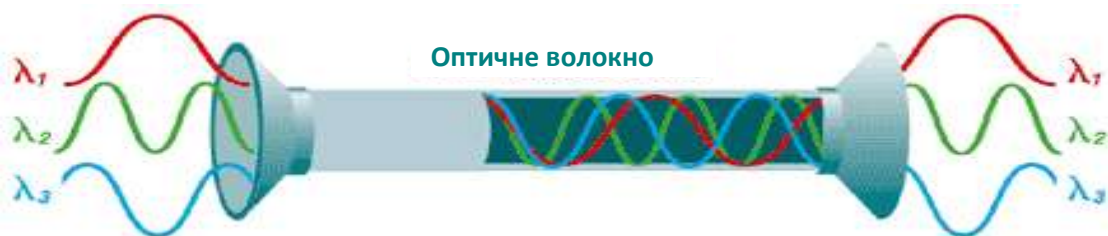


Рисунок 4.6 – Передача інформаційних потоків за технологією WDM

Тобто по одному волокну можна передавати більше сотні стандартних каналів.

Наприклад, така апаратура, що використовується при побудові DWDM-мережі Компанії Транстелеком, у максимальній конфігурації дозволяє задіяти до 160 довжин хвиль.

Принципова схема DWDM досить проста. Для того щоб організувати в одному волокні кілька оптичних каналів сигнали SDH

"зафарбовують", тобто міняють оптичну довжину хвилі для кожного такого сигналу. "Зафарбовані" сигнали змішуються за допомогою мультиплексора й передаються в оптичну лінію. У кінцевому пункті відбувається зворотна операція - "зафарбовані" сигнали SDH виділяються із групового сигналу й передаються споживачеві.

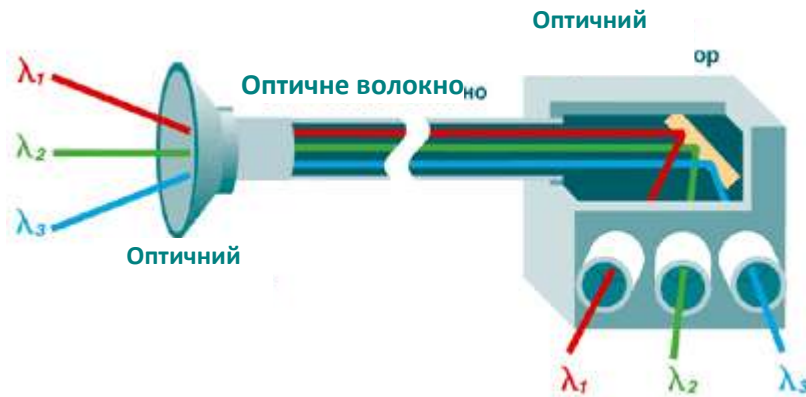


Рисунок 4.7 – Фрагмент схеми передачі даних за допомогою DWDM

Для того щоб передавати по одному волокну безліч хвильових потоків, технологія DWDM забезпечена устаткуванням особливої точності. Так, погрішність довжини хвилі, що забезпечує стандартний лазер, застосований у телекомунікаціях, приблизно в сто разів менше, ніж потрібно в системі DWDM.

Кожний лазерний передавач у системі DWDM видає сигнал на одній із заданих частот. Всі ці сигнали (канали) необхідно мультиплексувати (об'єднати один з одним) у єдиний складений сигнал. Пристрій, що виконує цю функцію, називається оптичним мультиплексором MUX (або OM). Аналогічний пристрій на іншому кінці лінії зв'язку розділяє складений сигнал на окремі канали й називається оптичним демультимплексором DEMUX (або OD). На відміну від систем TDM, у яких подібні операції ущільнення каналів відбуваються в часовій області, де основна увага приділяється точності синхронізації приймача й передавача, у системах WDM мультиплексуванню й

демультиплексуванню піддаються спектральні компоненти окремих сигналів, характеристики яких завжди відомі заздалегідь.

Оптичне мультиплексування й демультиплексування засноване на комбінованих або розташованих послідовно один за одним вузькополосних фільтрах. Зокрема, для фільтрації застосовують тонкоплівчасті фільтри, волоконні або об'ємні бреггівські дифракційні решітки, зварені біконічні волоконні розгалужувачі, фільтри на основі рідких кристалів, пристрої інтегральної оптики (матриці фазових хвильоводних дифракційних решіток або фазарів).

На даний час найбільше розповсюдження отримали пристрої оптичного мультиплексування й демультиплексування з частотним інтервалом між окремими каналами 100 ГГц (~0,8 нм), найбільш розповсюджений в існуючих системах WDM. Мультиплексні пристрої, що почали з'являтися останнім часом надають змогу забезпечити велику щільність розташування каналів з частотним інтервалом 50 ГГц и менше. При подальшому збільшенні щільності розташування каналів в системах DWDM и збільшенні жорсткості вимог до оптичних пристроїв MUX/DEMUX, скоріше за все, почне змінюватись й спектр, що використовуються.

При проходженні по оптичному волокну сигнал поступово згасає. Для того щоб його підсилити, використовуються оптичні підсилювачі. Це дозволяє передавати дані на відстані до 4000 км без перетворення оптичного сигналу в електричний (для порівняння, в SDH ця відстань не перевищує 200 км).



Tx – передавач; Rx – приймач; EDFA – оптичний підсилювач.

Рисунок 4.8 - Схема передачі даних за допомогою DWDM

Переваги DWDM очевидні. Ця технологія дозволяє одержати найбільш масштабний і рентабельний спосіб розширення смуги пропускання волоконно-оптичних каналів у сотні разів. Пропускнуну здатність оптичних ліній на основі систем DWDM можна нарощувати, поступово додаючи відповідно розвитку мережі у вже існуюче обладнання нові оптичні канали.

Хоча теоретичні основи технології DWDM дуже прості, технічна реалізація ідеї стикається із значними труднощами. Досягти її комерційного рівня дозволили розробка широкосмугових оптичних підсилювачів на основі оптичного волокна, легованого ербієм (Erbium Doped Fiber Amplifier - EDFA), і достатньо точних хвильових демультиплексорів.

Зараз існує декілька методів демультиплексування, або виділення каналів. Як приклад розглянемо (схематично) оптично-волоконні решітки Брегга.

Волоконна бреггівська решітка – це, оптичний інтерферометр, вбудований у волокно. Волокно, леговане деякими речовинами (найчастіше германієм), може змінювати свій показник преломлення під впливом ультрафіолетового світла. Якщо опромінити таке волокно ультрафіолетовим випромінюванням з деякою просторовою періодичною структурою, то волокно перетворюється на дифракційну решітку. Другими словами, це волокно буде практично повністю відбивати світло певного, наперед заданого діапазону довжин хвиль, и пропускати світло усіх інших довжин хвиль.

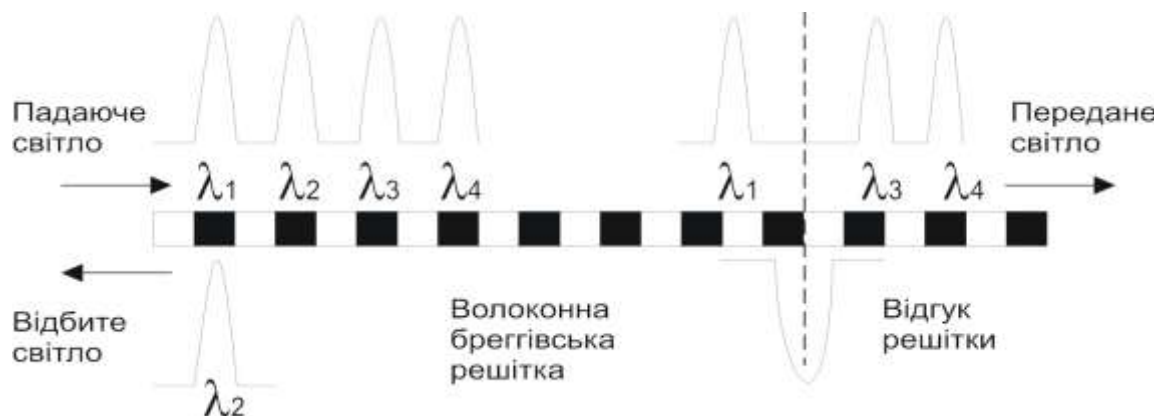


Рисунок 4.9 – Волоконна бреггівська решітка виділяє із складеного сигналу канал певної довжини хвилі

Якщо структура не цілком періодична, і період модуляції її показника переломлення змінюється монотонно (відбувається чирпирування), то виходить дифракційна решітка з лінійно змінюючимся періодом. Такі решітки використовуються для компенсації хроматичної дисперсії у волоконній лінії зв'язку або для корекції чирпированого сигналу лазерного джерела.

Центральна довжина хвилі фільтра на основі регулярної волоконної бреггівської решітки визначається її періодом, смуга пропускання обернено пропорційна її довжині. Ці параметри залежать від температури, тому такі фільтри повинні бути поміщені в термостат або інший пристрій, що контролює температуру.

Волоконна брегівська решітка може використовуватися як оптичний фільтр у пристроях мультиплексування й демультіплексування, як компенсатор хроматичної дисперсії, або в комбінації із циркуляторами в мультиплексорах вводу/виводу каналів (Рис.4.9,4.10).

В мультиплексорах вводу/виводу каналів волоконна брегівська решітка може використовуватися разом з двома циркуляторами, іноді використовуються в пасивних компонентах систем DWDM самі по собі. Зі сторони порту вводу каналу циркулятор виділяє відбиту хвилю та направляє її в порт виводу (рис.4.10 , ліворуч). Зі сторони порту вводу циркулятор додає в складений сигнал, що передається один канал на тій же довжині хвилі, що була виділена (рис.4.10, праворуч).

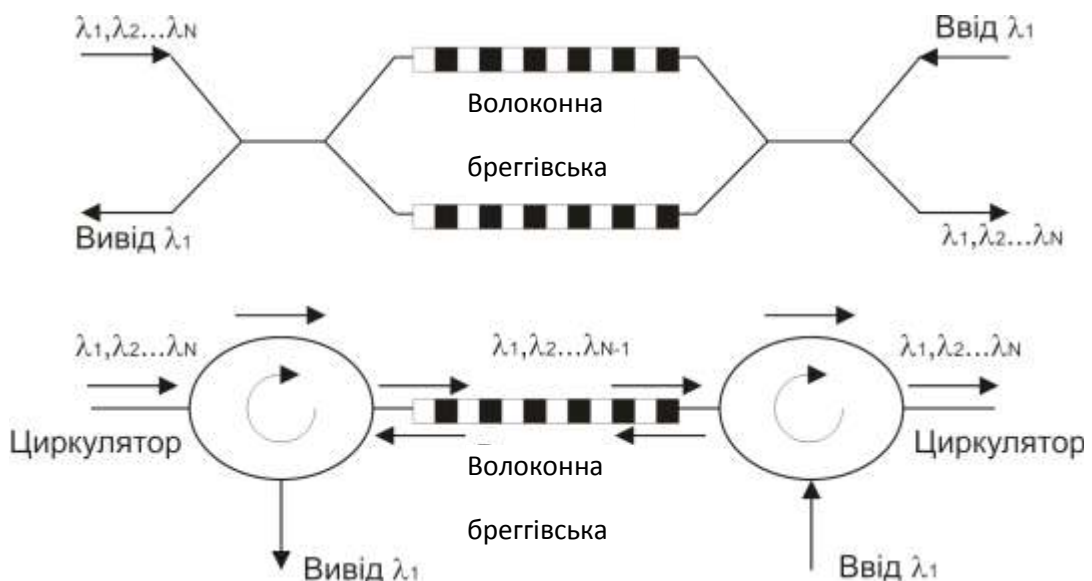


Рисунок 4.10 – Використання волоконних брегівських решіток в мультиплексорах вводу/виводу каналів.

Такі пристрої нерідко використовуються на межі між магістральним каналом и мережею міського або регіонального масштабу. В магістральному каналі зазвичай дуже багато довжин хвиль, на відміну від міських або регіональних мереж де довжин хвиль набагато менше.

Волоконні брегівські решітки в останній час також почали використовуватись у пристроях мультиплексування й демультиплексування разом з інтерферометрами типу Маха-Цендера та в комбінації з іншими типами фільтрів.

Наряду з мультиплексорами й демультиплексорами, розглянута технологія вузькосмугової фільтрації оптичних каналів також використовується для вирівнювання спектра сигналу перед підсилювачами EDFA, для стабілізації довжини хвилі й у хвильових стабілізаторах.

Брегівські решітки є ділянкою волокна, в серцевині якого коефіцієнт заломлення безперервно і періодично змінюється. Ці зміни можна викликати дією ультрафіолетового випромінювання, що прикладається за допомогою інтерферометра або фазової маски. Таким чином одержують просторові дифракційні решітки, що дають змогу дозволити головні максимуми дифракційної картини для кожної з довжин хвиль. Встановивши відповідну матрицю світлоприймачів, виділяють канали з складового сигналу.

Впровадження нових технологій (розробки широкосмугових оптичних підсилювачів та методів демультиплексування) стало основою для побудови комерційно доступних оптично-волоконних транспортних систем. Проте їх широкому розповсюдженню сприяла розробка оптичного мультиплексора введення-виведення каналів (Optical Add-Drop Multiplexer - OADM), за допомогою якого можна було ввести або виділити низькошвидкісний канал, не виконуючи при цьому повного демультиплексування сигналу. Такий мультиплексор встановлюється в будь-якому місці між терміналами. Комерційні пристрої дозволяли виводити або вводити до чотирьох кана ОС-48/STM-16. Особливо підходять OADM у разі чарункової мережі або кільцевої топології, що використовується для підвищення живучості.

На рисунку 4.11 наведено модель взаємодії транспортних систем.

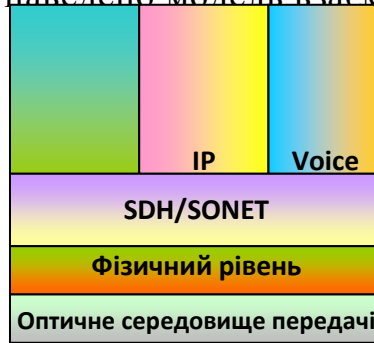


Рис.4.11 - Модель взаємодії систем без DWDM

До появи WDM багаторівнева модель взаємодії технологій передачі сигналу в глобальних мережах, що використовують як транспорт SDH/SONET, складалася з середовища передачі (оптичного волокна) і трьох рівнів (рисунок 4.11). Для передачі трафіку пакети верхнього рівня інкапсулювалися в транспортні модулі STM (Synchronous Transport Module) стандарту SDH або в транспортні сигнали STS стандарту SONET, які потім через відповідний фізичний інтерфейс поступали в оптичне середовище передачі.

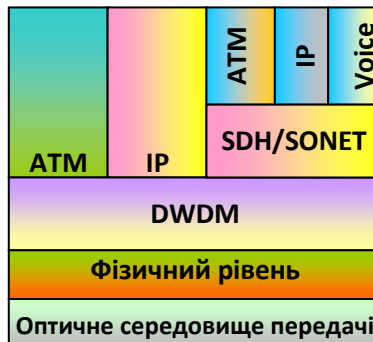


Рисунок 4.12 - Модель взаємодії систем з використанням DWDM

Технологія WDM дещо змінила вид моделі (рисунок.4.12). Тепер осередки ATM і пакети IP вже не вимагають обов'язкової інкапсуляції в блоки STM/STS, що спрощує їх обробку. Безумовно, для збереження спадкоємності традиційних моделей взаємодії ці види трафіку можуть передаватися за допомогою WDM з використанням SDH/SONET як проміжного рівня. Таким чином, DWDM дозволяє надавати послуги, такі, як відео і мультимедіа, як IP-трафік поверх ATM, так і голос поверх SDH/SONET. Не дивлячись на те що ці три формати володіють різними можливостями по управлінню смугою пропускання, всі вони можуть бути передані поверх оптичного рівня DWDM.

Що стосується області вживання DWDM, то, як і для будь якої нової технології, вона постійно розширюється. Цьому сприяють її

сумісність з інстальованою базою оптичного волокна, а також прозорість з існуючими протоколами.

В системі WDM/DWDM сигнали різних довжин хвиль, що генеруються одним або декількома оптичними передавачами, об'єднуються мультиплексором в багаточастотний складений оптичний сигнал, який розповсюджується далі по одномодовому ОВ. При великій протяжності ВОЛЗ в ній встановлюється один або декілька оптичних підсилювачів (ОП). Демультиплексор виділяє з складеного оптичного сигналу початкові частотні канали і направляє їх на відповідні фотоприймачі.

На проміжних вузлах лінії деякі оптичні канали можуть бути додані або виділені з складеного оптичного сигналу за допомогою оптичних мультиплексорів введення-виведення або систем крос-комутації (ОСКК/ОССС - Optical Cross-Connect System) оптичних каналів.

В системах WDM/DWDM застосовують цілком певні діапазони довжин хвиль оптичного випромінювання в межах стандартизованих Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ-Т) діапазонів для різних видів стандартних одномодових волокон.

Технології DWDM, на відміну від WDM, в якій звичайно використовуються друге і третє вікна прозорості ОВ на довжинах хвиль 1310 нм і 1550 нм (О- і С-діапазони відповідно) або додатково в межах області довжин хвиль 1650 нм (L-діапазон), притаманні дві важливі особливості:

- використання тільки одного вікна прозорості волокна - 1550 нм в межах області довжин хвиль 1530 - 1565 нм (С-діапазон), відповідної максимальному підсиленню волоконних ОП, легованих іонами ербію;

- малий інтервал довжини хвилі між мультиплексними оптичними каналами, зазвичай рівний 3,2 / 1,6 / 0,8 або 0,4 нм.

Саме ці особливості систем DWDM з урахуванням вживання спеціально розроблених одномодових ОВ, ОП, пристроїв компенсації дисперсії і сучасних ЦСП СЦІ/SDH забезпечують максимально високу смугу пропускання і граничну дальність передачі для систем спектрального ущільнення оптичних каналів у високошвидкісних мережах зв'язку.

Пропускна спроможність оптичних ліній на основі систем WDM/DWDM можна нарощувати поступово додаючи по мірі розвитку мережі нові оптичні канали. Вживання волоконних ОП дозволяє створювати повністю оптичні мережі, в яких обробка сигналу електронними компонентами відбувається тільки на початковій і кінцевій точках мережі. Кожний канал електрозв'язку, створений ЦСП СЦІ/SDH відповідного рівня ієрархії (STM-16/64/256), обробляється в системі WDM/DWDM як окремий канал на окремій довжині хвилі, завдяки чому велика частина існуючого мережного устаткування мереж СЦІ/SDH може безпосередньо включатися до складу систем WDM/DWDM. Це дозволяє понизити початкові витрати для установки систем WDM/DWDM в існуючу мережу мереж СЦІ/SDH.

Структура систем WDM/DWDM.

В загальному випадку система WDM/DWDM складається з декількох оптичних передавачів, оптичного мультиплексора, одного або декількох ОП (звичайно це ОП на основі волокна, легованого іонами ербію - EDFA - Erbium Doped Fiber Amplifier), апаратура ЦСП СЦІ/SDH, волоконної лінії зв'язку, оптичного демультимплексора і відповідного числа фотоприймачів, а також відповідного електронного устаткування і системи управління мережею. В системах WDM/DWDM як джерела випромінювання застосовують високостабільні одномодові напівпровідникові лазери з надвузкою спектральною лінією генерації і внутрішньою або зовнішньою модуляцією оптичної несучої частоти.

Така система включає наступні основні блоки: оптичні транспондери (приймачі-передавачі із стабільними по частоті джерелами оптичного випромінювання для перетворення оптичного сигналу ЦСП в сигнал оптичного каналу системи DWDM), оптичні мультиплексори/демультимплексори, ОП потужності або оптичні підсилювачі у складі апаратури DWDM, лінійні ОП (ОПЛ), встановлювані в лінії зв'язку. Така система спільно з волоконними ОП EDFA забезпечує дальність передачі понад 200 км.

Оптичні мультиплексори систем DWDM розраховані на роботу з великим числом N оптичних каналів ($N > 32$) із певними довжинами хвиль і забезпечують можливість мультиплексування (демультимплексування) одночасно як всіх оптичних каналів, так і введення/виведення одного або декількох із загального оптичного потоку з великим числом каналів.

Порівняння систем спектрального і тимчасового ущільнення. В технології TDM апаратура ЦСП СЦІ/SDH приймає синхронні і асинхронні електричні сигнали (звичайно рівня E1 (2 Мбіт/с) або E3 (34 Мбіт/с) і мультиплексує їх в єдиний сигнал - транспортний модуль рівня STM-N, який має швидкість передачі $155 \times N$ Мбіт/с ($N=1, 4, 16, 64, 256$) і може бути представлений як електричним (E), так і оптичним (O) сигналом.

При цьому в ЦСП СЦІ/SDH забезпечується взаємне перетворення електричних і оптичних сигналів по схемі E/O або O/E/O, а по ОВ розповсюджується оптичний сигнал на одній довжині хвилі, що містить безліч каналів ЦСП.

В мережі на основі систем TDM основну увагу надається точності синхронізації приймача і передавача. В технології WDM/DWDM апаратура приймає безліч оптичних сигналів і мультиплексує їх по довжині хвилі. При цьому відсутнє перетворення сигналу і використовується безліч довжин хвиль (оптичних каналів) в одному оптичному волокні. Важливе відмітити, що на кожній довжині хвилі в системі WDM/DWDM може передаватися сигнал систем TDM (СЦІ/SDH), що містить певне, достатньо велике число цифрових каналів.

В технології TDM забезпечується передача по оптичній лінії або мережі зв'язку на одній довжині хвилі безлічі цифрових каналів, різнорідних по типу даних, що передаються. При цьому можливе як синхронне часове мультиплексування (SyTDM - Synchronous Time Division Multiplexing), так і статистичне мультиплексування (StTDM - Statistical Time Division Multiplexing) каналів. Мережі СЦІ/SDH передбачають використання синхронних мультиплексорів з часовим ущільненням каналів SyTDM для надання фіксованої смуги пропускання для виділених каналів незалежних послуг. Саме цей варіант технології TDM найбільш широко поширений і застосовується в ЦСП СЦІ/SDH.

Технологія TDM дозволяє збільшити пропускну спроможність лінії або мережі за рахунок збільшення швидкості передачі інформації в лінії зв'язку. Максимум швидкості передачі систем TDM (в межах фундаментальних обмежень самого ОВ) залежить від характеристик електронних компонентів, що використовуються, в апаратурі ЦСП. При цьому для кожного каналу, незалежно від його необхідної пропускну спроможності, використовується електронне устаткування, що має

пропускну спроможність не нижче за загальну пропускну спроможність лінії зв'язку. За допомогою технології TDM навряд чи буде досягнута сумарна швидкість передачі в лінії зв'язку, сумірна з пропускнуою спроможністю самого оптичного волокна.

В технології WDM/DWDM канали повністю незалежні, оскільки кожному з них відповідає своя довжина хвилі, а тому такі системи дають велику гнучкість в порівнянні з системами TDM. Технологія WDM/DWDM дозволяє без яких-небудь труднощів розділити лінію зв'язку на безліч оптичних каналів, тип трафіку і швидкість передачі в кожному з яких може істотно розрізнятися. Додавання нових оптичних каналів в існуючу систему WDM/DWDM не викликає особливих проблем.

При необхідності повну пропускну спроможність системи можна збільшити, просто додавши в існуючу систему WDM/DWDM декілька нових оптичних каналів. Технологія WDM/DWDM дозволяє досягти сумарної пропускнуої спроможності в лінії зв'язку, сумірного з пропускнуою спроможністю самого оптичного волокна.

В даний час пристрої DWDM впроваджують практично всі ведучі на ринку телекомунікацій компанії. Серед них Alcatel, Bosch, Ciena, Ericsson, Fujitsu, GPT-Siemens, Hitachi, Lucent, NEC, Nortel Networks, NTT. Їх можна розділити на дві групи. До першої відносяться компанії, традиційно випускаючі системи SDH/SONET (наприклад, Alcatel, Lucent, NEC, Nortel), до другої -- "новачки" (Ciena, Eonux, IBM, Osicom). Перші розробляють на базі технології DWDM транспортні засоби для глобальних мереж, тоді як другі працюють в секторі локальних або мереж масштабу міста (Metropolitan Area Networks - MAN).

В системах CWDM можуть одночасно діяти до 18 каналів й використовуватись одномодове, так і багатомодове волокна. У порівнянні з DWDM в системах CWDM довжина волоконних ліній та затрати на побудову мережі зазвичай на декілька разів менше. В останній час технологія CWDM отримує все більше розповсюдження, особливо у міських та регіональних мережах. В містах провайдери здійснюють модернізацію мережі на додачу до систем SDY/ATM/FR, що використовуються за допомогою системи CWDM. Саме вони можуть вирішити проблеми недостатності пропускнуої спроможності при збільшенні економічної ефективності використання мережі та мінімізації капітальних затрат на її побудову.

Міські та регіональні мережі являють собою найбільш розвинуті сегменти телекомунікаційного ринку та мають на увазі широке застосування для передачі даних великого спектру різноманітних протоколів, швидкостей і мережних топологій. Пристрої CWDM є “прозорими” для будь-якого типу й швидкості трафіку, що передається та мають змогу стати пов’язуючою ланкою між магістральною мережею та мережею доступу.

Термін CWDM використовувався раніше для позначення оптичних несучих з розносом 25 нм для передачі по багатохвильовому волокну в локальних мережах.

Стисла характеристика мережі WDM

Основним параметром в системах WDM/DWDM є відстань між сусідніми оптичними каналами по довжині хвилі випромінювання. Стандартизація оптичних каналів - основа взаємної сумісності устаткування різних виробників систем WDM/DWDM і подальшого його тестування в процесі наладки і експлуатації.

Системи WDM в даний час підрозділяють по числу оптичних каналів і відстані між оптичними каналами по частоті на три типи:

- ✓ звичайні системи CWDM;
- ✓ системи щільного спектрального мультиплексування DWDM;
- ✓ системи високощільного спектрального мультиплексування HDWDM (High Dense Wavelength Division Multiplexing).

В таблиці наведена одна з можливих класифікацій систем зі спектральним ущільненням (СУ). У відповідності з рекомендацією ITU-T G.694.2 в таблиці використані наступні позначення спектральних діапазонів:

- О - початковий, первинний (Original, 1260...1360 нм);
- Е - розширений (Extended, 1360...1460 нм);
- S - короткохвильовий (Short wavelength, 1460...1530 нм);
- С - звичайний, стандартний (Conventional, 1530...1570 нм);
- L - довгохвильовий (Long wavelength, 1570...1625 нм).

Таблиця 4.1- класифікація систем зі спектральним ущільненням

	CWDM, (Coarse WDM, грубе СУ)	DWDM, (Dense WDM, щільне СУ)	HDWDM, (High density WDM, СУ високої щільності)
Рознос довжин хвиль (частот) каналів	20 нм або 25 нм	< 1,6 нм (200 ГГц, 100 ГГц, 50 ГГц)	< 0,4 нм (25 ГГц, 12,5 ГГц)
Діапазони, що використовуються	O, E, S, C та L	S, C та L	C та L
Типове число каналів	18 максимальне	Десятки каналів (до декількох сотень)	Десятки каналів
Вартість каналу	Низька	Висока	Висока

В таблиці 4.1 наведені відомості про рознос довжин хвиль каналів у діапазонах, що використовуються для CWDM, DWDM, HDWDM, а також про типові кількості каналів, вартості каналу, відомості з спектральних діапазонів, встановлених редакцією ITU-T G.694.2 (O.E.S.C.L). В діапазоні “С” можна розташувати до 100 каналів використовуючи крок 0,4 нм, що при швидкості передачі в межах 2,5...10 Гбіт/с надає інформаційну місткість одного волокна 250...1000 Гбіт/с. З розвитком систем DWDM збільшується кількість каналів, що передаються, дальність передачі й швидкість у кожному каналі. Так, фірма NEC втілила одночасно передачу 273 каналів на відстані 117 км. Потік інформації, що передавався по одному волокну, склав 10,92 Тбіт/с.

До теперішнього часу відсутній стандарт на класифікацію систем WDM і немає точних меж розділу між ними, проте можна вслід за компаніями Alcatel і ECI Telecom провести класифікацію систем WDM таким чином:

- системи CWDM - системи спектрального ущільнення з тим, що рознесення оптичних каналів (оптичних несучих) по частоті $D_{\text{пн}} \geq 200$ ГГц і числом мультиплексуємих каналів $N \leq 16$;

- системи DWDM - системи щільного спектрального ущільнення з тим, що рознесення оптичних каналів по частоті $D_{\text{пн}} = 100$ ГГц і $N = 40$;

- системи HDWDM - системи високощільного спектрального ущільнення з тим, що розношення оптичних каналів по частоті $D_{\text{пн}} \leq 50$ ГГц і $N \geq 80$.

В цій класифікації число оптичних каналів N для кожного класу систем WDM достатньо умовне, проте частотний інтервал між каналами $D_{\text{пн}}$ є істотною характеристикою. Для систем HDWDM він вже досягає 50 ГГц, а в деяких експериментальних системах - 25 ГГц.

Частотний план МСЕ-Т - це набір стандартних частот на основі базової частоти $\nu = 13100$ ГГц. Стандартні частоти розташовуються вище і нижче за цю частоту з інтервалом в 100 ГГц. Максимально допустиме число оптичних каналів $N \leq 41$ для частотного інтервалу $D_{\text{пн}} = 100$ ГГц і $N \leq 81$ для частотного інтервалу $D_{\text{пн}} = 50$ ГГц. Проте ці показники вже перекриті рядом компаній, що проводять апаратуру DWDM з числом оптичних каналів $N = 160$ (Nortel, Lucent, Siemens) і $N = 256$ (Alcatel).

Реалізація тієї або іншої сітки частотного плану багато в чому залежить від типу оптичних підсилювачів, що використовуються, швидкості передачі в каналі - 2,4 (STM-16), 10 (STM-64), 40 Гбіт/с (STM-256) і впливи нелінійних ефектів у волокні. При цьому рівномірний розподіл оптичних каналів систем WDM дозволяє оптимізувати роботу оптичних транспондерів, перебудованих лазерів і інших пристроїв систем спектрального ущільнення в оптичній мережі зв'язку, а також полегшує можливість її подальшого нарощування.

Оптичний канал, що розноситься, визначається критерієм дозволу сусідніх оптичних каналів по довжині хвилі. Проте із зменшенням відстані між оптичними каналами зростає вплив ефекту чотирьоххвильового зміщення в ОВ лінії зв'язку, що обмежує максимальну довжину ділянки регенерації ВОЛС з системами WDM/DWDM.

По-друге, при зменшенні міжканального інтервалу до $D_{\text{пн}} \approx 4$ нм починають виявлятися обмеження по мультиплексуванню каналів більш високого рівня ієрархії ЦСП СЦІ/SDH (STM-64 і вище). Окрім цього, частотний інтервал $D_{\text{пн}} = 50$ ГГц накладає більш жорсткі вимоги до лазерів, мультиплексорів і інших компонентів апаратури, що веде до збільшення її вартості.

При цьому основним шляхом збільшення числа мультиплексуємих оптичних каналів в системах WDM/DWDM є розширення їх спектральної смуги. Збільшення робочої області спектру підсилення ОП EDFA за рахунок забезпечення більшої лінійності коефіцієнта підсилення у всьому С-діапазоні вже в даний час дозволило здійснити ущільнення і розділення до 160 каналів рівня STM-64 (10 Гбіт/с) з частотним інтервалом 100 ГГц і загальною місткістю смуги 1,6 Тбіт/с в розрахунку на одне ОБ.

Об'єкти та параметри мережі DWDM, якими необхідно управляти

До складу систем WDM/DWDM зазвичай входять наступні основні компоненти якими необхідно управляти і здійснювати моніторинг:

оптичні передавачі, джерела випромінювання, хвильові блокувачі, фотоприймачі, аттенюатори, оптичні комутатори, пристрої оптичної крос-комутації, пристрої уведення-виведення каналів, що адресуються, хвильові розгалужувачі, пристрої компенсації дисперсії, оптичні мультиплексори і демультимплексори, оптичні мультиплексори уведення-виведення каналів, оптичні підсилювачі.

Сучасні оптичні передавачі мають гібридну конструкцію. Лазери і інтегральні мікросхеми, що модулюють випромінювання, з'єднані в єдиний компактний модуль, що дозволяє досягти великих частот модуляції високої надійності. Таким модулем є електронно-оптичний перетворювач, в якому інтенсивність вихідного оптичного сигналу модулюється вхідним цифровим електричним сигналом. Передавач для одного оптичного каналу звичайно є лазером з розподіленим зворотним зв'язком (РІС) з вихідною потужністю в ОБ не менше 1 мВт (0 дБм) і оптичний модулятор (при частотах модуляції понад 2,5 ГГц - зовнішній).

Методами інтегральної оптики створені недорогі і зручні в експлуатації оптичні передаючі модулі, об'єднуючі в одному кристалі лазер, оптичний модулятор і напівпровідниковий ОП. Розроблені також оптичні передаючі модулі, об'єднуючі мультилазери, незалежно генеруючі сигнали на декількох довжинах хвиль, мультиплексор напівпровідниковий .

Модуль оптичного передавача з РОС-лазером звичайно містить також термоелектричний охолоджуючий пристрій для контролю температури, датчик температури, оптичний ізолятор і фотодіод для контролю рівня потужності. РОС-лазери вимагають жорсткого температурного контролю, оскільки довжина хвилі генерації дуже чутлива до зміни температури.

Для систем DWDM достатньо забезпечити на практиці температурну стабілізацію лазерів оптичних передавачів в межах $\pm 0,1^\circ\text{C}$, що дозволяє підтримувати стабільність довжини хвилі в межах $\pm 0,01$ нм. Ефективність промислових РОС-лазерів достатньо висока - вихідна потужність в 1 мВт в ОВ забезпечується при струмі накачування до 40 мА.

Оптичні підсилювачі EDFA на основі оптичного волокна, легованого іонами ербію, за останні декілька років провели революцію в оптичних системах зв'язку. Такі підсилювачі забезпечують безпосереднє посилення оптичних сигналів без перетворення їх в електричні сигнали і назад, володіють низьким рівнем шумів а їх робочий діапазон довжин хвиль практично відповідає вікну прозорості ОВ на основі плавленого кварцу.

Оптичний підсилювач EDFA складається з відрізка ОВ, легованого іонами ербію, в якому оптичні сигнали певних довжин хвиль можуть підсилюватися за рахунок енергії зовнішнього випромінювання накачування. В найпростіших конструкціях ОП EDFA посилення до необхідного рівня відбувається в достатньо вузькій смузі по довжині хвилі (≈ 40 нм) - приблизно від 1525 нм до 1565 нм. Цього вистачає для забезпечення посилення декількох десятків оптичних каналів систем WDM/DWDM. Як джерело випромінювання накачування служать лазери з довжиною хвилі 980 і 1480 нм, відповідної максимумам поглинання іонів ер

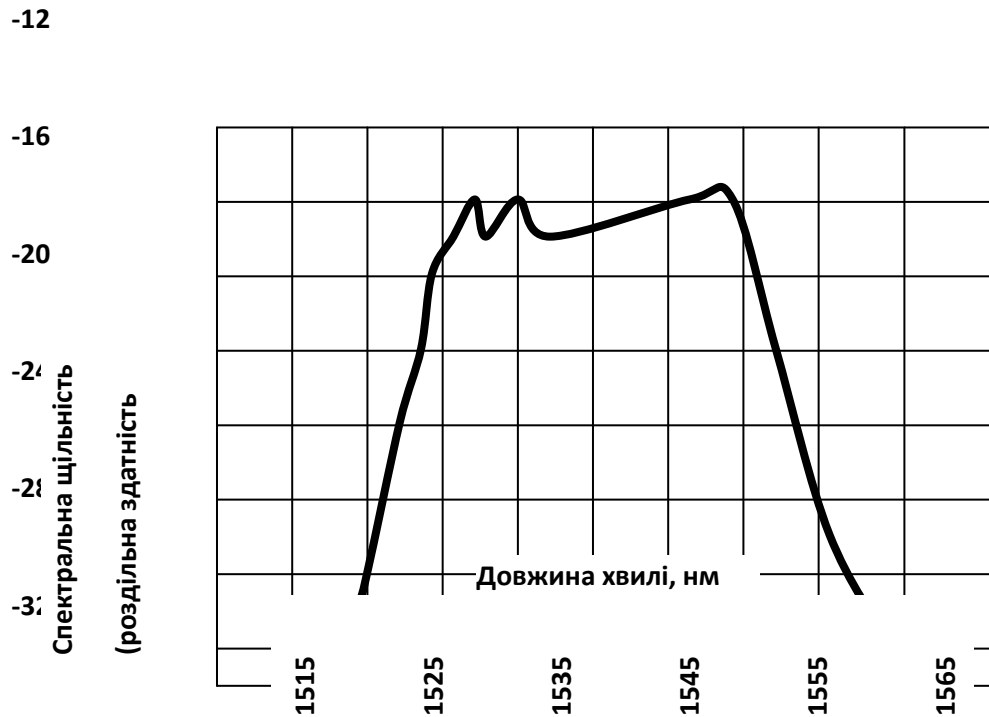


Рисунок 4.13 – Залежність коефіцієнта підсилення EDFA від довжини хвилі

Накачування на довжині хвилі $\lambda_n = 980$ нм більш ефективне і забезпечує більш низький рівень шумів ($\approx 3 - 5$ дБ). Проте, лазери накачування на $\lambda_n = 1480$ нм (хоча їх ефективність і складає 70 % в порівнянні з лазерами на $\lambda_n = 980$ нм), вважаються більш переважними, оскільки вони більш надійні, не вимагають жорсткого контролю довжини хвилі (випромінюють в більш широку смугу поглинання іонів ербію) і разом з тим дозволяють реалізувати достатньо низький рівень шумів підсилювача (≈ 5 дБ).

Звичайні електронні повторювачі, щоб відновити рівень сигналу на дальній лінії зв'язку, зчитують сигнал з волокна, перетворюють його в електричні імпульси підсилюють їх, перетворюють підсилений сигнал знов до оптичної форми й передають далі по лінії зв'язку. На відміну від них, підсилювачі EDFA цілком "прозорі" – не залежать від протоколів, що використовуються, форматів, швидкості передачі й (в межах вказаних вище обмежень) довжини хвиль оптичного сигналу. Оскільки підсилювачі EDFA незалежні від мережного протоколу, їх можна підключати безпосередньо до різноманітного обладнання – комутаторів АТМ або компонентів протоколу ІР – не хвилюючись, що вони будуть заважати один одному. Ця гнучкість –

найголовніша перевага використання їх в системах DWDM. Наряду з цим, при використанні підсилювачем EDFA потрібно брати до уваги їх неоднорідне спектральне підсилення та шум, що вноситься їми за рахунок підсиленої спонтанної емісії ASE (Amplified Spontaneous Emission). Мережі з підсилювачами EDFA мають численні переваги. Пропускную здатність таких мереж можна нарощувати економічно й поступово, додаючи нові канали при виникненні росту потреби.

Застосування підсилювачів EDFA дозволяє створювати цілком оптичні мережі, в яких обробка сигналу електронними компонентами здійснюється тільки у початковій (де інформація вперше потрапляє до мережі) та кінцевій (де інформація досягає кінцевого отримувача) точках мережі. Кожна лінія зв'язку рівня OC-48 (STM-16) обробляється в системі DWDM, як окремий канал на окремій довжині хвилі, завдяки чому більша частина існуючого мережного обладнання безпосередньо приєднується до систем DWDM. За рахунок цього початкова вартість вводу систем DWDM в експлуатацію досить низька.

Проблеми, що відносяться до оптичних підсилювачів і їх вживань в оптичних системах і мережах зв'язку, дуже широкий, а сама тема виходить за рамки справжнього огляду і вимагає окремого розгляду.

Методи побудови систем спектрального ущільнення. Докладний розгляд явищ і методів, що лежать в основі побудови систем спектрального мультиплексування і апаратури систем WDM/DWDM, охоплює різні напрями фізики і техніки і дуже обширно, що вимагає по суті окремого спеціального огляду. Тому обмежимося розглядом найпоширеніших систем і проведемо порівняльний аналіз основних широко вживаних методів і технологій спектрального ущільнення і розділення оптичних каналів стосовно промислових систем WDM/DWDM.

В пристроях спектрального мультиплексування/демультиплексування звичайно використовуються одноступінчаті тонкоплівкові фільтри, кожний з яких виділяє з складового сигналу (або додає в нього) один канал. Тонкоплівкові фільтри мають смугу пропускання, відповідну для використання їх в системах WDM з 16 або 32 каналами. В сучасних системах DWDM з більш щільним мультиплексуванням, що розташовує канали застосовуються інші технології.

В оптичних мультиплексорах і демультиплексорах об'ємні брегговські дифракційні решітки (ОБДР) використовують в комбінації з увігнутих фокусуючим дзеркалом і масивом (лінійкою) одномодових волокон по так званій схемі тривимірного оптичного мультиплексування

(ТОМУ). Не дивлячись на високу вартість і складність таких пристроїв, вносимі ними втрати практично не залежать від числа оптичних каналів, що робить цю технологію однією з найпривабливіших для вживання в системах DWDM з великим числом каналів.

В даний час інтегрально-оптичні технології застосовуються при виробництві оптичних розгалужувачів, комутаторів, модуляторів, оптичних хвилеводних підсилювачів, об'ємних брегівських дифракційних решіток, а також для створення масивів хвилеводних решіток (MBP/AWG - Array Waveguide Grating) для систем DWDM.

Масив таких хвилеводних решіток має спектральну характеристику, подібну інтерференційному фільтру. Він виконує функцію дифракційних решіток в інтегрально-оптичному мультиплексорі, що працює на принципі багатопортового інтерферометра Маха-Цендера. Ця технологія зараз стає основною для виробників мультиплексорів і демультимплексорів систем DWDM.

Порівняння технологій спектрального мультиплексування. Представляє інтерес порівняти основні методи побудови систем спектрального мультиплексування для промислових систем WDM/DWDM.

Видно, що вказані методи можуть бути використані при створенні систем DWDM і HDWDM. При цьому технологія ТОМУ (ОБДР) найбільшою мірою розроблялася як промислова технологія, а MBP/AWG, хоча і забезпечує рекордні показники по числу каналів, реалізовані на практиці, поки що залишається експериментальною розробкою.

Бурний зріст Інтернет-трафіку спонукав не менш бурхливі обговорення того, як підняти пропускну здатність мережної інфраструктури. Ніхто не сумнівається в тім, що якщо не прийняти термінових мір у цьому напрямку, мережі почнуть захлинатися трафіком, в "вузьких місцях" з'являться затори. Взагалі ж, немає сумнівів і в тім, що сучасні технології передачі даних самі по собі мають достатній потенціал для рішення прийдешніх і вже сьогоднішніх проблем. Магістралі зі швидкостями в сотні Гбіт/с уже не така рідкість, у всякому разі, у Північній Америці. Терабітні комутатори й мультиплексори вийшли зі стін лабораторій, їх пропонують багато виробників устаткування. Платите гроші, нарощуйте смугу пропускання, і все буде в порядку.

Все це справедливо з одним лише застереженням: міркуючи про основне, тобто створення інфраструктури, здатної впоратися зі стрімко зростаючими інформаційними потоками, не варто забувати про те, що йти до мети можна різними шляхами, платячи абсолютно різні гроші. Ідеальним було б рішення, що дозволяє при відносно невеликих інвестиціях на початковому етапі, нарощувати мережу в майбутньому без істотних перебудов мережі. Саме тут сильна сторона запатентованої технології, що з'явилася недавно на ринку, SWDM, орієнтованої головним чином на міські мережі. Але, щоб тверезо оцінити її можливості, і межі застосовності, варто згадати про переваги й недоліки конкуруючих технологій.

Завдання, які повинна вирішувати транспортна мережа зв'язку, відповідають трьом категоріям мереж:

- ✓ мережне ядро, що з'єднує міста, країни й континенти;
- ✓ міська транспортна мережа;
- ✓ мережа доступу.

Вимоги до пропускної здатності на рівні мережного ядра знаходяться у широкому діапазоні — від одиниць до сотень Гбіт/с. Нижня границя вимог характерна для країн, що розвиваються (до яких належить й Росія), а верхня - для таких регіонів, як Північна Америка (насамперед, США), Західна Європа і Японія. Для рівня міських мереж необхідні (залежно від регіону й масштабу міста) швидкості передачі в діапазоні від сотень Мбіт/с до десятків Гбіт/с. Для мереж доступу ма-ється на увазі пропускна здатність від одиниць до сотень Мбіт/с. При цьому кінцеві користувачі можуть підключатися до мережі доступу в діапазоні швидкостей від десятків кбіт/с до одиниць Мбіт/с.

Донедавна переважною технологією транспортного рівня й для ядра мережі, і для міської мережі була SDH/SONET. Поширення більше швидкісної - DWDM - почалося з тих магістралей, де збільшення смуги пропускання потрібно досягти за всяку ціну. Поступово ця нова технологія стала проникати й у менш швидкісний сектор ринку. Багато експертів думали, що DWDM витисне SDH/SONET і з міських мереж, однак цей процес іде зовсім не тими темпами, які очікувалися. У якомусь ступені результатом цієї затримки й стала поява SWDM, що полегшує й зменшує затрати на перехід до DWDM у міських мережах.

Selective WDM — селективне спектральне ущільнення — унікальна технологія Lucent, компроміс між SDH/SONET і DWDM. Ті самі вузли того самого волоконно-оптичного кільця підтримують і одноканальну передачу даних на довжині хвилі 1310 нм, і спектральне ущільнення в діапазоні 1550 нм. Усе в цілому працює як одна логічна мережа. Гнучке керування забезпечується на рівні лежачих над нею протоколів: TDM, ATM і IP, "сирі" дані можна розподіляти й розгалужувати на більш "тонкі" структуровані потоки.

Переваги SWDM особливо наочно розглянуті при порівнянні з швидкозростаючою мережею SDH/SONET. На початку, коли необхідна пропускна здатність невелика, застосування SDH/SONET здається виправданим, і смуги для передачі на довжині хвилі 1310 нм, що дозволяє розгорнути недороге рішення, досить. Але коли потреба в пропускній здатності різко зростає, нарощування системи можливо тільки за рахунок прокладки нових волоконних кабелів і підключення їх до нових пристроїв. У той же час пристроям SWDM, що успадковують властивості DWDM, не потрібні нові кабелі: все нарощування полягає в "включенні" ще однієї довжини хвилі, для чого може, якнайбільше, знадобитися підключити ще один модуль в існуючий пристрій. Але ця перевага не єдина, а в деяких випадках і не головне: іноді не менш важливо, що не відбувається ускладнення топології мережі, не погіршується її керованість і час, необхідний для нарощування, менший, ніж у випадку із системами SDH/SONET.

Наведемо приклад рішення, побудованого на базі устаткування SWDM. Уявимо мережу типового постачальника комунікаційних послуг. У його розпорядженні є оптично-волоконне кільце, що з'єднує розкидані по місту офіси із центральним офісом. Постачальник послуг планує надати своїм замовникам доступ у мережу за технологією xDSL. Він розраховує на різке збільшення трафіку, але прогнозувати його кількісно й оцінити, яка частина кільця буде зазнавати найбільше навантаження, оператор поки не в змозі. На першій фазі розвитку мережі його цілком улаштовують можливості, які дає передача даних на довжині хвилі 1310 нм, і ні про яку DWDM немає мови.

Через якийсь час один з вузлів мережі починає зазнавати підвищене навантаження. Перехід до DWDM стає необхідністю. Однак у цьому випадку не потрібно модернізувати всю мережу, досить "включити" одну довжину хвилі на ділянці "перевантажений вузол — центральний офіс". При цьому в

конфігурації інших вузлів мережі нічого міняти не потрібно. У випадку якби була встановлена класична мережа DWDM, довелося б нарощувати всю мережу одночасно.

Не виключено, що в результаті росту числа користувачів мережі, буде потрібно, зрештою, перевести всю мережу на DWDM. Як, втім, можлива й ситуація, коли DWDM може так і не знадобитися, і постачальникові послуг не буде змушений витратити чималі засоби для впровадження цієї технології. У кожному разі, гнучкість рішення на базі DWDM не надасть можливості шкодувати про вкладені або не вкладені кошти.

Ще однією найважливішою перевагою встаткування сімейства Chromatis є те, що в ньому реалізується повне завантаження довжин хвиль. В існуючих системах DWDM одна довжина хвилі, як правило, використовується для передачі одного типу трафіку. В устаткуванні сімейства Chromatis на одній довжині хвилі може передаватися всі типи трафіку, підтримувані інтерфейсами уведення/виведення, з результиуючою пропускну здатністю, еквівалентною STM-16. Надалі передбачається збільшити цю пропускну здатність до еквівалента STM-64. Це дозволяє більш ефективно використовувати можливості, що надаються технологією спектрального ущільнення, і відмовитися від використання додаткового устаткування.

4.4.2 Вимоги до системи управління мережами DWDM

Враховуючи перспективи розвитку систем управління телекомунікацій, у відповідності з концепцією TMN з урахуванням положень Smart TMN, автоматизована система управління мережею DWDM (СУМ DWDM) у загальному має забезпечувати:

- автоматизацію повномасштабного управління процесом з моменту ініціалізації його початку до моменту завершення (наприклад, процесом надання послуги);
- організацію обміну інформацією між підпроцесами для забезпечення прозорості управління;
- ефективну побудову спеціалізованих систем (управління мережею, управління послугами, CRM-систем, розрахунку користувачів, фінансового і бухгалтерського розрахунку тощо) шляхом застосування відповідних технологій так, щоб програмні застосування різних виробників легко і надійно (за методом «plug and play») сполучалися в єдиній системі управління. З погляду управління бізнес - процесами ці застосування повинні сприйматися як органічні частини єдиного цілого і їх робота повинна виглядати «прозорою».

Головним призначенням СУМ DWDM є виконання завдань управління, які забезпечують функціонування та ефективне використання ресурсів усіх мереж оператора і гнучке надання послуг телекомунікацій широким верствам населення, суб'єктам ринку, органам управління державою, господарствам в потрібних обсягах, з визначеними показниками якості та надійності.

Система управління являє собою сукупність методів і алгоритмів технічного обслуговування, технічного персоналу, технічних засобів контролю та вимірювань, які забезпечують підтримку будь-якого елемента мереж оператора (об'єкта технічної експлуатації) у межах встановлених норм.

Система технічної експлуатації мережі оператора, яка взаємодіє з системою управління, являє собою сукупність методів і алгоритмів технічного обслуговування, технічного персоналу, технічних і програмно-технічних засобів обладнання телекомунікацій, засобів контролю і вимірів, що забезпечують організацію і підтримку в межах встановлених норм будь-якого об'єкта технічної експлуатації, що є частиною з'єднання.

Система управління мережами телекомунікацій забезпечує планування, введення в дію мереж і послуг телекомунікацій, а також функціональну підтримку систем технічної експлуатації мереж і послуг.

В основі організації управління мережами телекомунікацій в цілому покладені принципи:

- централізації управління з можливістю децентралізації функцій управління;
- інтегрованого підходу до рішення завдань управління мережами телекомунікацій в межах загальної території;
- створення гнучкої архітектури на основі методології відкритих систем, що забезпечує можливість реконфігурації і розширення функцій управління;
- забезпечення високого рівня автоматизації процесів управління і застосування новітніх технологій обробки інформації;
- використання єдиної системи стандартів з технічного, інформаційного і програмно-алгоритмічного забезпечення на базі Рекомендацій ІТУ-Т, міжнародних і галузевих стандартів.

СУМ DWDM має бути органічною складовою частиною єдиної автоматизованої системи управління діяльністю оператора (АСУД).

АСУД повинна забезпечити вирішення завдань стратегічного і оперативного управління.

АСУД має забезпечити вирішення завдань стратегічного управління у процесі, що складається з чотирьох ключових ланок:

- стратегічна діагностика (для прийняття стратегічних рішень необхідний точний діагноз фінансово-економічного стану підприємства і його положення на ринку).

- вибір стратегічних цілей (вони виникають як компроміс можливостей, обмежень і амбіцій, а потім перевіряються на «міцність» шляхом аналізу стратегічних альтернатив, оцінки вигод і ризиків, зв'язаних з реалізацією тієї чи іншої стратегії).

- стратегічне планування (між поточним станом і тим, якого компанія прагне досягти, існує розрив, що заповнюється плануванням і реалізацією проектів, які забезпечують здійснення змін, що ведуть компанію до наміченої мети).

- стратегічне менеджментування (топ-менеджмент оператора повинен мати можливість відслідковувати процес реалізації стратегії за ключовими показниками і коректувати стратегічні плани чи переглядати стратегічні цілі в разі потреби).

Дані, отримані на етапі менеджменту, служать індикаторами, які використовуються при діагностуванні стану підприємства і місця, яке воно займає на ринку, отже, ланцюг стратегічного управління замикається, забезпечуючи безперервність процесу.

Загальна структура створеної перспективної АСУД та місце СУМ DWDM у її структурі мають відповідати рисунку 4.14.

АСУД повинна забезпечувати автоматизацію процесів оперативного управління діяльністю підприємства у відповідності з моделлю ТОМ (Telecom Operations Map) форуму TM Forum. Згідно цієї моделі основні бізнес-процеси підприємства телекомунікацій - постачальника послуг телекомунікацій - мають бути організовані у відповідності з 4-рівневою ієрархією, де на верхньому рівні знаходиться споживач послуг - клієнт, а на нижньому - мережна інфраструктура. Рівні ієрархії розташовуються таким чином:

- 1 - організація взаємодії з клієнтом (Customer Interface Management Processes);
- 2 - обслуговування клієнта (Customer Care Processes);
- 3 - створення та надання послуг (Service Development and Operations Processes)



Рис. 4.14 Модель АСУД

4 - управління мережею та інфраструктурою (Network and Systems Management Processes) – створення цієї системи є кінцевою метою даної концепції створення автоматизованої системи управління мережами DWDM.

Необхідною складовою частиною АСУД є система управління взаємовідносинами з клієнтом (Customer Relationship Management — CRM).

Система CRM у першу чергу повинна забезпечувати функціонування таких основних процесів:

- надання послуг (Service Delivery) - своєчасне та точне надання послуг, які замовлені клієнтом, управління процесом активації послуг;

- забезпечення якості послуг (Service Assurance) - своєчасне виявлення і вирішення проблем, пов'язаних як з функціонуванням мережі у цілому, так і з наданням послуг окремому клієнту, а також будь-яка діяльність, направлена на поліпшення рівня послуг;

- білінг послуг (Service Billing) - своєчасне та точне виставлення рахунків з урахуванням усіх змін у моделі надання послуг даному клієнту, а також розрахунок за послуги.

Для ефективного функціонування цих трьох процесів необхідна тісна інтеграція та взаємодія їх компонентів у рамках загального рішення.

4.4.3 Узагальнена функціональна модель СУМ DWDM

Функціональна модель СУМ DWDM (системи управління мережею та інфраструктурою - Network and Systems Management Processes – рівень 4 моделі ТОМ ТМ Forum) базується на ідеології взаємодії відкритих систем, концепціях TMN та Smart TMN. Вона повинна мати рівневу ієрархічну структуру і включати:

- рівень елементів мережі, який надає необхідну для середовища TMN інформацію від окремих мережних елементів та одержує від середовища TMN команди управління. Цей рівень є межею між інфраструктурою TMN і зовнішнім середовищем по відношенню до неї і складається з елементів мережі, які включають засоби телекомунікацій і допоміжне обладнання, тобто є об'єктами управління.

- рівень управління елементами мережі, який здійснює контроль, відображення робочих характеристик та параметрів, технічне обслуговування, тестування, конфігурування елементів, тощо;

- рівень управління мережею, який забезпечує управління елементами мережі у їх взаємодії між собою, управління усіма ресурсами мережі.

Склад, структура та взаємодія процесів управління, груп функцій та сфер даних СУМ DWDM відповідає моделі рисунку 4.15.

Функції рівня управління послугами концепції TMN виконуються відповідними рівнями загальної автоматизованої системи управління діяльністю оператора (згідно положень Smart TMN - рівні 1-3 моделі ТОМ ТМ Forum):

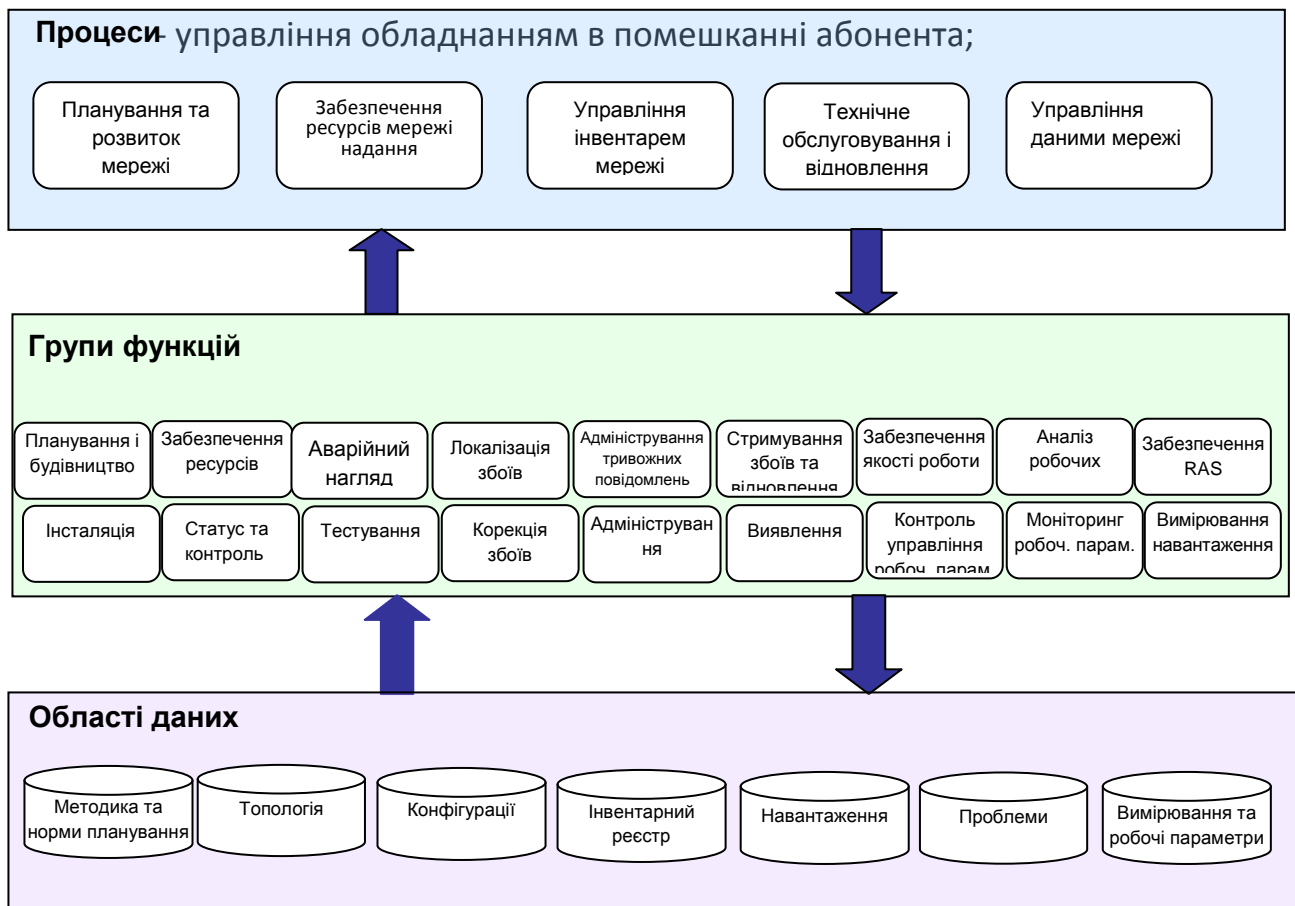
1. організація взаємодії з клієнтом (Customer Interface Management Processes);
2. обслуговування клієнта (Customer Care Processes);
3. створення та надання послуг (Service Development and Operations Processes).

Функції рівня адміністративного управління (управління бізнесом згідно концепції TMN), який забезпечує адміністративне управління мережею, дозволяє оператору (операторам) мережі вирішувати організаційні, фінансові та інші питання адміністративного характеру, вирішуються верхніми рівнями загальної автоматизованої системи управління діяльністю оператора (рис. 4.15).

Власне СУМ DWDM не виконує функцій управління послугами та бізнесом - вона взаємодіє з відповідними рівнями системи управління діяльністю, які виконують ці функції. Порядок взаємодії розробляється у процесі проектування систем.

Повний набір функцій СУМ DWDM повинен забезпечувати виконання таких послуг управління:

- адміністративне управління абонентом;
- адміністративне управління маршрутизацією;
- адміністративне управління вимірюванням трафіку і аналізом вимірювань;
- адміністративне управління тарифами і нарахуванням плати (включаючи розрахунки);
- управління безпекою інформації в мережі управління;
- управління трафіком;
- управління абонентським доступом;
- управління транспортними мережами (канали, тракти, лінії);
- управління комутацією;



Примітка: RAS = Reliability, Availability and Survivability (відновлюваність, готовність, живучість)

Рис 4.15 Робочі процеси, групи функцій та сфери даних СУМ DWDM

- адміністративне управління встановленням обладнання та програмного забезпечення;
- адміністративне управління якістю послуг і робочими характеристиками мережі;
- управління послугою, яка контролюється абонентом;
- управління системами сигналізації, в тому числі СКС № 7;
- управління інтелектуальними мережами;
- відновлення і повернення;
- управління матеріалами;
- складання графіків робіт обслуговуючого персоналу;
- управління власне СУМ DWDM .

Питання розширення номенклатури послуг управління, в тому числі специфічних послуг, наприклад, управління взаємодією з системами моніторингу абонентського трафіку, проробляються на подальших етапах проектування.

Система управління в цілому повинна охоплювати всі сфери управління і у відповідності з класифікацією послуг, що надаються мережею управління електрозв'язком (TMN) (Рекомендації M.3010, M.3200, M.3400) та у відповідності положеннями Smart TMN, повинна забезпечувати:

а) мережне управління, до якого входять:

Управління конфігурацією , що включає:

- реєстрацію пристроїв мережі, їхніх мережних адрес і ідентифікаторів;
- визначення конфігурації елементів мережі;
- визначення параметрів мережної операційної системи;
- опис протоколів мережних взаємодій;
- побудова топологічної карти фізичних з'єднань мережі.

Управління безпекою має на увазі підтримку служб і звітів забезпечення захисту інформації, що дозволяє:

- управління доступом і повноваженнями користувачів;
- контроль і управління міжмережними взаємодіями;
- захист від несанкціонованого доступу ззовні;
- дотримання конфіденційності при наданні даних;
- захист цілості даних;
- виявлення й усунення вірусів.

Управління при відмовах , що включає:

- спостереження за трафіком;
- виявлення надмірного числа конфліктів і повторних передач даних;
- попередження і профілактика помилок шляхом аналізу роботи мережі;
- спостереження за кабельною системою і станом мережних пристроїв;
- моніторинг вилучених сегментів і міжмережних зв'язків.

Управління розрахунками дозволяє спостереження за використанням і оплатою мережних послуг, у тому числі:

- реєстрацію й облік використання мережних ресурсів;
- реєстрацію ліцензій і облік використання програмних засобів;
- управління пріоритетами користувачів і додатків;
- розробку тарифів за засоби і послуги зв'язку, що надаються користувачам;
- обмін інформацією з питань взаєморозрахунків.

Управління робочими характеристиками - оцінка стану ресурсів і ефективності їх використання, що дозволяє:

- збір і аналіз статистичних даних про функціонування мережі;
- аналіз трафіку;
- планування й оцінку ефективності використання ресурсів мережі;
- виявлення вузьких місць мережі;
- аналіз мережних протоколів;
- планування розвитку мережі.

б) управління розподіленими застосуваннями

Управління розподіленими застосуваннями забезпечує моніторинг використання застосуваннями мережних і локальних ресурсів і можливість зміни параметрів управління роботи цих застосувань для досягнення найбільш ефективної експлуатації наявних ресурсів.

Система моніторингу технічного і програмного забезпечення веде візуалізовані бази даних обладнання та програмного забезпечення мереж оператора, в тому числі обладнання СУМ DWDM.

З метою підтримки прийняття рішень щодо модернізації існуючого технічного і програмного забезпечення для ефективного здійснення оператором своєї основної діяльності відповідна експертна система повинна враховувати:

- склад технічних і програмних засобів, що використовуються;
- поточний стан ринку технічних і програмних засобів;
- інформацію про виробників програмного забезпечення і засобів обчислювальної техніки і їхній номенклатурі;
- порівняльні характеристики однотипних технічних і програмних засобів;
- зведення про постачальників технічних засобів і ПЗ (номенклатура, рівень цін, надійність, рівень сервісу тощо).

Після ухвалення рішення про модернізацію і здійснення закупівлі технічного та/чи програмного засобу потрібно впровадити його в існуючу інфраструктуру підприємства, не перериваючи технологічного процесу.

Для адекватного підходу до управління модернізацією необхідна наявність моделі, що представляє поточний стан технічних і програмних засобів і дозволяє аналізувати наслідки тієї чи іншої зміни цього стану. Для цього використовується відповідна експертна система.

Моделювання мереж використовується для обґрунтування прийнятих рішень щодо їх модернізації. Модель мережі повинна забезпечувати:

- візуалізацію топології мережі і розподіли навантажень по окремих сегментах;
- можливість варіювання навантажень відповідно до вимог користувача, що визначаються спектром розв'язуваних завдань;
- відображення роботи мережі з заданими навантаженнями й одержання кількісних характеристик (довжини черг у буферах, затримки при передачі даних, використання смуги пропускання ліній зв'язку і т. п.);

- формування варіантів модифікації як топології мережі, так і пристроїв, її складових.

Для аналізу роботи мережі потрібна інформація, яка вдержується з систем мережного управління. Результати моделювання, у свою чергу, використовуються при прийнятті рішень щодо модернізації мереж. Для моделювання використовується відповідна система імітаційного моделювання або експертна система.

4.4.4 Сценарій побудови системи управління мережею DWDM

З урахуванням вищенаведених вимог, на рисунку 4.8 наведено сценарій побудови загальної системи управління мережею DWDM одного оператора.

Мережні елементи мережі DWDM мають вбудовані Агенти, що підтримують інтерфейс Q_3 , але не всі. Деякі мережні елементи мають вбудовані Агенти, що припускають управління по протоколу SNMP.

Адміністратор рівня управління мережею взаємодіє з Агентами, вбудованими в системи управління рівня мережених елементів. Кожна система управління нижнього рівня виконує роль

Агента для Адміністратора верхнього рівня. З метою скорочення обсягу інформації, що циркулює між рівнями управління, такий Агент працює з укрупненою моделлю своєї частини мережі, в якій збирається тільки та інформація, що потрібна Адміністратору верхнього рівня для управління мережею в цілому.

Вимір робочих характеристик мережі на верхніх рівнях дозволяє контролювати угоду про якість обслуговування, що укладається між користувачем мережі і її адміністрацією.

Для взаємодії з іншими системами управління, що функціонують на платформі TMN, використовується інтерфейс X.

Слід відзначити характерну особливість в управлінні мережами DWDM.

Передача великих обсягів інформації, висока вартість утрат трафіка внаслідок ушкодження оптичного кабелю (ОК), велика довжина волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ), необхідність виявлення несанкціонованого доступу до ОК, підтримка характеристик оптичних волокон (ОВ) на належному рівні і забезпечення їхньої безвідмовної роботи висунули на

перший план задачу централізованого контролю і документування стану мережного кабельного устаткування, з можливістю прогнозування і мінімізації часу усунення несправностей, що виникають на ВОЛЗ. Найбільше ефективно поставлена задача може бути вирішена за допомогою автоматизованої системи безупинного дистанційного моніторингу ОК мережі DWDM.

Система безупинного дистанційного моніторингу ОК ВОЛЗ являє собою систему віддаленого контролю ОБ зі строгою прив'язкою топології мережі DWDM до географічної карти місцевості, а так само програмного забезпечення, що забезпечує оперативну обробку результатів контролю оптичних ліній.

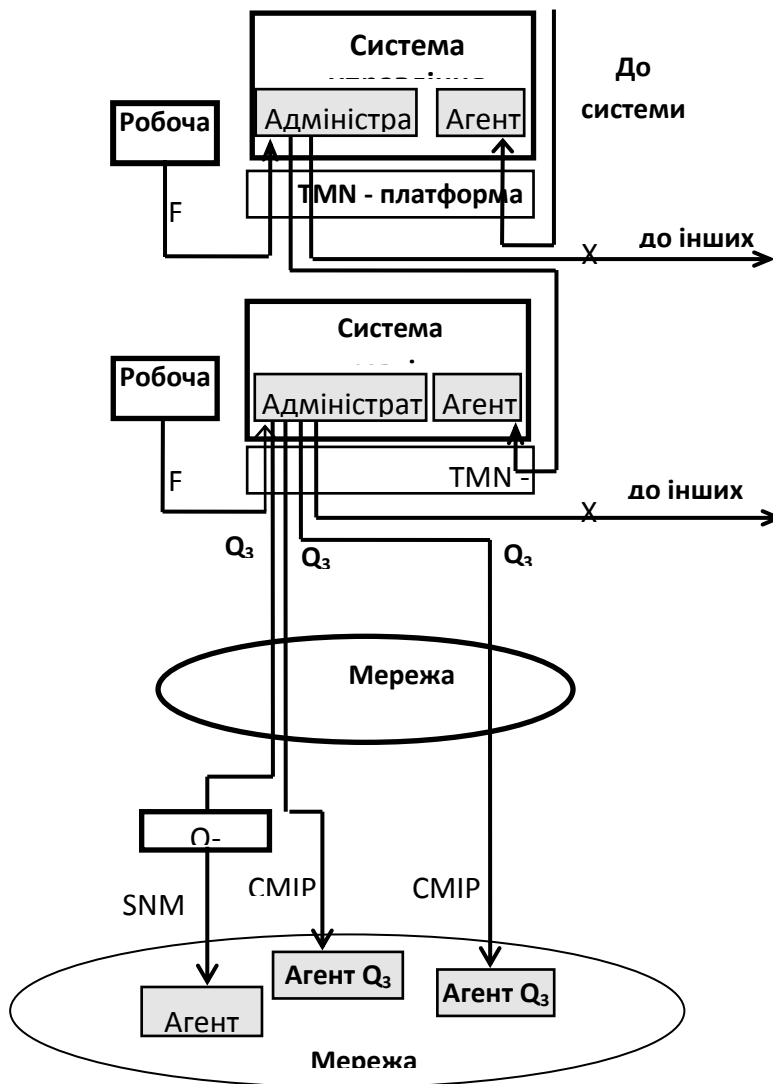


Рисунок 4.16 – Сценарій побудови системи управління мережею DWDM

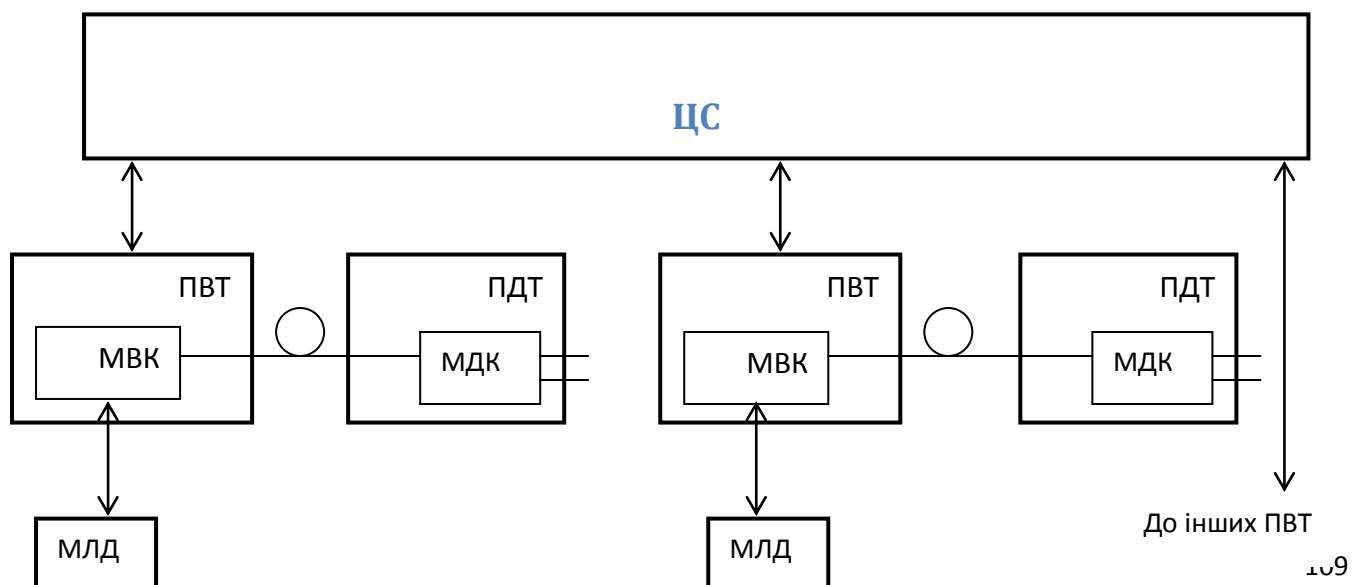
Використання моніторингу дозволить скоротити парк і забезпечити уніфікацію устаткування для тестування, необхідного для обслуговування великої мережної зони, що, у свою чергу, усуне проблеми, властиві використанню різнотипного устаткування.

Загальна схема системи моніторингу ОК ВОЛЗ представлена на рисунку 4.17. Принцип дії системи моніторингу ОК ВОЛЗ заснований на дистанційному управлінні роботою оптичних рефлектометрів (ОР).

Центральний сервер системи являє собою комп'ютер із прикладним програмним забезпеченням адміністрування кабельної мережі, що має інтерфейс.

У системі безупинного моніторингу можна реалізовувати різні варіанти спостереження за станом волокон в ОК. Один з варіантів дозволяє проводити контроль за допомогою резервного ОВ, по якому не передаються дані цифрової мережі зв'язку в момент тестування. По результатам контролю судять про справність усього ОК. В іншому варіанті в лінію зв'язку вводиться зондувальне імпульсне оптичне випромінювання довжиною хвилі відмінної від довжини хвилі, використовуваної для передачі даних (тобто поза використовуваною робочою довжиною хвилі), а на прийомній стороні виробляється поділ цих оптичних частот. На якість передачі основного сигналу такий контроль не впливає.

Відповідно до рекомендації ITU L.41 «Експлуатаційна довжина хвилі для сигналів, переданих у волокнах» стосовно до другого варіанта тестування ОК ВОЛЗ повинне провадитися на довжинах хвиль 1625 чи 1650 нм. При цьому розв'язка, використовуваних оптичних фільтрів між довжинами хвиль, використовуваних у системі передачі, і довжинами хвиль, використовуваних у системах дистанційного моніторингу, повинна складати не менш 30 дБ.



ЦС - центральний сервер; ПВТ - пристрій віддаленого тестування оптичних волокон; ПДТ - пристрій доступу до тестування оптичних волокон;

МВК - модуль віддаленого контролю оптичних волокон; МДК – модуль доступу для контролю ОВ; МЛД - модуль локального доступу.

Рисунок 4.17 - Архітектура системи адміністрування ВОЛЗ

Найважливішою функцією системи безупинного доступу є те, що вона автоматично здійснює систематичне нагромадження в базі даних характеристик і результатів вимірів оптичних елементів. Отже, на основі моніторингу мережі можливе проведення планових і профілактичних ремонтів ОК у мережі, не чекаючи появи серйозних ушкоджень і аварій у кабельній системі, тому що проведення своєчасного ремонту, особливо деяких ділянок магістральних ВОЛЗ, з метою усунення прогнозування погіршення характеристик волокна, в остаточному підсумку, обійдеться набагато дешевше, ніж усунення наслідків відмовлення ОК.

З огляду на специфіку ринку телекомунікацій України, що характеризується, з одного боку, динамічним розвитком, а з іншого боку, - обмеженим використанням систем контролю за станом ОК ВОЛЗ, можна укласти, що можливості системи моніторингу ОК дуже перспективи для застосування на телекомунікаційних мережах.

Нижче розглянемо автоматичну систему моніторингу ВОЛЗ ASTERNA ONMS 4.0.рис.18

Система автоматичного моніторингу ВОЛЗ ONMS сприяє ефективному управлінню великими волоконно-оптичними мережами шляхом документування інформації про кабельне господарство, автоматичного відстежування параметрів оптичних волокон з можливістю точної локалізації і індикації на електронній географічній карті місцевості виниклої несправності ВОЛЗ. Вона забезпечує цілодобовий моніторинг стану ВОЛЗ методом безперервної рефлектометрії (можна встановити будь-який графік тестування), що дозволяє запобігати і знаходити спроби несанкціонованого підключення до мережі і виявляти динаміку зміни параметрів оптичних волокон з метою прогнозування параметрів ОК в процесі експлуатації.

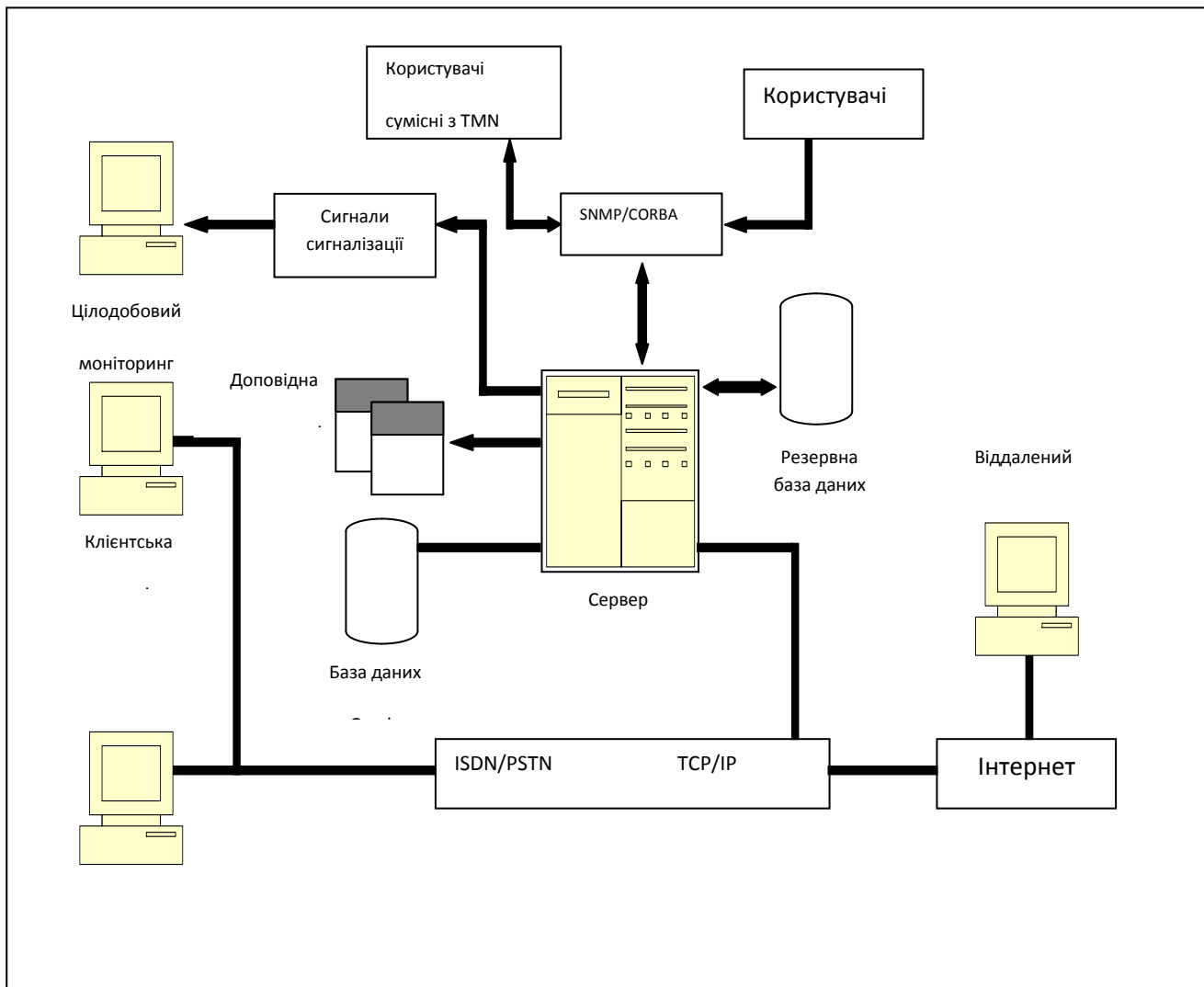


Рис.18 - Система автоматичного моніторингу ВОЛЗ АСТЕРНА ONMS

ONMS може проводити моніторинг мережі безперервно або згідно графіку, сповіщаючи операторів і обслуговуючий персонал про аварії і події при їх виникненні. Всі події і аварії документуються і разом з додатковою інформацією (наприклад про місцезнаходження аварії) передаються в мережний центр управління, де інформація обробляється ще до виїзду персоналу до об'єкту для ремонту і якщо це необхідно, посилається сповіщення відповідальному за усунення аварій персоналу, при цьому враховується місцезнаходження і кваліфікація персоналу. Також безперервний моніторинг мережі дозволяє видавати попередження про перевищення параметрами встановлених значень. Таким чином, можна не тільки судити про поточний стан параметрів мережі, але і прогнозувати її поведінку в процесі подальшої експлуатації. ONMS є розрахованою на багато користувачів системою і підтримує високий рівень безпеки для захисту

інформації від несанкціонованого доступу. Вся інформація про мережу зберігається на сервері в єдиній базі даних Oracle у вигляді взаємозв'язаної табличної і графічної інформації, що дозволяє створити надійну систему безпеки на основі рівнів доступу користувачів.

Програмне забезпечення, що входить в систему, призначене для зберігання і обробки інформації про волоконно-оптичну мережу (графічні карти, траси оптоволоконних ліній, точки доступу, схеми розводки кабелю в оптичних кросах, описи устаткування мережі, дані тестування різних параметрів оптичних волокон, звіти і т.д.) і дозволяє переглядати, аналізувати дані, створювати звітну документацію (Reports) про стан об'єктів або ділянок мережі з різним ступенем деталізації.

Апаратна частина системи ONMS представлена оптичними тестовими приладами дистанційного моніторингу OTU-9500, які встановлюються в ключових точках мережі, автоматично тестують кабелі і створюють звіти про аварійні стани для системи управління. Кожний з приладів складається з оптичного мультиплексора і одного або двох оптичних модулів, наприклад OTDR - оптичного рефлектометра або DWDM - оптичного аналізатора спектру.

Організація управління мережами доступу повинна здійснюватися у комплексі дій, спрямованих на створення гнучкої, продуктивної системи забезпечення доступу користувачу, а також системи організаційно-технічних і програмно-апаратних рішень управління обладнання для різних типів доступу. Оперативність виявлення проблем, які виникають в мережі, їх усунення і їх попередження, потребують створення надійної системи управління мережею з високими функціональними й експлуатаційними характеристиками.

Виходячи з того, що виробники обладнання в основному застосовують SNMP-системи управління, а повинна бути реалізована система управління, що охоплює всі рівні ієрархії, то доцільно вибрати комбіновану концепцію (TMN+ SNMP), на нижніх рівнях (управління елементами і управління мережею) можуть використовуватись як більш прості, дешеві і поширені SNMP, так і більш складні TMN-системи, а на верхніх рівнях ієрархії-тільки TMN-системи. Взаємодія TMN і SNMP-систем, при необхідності, може здійснюватися за допомогою QA, функції яких можуть виконувати OS SNMP-систем управління мережею.

Отже частина мережних елементів мережі DWDM повинні мати вбудовані Агенти, що підтримують інтерфейс Q₃ (для TMN) а, інші елементи повинні мати вбудовані Агенти, що припускають управління по протоколу SNMP.

Адміністратор рівня управління мережею взаємодіє з Агентами, вбудованими в системи управління рівня мережних елементів. Кожна система управління нижнього рівня виконує роль Агента для Адміністратора верхнього рівня. З метою скорочення обсягу інформації, що циркулює між рівнями управління, такий Агент працює з укрупненою моделлю своєї частини мережі, в якій збирається тільки та інформація, що потрібна Адміністратору верхнього рівня для управління мережею в цілому.

Так як існує багато проблем зв'язаних з експлуатацією обладнання, лінійного тракту, то найбільш ефективно проблема може бути вирішена за допомогою автоматизованої системи безупинного дистанційного моніторингу ОК мережі DWDM.

Система безупинного дистанційного моніторингу ОК ВОЛЗ являє собою систему віддаленого контролю ОБ зі строгою прив'язкою топології мережі DWDM до географічної карти місцевості і програмного забезпечення, що забезпечує оперативну обробку результатів контролю оптичних Система автоматичного моніторингу ВОЛЗ ONMS сприяє ефективному управлінню великими волоконно-оптичними мережами шляхом документування інформації про кабельне господарство, автоматичного відстежування параметрів оптичних волокон з можливістю точної локалізації і індикації на електронній географічній карті місцевості виниклої несправності ВОЛЗ. Вона забезпечує цілодобовий моніторинг стану ВОЛЗ методом безперервної рефлектометрії (можна встановити будь-який графік тестування), що дозволяє запобігати і знаходити спроби несанкціонованого підключення до мережі і виявляти динаміку зміни параметрів оптичних волокон з метою прогнозування параметрів ОК в процесі експлуатації.

ONMS може проводити моніторинг мережі безперервно або згідно графіку, сповіщаючи операторів і обслуговуючий персонал про аварії і події при їх виникненні. Всі події і аварії документуються і разом з додатковою інформацією (наприклад про місцеположення аварії) передаються в мережний центр управління, де інформація обробляється ще до виїзду персоналу до об'єкту для ремонту і якщо це необхідно, посилається сповіщення відповідальному за усунення аварій персоналу, при цьому враховується місцеположення і кваліфікація персоналу. Також безперервний моніторинг мережі дозволяє видавати попередження про перевищення

параметрами встановлених значень. Таким чином, можна не тільки судити про поточний стан параметрів мережі, але і прогнозувати її поведінку в процесі подальшої експлуатації.

ONMS є розрахованою на багато користувачів системою і підтримує високий рівень безпеки для захисту інформації від несанкціонованого доступу. Вся інформація про мережу зберігається на сервері в єдиній базі даних Oracle у вигляді взаємозв'язаної табличної і графічної інформації, що дозволяє створити надійну систему безпеки на основі рівнів доступу користувачів.

Вхідне в систему програмне забезпечення, призначене для зберігання і обробки інформації про волоконно-оптичну мережу (графічні карти, траси оптоволоконних ліній, точки доступу, схеми розводки кабелю в оптичних кросах, описи устаткування мережі, дані тестування різних параметрів оптичних волокон, звіти і т.д.) дозволяє переглядати і аналізувати дані, а також може створювати звітну документацію (Reports) про стан об'єктів або ділянок мережі з різним ступенем деталізації.

Апаратна частина системи ONMS представлена оптичними тестовими приладами дистанційного моніторингу OTU-9500, які встановлюються в ключових точках мережі, автоматично тестують кабелі і створюють звіти про аварійні стани для системи управління. Кожний з приладів складається з оптичного мультиплексора і одного або двох оптичних модулів, наприклад OTDR - оптичного рефлектометра або DWDM - оптичного аналізатора спектру.

Організація управління мережами доступу повинна здійснюватися у комплексі дій, спрямованих на створення гнучкої, продуктивної системи забезпечення доступу користувачу, а також системи організаційно-технічних і програмно-апаратних рішень управління обладнання для різних типів доступу.

Оперативність виявлення проблем, які виникають в мережі, їх усунення і їх попередження, потребують створення надійної системи управління мережею з високими функціональними й експлуатаційними характеристиками.

Виходячи з того, що виробники обладнання в основному застосовують

SNMP–системи управління, а повинна бути реалізована система управління, що охоплює всі рівні ієрархії, то доцільно вибрати комбіновану концепцію (TMN+ SNMP), на нижніх рівнях (управління елементами і управління мережею) можуть використовуватись як більш прості, дешеві і поширені SNMP, так і більш складні TMN–системи, а на верхніх рівнях ієрархії–тільки TMN–системи. Взаємодія TMN і SNMP–систем, при необхідності, може здійснюватися за допомогою QA, функції яких можуть виконувати OS SNMP–систем управління мережею.

Отже частина мережних елементів мережі DWDM повинні мати вбудовані Агенти, що підтримують інтерфейс Q₃ (для TMN) а, інші елементи повинні мати вбудовані Агенти, що припускають управління по протоколу SNMP.

Адміністратор рівня управління мережею взаємодіє з Агентами, вбудованими в системи управління рівня мережних елементів. Кожна система управління нижнього рівня виконує роль Агента для Адміністратора верхнього рівня.

З метою скорочення обсягу інформації, що циркулює між рівнями управління, такий Агент і працює з укрупненою моделлю своєї частини мережі, в якій збирається тільки та інформація, що потрібна Адміністратору верхнього рівня для управління мережею в цілому.

Так як існує багато проблем зв'язаних з експлуатацією обладнання, лінійного тракту, то найбільш ефективно проблема може бути вирішена за допомогою автоматизованої системи безупинного дистанційного моніторингу ОК мережі DWDM.

Система безупинного дистанційного моніторингу ОК ВОЛЗ являє собою систему віддаленого контролю ОБ зі строгою прив'язкою топології мережі DWDM до географічної карти місцевості і так само програмного забезпечення, що забезпечує оперативну обробку результатів контролю оптичних ліній.

4.4.5. Системи XDM, що застосовуються ВАТ Уртелеком

. Основні поняття.

Сімейство продуктів XDM компанії ЕСІ являє собою оптичні мережні платформи для інтеграції всіх транспортних функцій вузла входу в мережу

в одному полочному елементі. Система XDM забезпечує операторам можливості для того, щоб економічним шляхом задовольнити постійно зростаючі потреби в смузї пропускання для транспортування різних видів робочого навантаження, у тому числі голосу та даних, забезпечуючи при цьому сучасні послуги транспортування й управління.

На одній платформі в системі XDM поєднуються функції й особливості чотирьох основних компонентів транспортних систем:

- оптичне мультиплексування зі спектральним ущільненням каналів по довжинах хвиль (DWDM);
- підтримка сигналів TDM PDH/async, Gigabit Ethernet (GbE) і SDH/SONET;
- цифрове перехресне з'єднання (DXC) сигналів;
- мультиплексування вводу/виводу (ADM).

Платформи XDM виконуються у вигляді наступних типів полиць:

- **XDM-500** – комутатор волоконно-оптичної мережі, розрахований на середню інтерфейсну продуктивність
- **XDM-100** – мініатюрна платформа до рівня STM-16 для мультисервісного обслуговування для міських та зонних мереж доступу і сотових мереж
- **XDM-50** – мініатюрна платформа до рівня STM-4 для мультисервісного обслуговування для міських та зонних мереж доступу і сотових мереж
- **XDM-200** – компактна платформа CWDM для міських та зонних мереж доступу;
- **XDM-400** – зменшена версія платформи XDM із збереженням усіх функцій, яка спеціально призначена для мереж міського доступу та різноманітних сотових мереж зв'язку, а також для глобальних додатків
- **XDM-1000** – мультисервісний оптичний комутатор з високою щільністю портів, розрахований на високопродуктивні центральні АТС
- **XDM-2000** – багатофункціональний інтелектуальний волоконно-оптичний комутатор, оптимізований для систем DWDM.

Для спрощення експлуатації та техобслуговування полки XDM-500,1000 та XDM-2000 забезпечують підтримку тих самих типів плат і модулів. Полки відрізняються тільки фізичними розмірами та кількістю слотів.

- **Optical Link** – оптичний сегмент – починається й закінчується MUX/DEMUX, може містити підсилювачі та OADM.

- **3R** (Recovering, Reshaping, Retiming) – більшість карт прийомопередавачів виконують функцію регенерації оптичного сигналу, зміненого під впливом загасання, дисперсії, розсинхронізації.

- **DWDM power budget & control** – документ, розроблений фірмою ECI, що містить всі оптичні рівні WDM – елементів мережі та налагоджуванні оптичних підсилювачів.

- **DPT** (Dynamic Packet Transport Protocol) – технологія передавання IP-пакетів в кільцевій топології, розроблена фірмою CISCO Systems.

. Термінологія DWDM

DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) – щільне мультиплексування з розділенням по довжині хвилі.

DWDM мережа філії “Дирекція первинної мережі ВАТ “Укртелеком” працює в червоній зоні (Red Zone) C – діапазону (C – band) з інтервалом між хвилями 100 ГГц (~ 0.8 нм). Довжини хвиль вказані в рекомендації ITU-T G.692. Нижче приводиться таблиця частотної решітки.

В ній номер оптичного каналу (λ – лямбда) – це останні дві цифри частоти у ТГц.

Таблиця частотної решітки

ITU-T channel number	Sub-band		Channel center frequency (THz)	Channel center wavelength (nm)
	Blue	Red		
21		<input checked="" type="checkbox"/>	192.1	1560.61
22		<input checked="" type="checkbox"/>	192.2	1559.79
23		<input checked="" type="checkbox"/>	192.3	1558.98
24		<input checked="" type="checkbox"/>	192.4	1558.17
25		<input checked="" type="checkbox"/>	192.5	1557.36
26		<input checked="" type="checkbox"/>	192.6	1556.55
27		<input checked="" type="checkbox"/>	192.7	1555.75
28		<input checked="" type="checkbox"/>	192.8	1554.94
29		<input checked="" type="checkbox"/>	192.9	1554.13
30		<input checked="" type="checkbox"/>	193.0	1553.33
31		<input checked="" type="checkbox"/>	193.1	1552.52
32		<input checked="" type="checkbox"/>	193.2	1551.72
33		<input checked="" type="checkbox"/>	193.3	1550.92
34		<input checked="" type="checkbox"/>	193.4	1550.12
35		<input checked="" type="checkbox"/>	193.5	1549.32
36		<input checked="" type="checkbox"/>	193.6	1548.51

OSC (Optical Supervisory Channel) – оптичний канал управління. Призначений для організації службового зв’язку між мережними елементами DWDM по DCC. Довжина хвилі 1510 ± 10 нм.

Основні компоненти DWDM:

- Передавачі, приймачі. **MUX** (оптичні мультиплексори) – збирають оптичні канали в композитний сигнал.

- **DEMUX** - оптичний демультиплексор,
- **OADM** (Optical Add Drop Multiplexer - оптичні мультиплексори вводу виводу).
- **GOADM** (Group Optical Add Drop Multiplexer) - оптичні мультиплексори вводу виводу групи каналів – ([21,22,23,24], [26,27,28,29], [31,32,33,34]).
- **EDFA Amplifiers** – оптичні підсилювачі (без перетворення оптичного сигналу в електричний, підсилення регенерації та перетворення в оптичний сигнал), леговані ербієм. Використовуються в OFA_2 та OFA_M.
- Fiber – оптичне волокно G.652
- **DCF (Dispersion Compensation Fiber)** – блок компенсації дисперсії:
 - DCF-40 (до 700 пс*нм),
 - DCF-80 (до 1400 пс*нм),
 - DCF-95 (до 1600 пс*нм).
- **Transponder** – необхідний для перетворення звичайного оптичного сигналу рівня STM-16 у кольоровий (λ), або регенерації λ ;
- **Combiner** – об'єднує два сигнали Gigabit Ethernet в λ ;
На мережі використовується три типи площадок:
 - **MUX/DEMUX** – всі λ вводяться та виводяться із лінії;
 - **OADM** – вводяться та виводяться лише частина λ , а інші проходять наскрізь.
 - **Amplifier** – оптичний підсилювач: всі λ проходять наскрізь без перетворення в композитному сигналі.

Живлення обладнання XDM.

Живлення обладнання XDM повинне здійснюватися тільки від джерел постійного струму, що відповідають вимогам відповідних розділів ETSI 300 132-2 й FTZ 19S1, а також вимогам SELV або TNV стандарту EN60950. Номінальна напруга живлення становить -48 або -60 В постійного струму (заземлений позитивний провідник); а припустимий діапазон живлення становить від -40 до -75 В постійного струму. Для резервування живлення повинно бути два окремих джерела постійного струму.

Тип полки	Типова потужність	Максимальна потужність
XDM-1000	650 Вт	1500 Вт
XDM-500	650 Вт	950 Вт
XDM-400	500 Вт	700 Вт

Станція елементного управління XDM (EMS-XDM) та випробувальнеобладнання живляться від джерела змінного струму; їхня номінальна напруга становить 110В або 220В, 50/60Гц.

Контрольні запитання

- 1.Привести історію розвитку системи управління(АСТЕ).
- 2.Назовіть склад дослідної зони АСТЕ.
- 3.В чому полягають загальні положення АСТЕ?
- 4.Що собою представляє інформаційна структура АСТЕ?
- 5.Приведіть фізичну архітектуру EMS.
- 6.Які функції EMS при управлінні NE виконуються відповідно рек. G.784?
- 7.Які проблеми виникають при створенні СУ ЦМППМ?
- 8.Чому є труднощі в реалізації інтерфейсу Q3?
- 9.Яка послідовність розробки СУ ЦМППМ і її інтерфейсів?
- 10.Назовіть склад ЦУМЗ.
- 11.Прведіть структурну схему управління ПМ СЦІ(1черга).
- 12.Які завдання вирішує перший етап створення СУ ЦПМС
13. Які завдання вирішує другий етап створення СУ ЦПМС?
- 14.Привести функціональні блоки OS ЦУСС.
- 15.Приведіть вимоги до СУМ DWDM.
- 16.Поясніть призначення АСУД.
- 17.Привести загальну структуру АСУД .Місце СУМ DWDM в ній.
- 18.Приведіть рівні моделі ієрархії ТОМ форуму ТМ.
- 19.Поясніть узагальнену функціональну модель СУМ DWDM.
- 20.Приведіть повний набір функцій СУМ DWDM і перелік послуг управління.
- 21.Що повинна забезпечувати модель мережі?
- 22.Поясніть сценарій побудови загальної системи управління мережі.
- 23.Яка характерна особливість в управлінні мережами DWDM?
- 24.На яких хвилях повинно відбуватись тестування ОК ВОЛЗ відповідноРек.МСЕ-Т L.41?
- 25.Пояснити архітектуру системи адміністрування ВОЛЗ.
- 26.Яка концепція управління рекомендується?
- 27.Що представляє собою система безперервного моніторингу ОК ВОЛЗ?
- 28.В чому суттність ттехнологій TDM та WDM?
- 29.Які основні елементи входять до WDM систем?
- 30.В чому сутність роботи оптичного підсилювача?
- 31.Призначення продуктів XDM компанії ECI?
32. Які документи розроблені фірмою ECI для DWDM ,CWDM?
- 33.OSC-лризначення,,які довжини хвиль застосовуються?
- 34.Виконати аналіз таблиці частотної решітки.

Список рекомендованої літератури

- 1.Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем і мереж зв'язку. ДУІКТ, К-2002, 100с.
- 2.Бондаренко В.Г. Основні положення по застосуванню систем і апаратури синхронної цифрової ієрархії на мережі зв'язку. ДУІКТ К-2002, 84с.
- 3.Правила технічної експлуатації первинної мережі ЄНСЗ України. Частина перша. "Основні принципи побудови та організації технічної експлуатації", КНД-45-140-99 К. ДКЗІУ - 2001 80с.
- 4.Частина друга."Правила технічної експлуатації апаратури, обладнання, трактів і каналів передавання," КНД-45-162-2000 К. ДКЗІУ - 2002 108с.
- 5.Рекомендації МСЕ-Т М 3010, G.784, G.812 -1999р.
- 6.Бондаренко В.Г. Слюсар В.О. Технічна експлуатація систем передавання СЦІ, К-2002, Зв'язок №6 с.55-56; К-2003, Зв'язок №1 с.50-51; №3 с.63-66
- 7.Бондаренко В.Г. Слюсар В.О. Тенденції розвитку автоматизованих систем технічної експлуатації сучасних мереж зв'язку. Зв'язок, 2001, №6 с. 29 -31.
- 8.Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація сучасних цифрових мереж. //Радіоматор-2006 №2, с. 66-70.
- 9.Бондаренко В.Г. Борисович В.І. Розвиток служб і послуг українських телекомунікацій. К. Вісник УБНТЗ, 2005 №1,с. 86-95.
- 10.Бондаренко В.Г. Класифікація мереж зв'язку України. /Радіоматор-2004 №9 с. 57-58
- 11.Бондаренко В.Г. Современные технологии транспортных систем связи /Радіоматор-2006 № 12 с.52-53.
- 12.Стеглов В.К., Кільчицький Є.В. Основи управління мережами та послугами телекомунікацій. – К.: Техніка, 2002.- 438 с.
- 13.Гордеев Э.Н. Новые технологии в системах управления сетями связи. - "Вестник связи, № 1, 2000, с.29-32, № 2, 2000, с.79-83.
- 14.Rec. ITU-T M.3010 Principles for a Telecommunications Management Network, 2000.
- 15.Rec. ITU-T M.3200 TMN Management Services, 1997.
- 16.Rec. ITU-T M.3400 TMN Management Functions, 2000.
17. XDM® Руководство по монтажу и техобслуживанию (ИММ).Февраль 2003 г. Четвертое издание
- 18.Беркман Л.Н., Стеглов В.К. Стан управління первинних мереж України. Вісник УБНТЗ К.2003 №1, с. 71-85.
- 19.Соловьев С.П., Шнепс-Шнеппе М.А. TINA - новая концепция построения сетей связи. -"Электросвязь", № 7, 1997, с. 25 - 28.
- 20.Мешковський К.О. Бондаренко В.Г і інші, під ред. Бондаренка В.Г. синхронні цифрові мережі СЦІ, ТЕХНОЛОГІЇ І СТРУКТУРА WDM СИСТЕМИ. Навчальний посібник з дисципліни ЦСП, ТОТСМ, ТЕСЗ. К-ДУІКТ 2010
21. Бондаренко В.Г і інші. **4.** Стан управління первинними мережами України, Зв'язок №5-6/2008с.13-20
22. . Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем та мереж зв'язку. Підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямком "Телекомунікації" з дисципліни ,ТЕСЗ,-К ДУІКТ 2012 р 847с
23. Бондаренко В.Г Павелко І.П. Система управління мережами DWDM, Зв'язок №3/2012с.21-26