

5. Технічна експлуатація систем передачі і апаратури, каналів, трактів СЦ.

Системи передачі (СП) - це комплекс технічних засобів, що забезпечує створення типових трактів та каналів передачі первинних мереж.

Система передачі включає в себе лінійний тракт (ЛТ) і апаратуру кінцевої станції, апаратуру каналоутворення, типового перетворення та спряження.

Системи передачі синхронної цифрової ієрархії можуть не мати такого чіткого розподілення апаратури [3,15].

В залежності від виду багатоканального сигналу, що на вході ЛТ, СП розподіляються на аналогові (АСП) та цифрові (ЦСП) системи передачі. В залежності від типу лінії передачі, що призначена для СП, є проводові системи передачі та радіосистеми передачі.

До проводових відносяться кабельні та повітряні СП, а до радіосистем - радіорелейні та супутникові системи передачі.

Цифрові системи передачі, що застосовуються на первинних мережах, розподіляються на СП плезиохронної (ПЦІ) та синхронної (СЦІ) цифрових ієрархій. На первинних мережах застосовуються також ЦСП, які засновані на застосуванні асинхронних режимів перенесення (АРП) інформації в вигляді пакетно-орієнтованого режиму, що дозволяє суттєво підвищити пропускну здатність трактів і каналів (АТМ та ІР-мережі) за рахунок статистичного ущільнення.

ЦСП СЦІ є перспективними засобами цифровізації первинних мереж і використовуються при формуванні кільцевих і інших мережних структур при передаванні великих потоків інформації. ЦСП ПЦІ і ЦСП СЦІ повністю сумісні, що і забезпечує їх взаємодію на любых ділянках і рівнях мереж при любых їх конфігураціях. Важливим фактором гармонічної еволюції ЦСП на первинних мережах є повна мережева сумісність технологій ПЦІ, СЦІ, АРП.

Всі функціональні частини ЦСП мають нормалізовані мережні стикові точки, що дозволяє забезпечити взаємне з'єднання функціональних частин, для організації різних порядків і реалізацію транзитів мережних трактів.

Далі коротко розглянемо: системи передачі ЦСП СЦІ; формування модулів СТМ-N; систематизацію логічних функцій обладнання СЦІ; протоколи обслуговування вбудованих в СТМ-N службових каналів; критерії оцінки стану об'єктів технічного обслуговування (ОТЕ) каналів і трактів СЦІ; формування їх узагальнених оцінок стану; сигнали технічного обслуговування апаратури, каналів, трактів СЦІ [8,10].

5.1. Цифрові системи передачі СЦІ та інтерфейси нижчого та вищого рівнів.

Основні особливості ЦСП СЦІ дозволяють організовувати передачу потужних стандартних цифрових потоків (синхронних транспортних модулів СТМ-N) зі швидкостями $155,520 \times N$, де $N=1,4,16,64\dots$, та забезпечують введення та

виведення цифрових потоків різної потужності в мережних вузлах (станціях), гнучке управління мережею, автоматичне резервування секцій трактів і блоків апаратури.

Основні положення організації ЦСП СЦІ на первинних мережах викладені в [3,4,18]. Основною особливістю апаратури СЦІ, з точки зору її технічного обслуговування, є об'єднання засобів передачі інформації і засобів автоматизованої технічної експлуатації. Це забезпечується за рахунок того, що сигнали засобів контролю та управління мережею і апаратурою СЦІ органічно вбудовані в цикли передачі разом з інформаційними сигналами.

ЦСП СЦІ застосовують на одномодових волокняно-оптичних і радіорелейних лініях передачі. Для радіорелейних ліній передачі допускається організація цифрових потоків зі швидкістю 51,84 Мбіт/с.

Основним типом апаратури СЦІ є синхронний мультиплексор (СМ). Цей мультиплексор виконує функції перетворення, оперативного переключення введення/виведення цифрових потоків і передачі в лінії. Відповідно з вищим рівнем синхронного транспортного модулю, який обробляється СМ, розрізняють СМ-1, СМ-4, СМ-16, СМ-64 і СМ-256.

Мультиплексори першого рівня формують із сигналів користувачів СТМ-1, який використовується як лінійний або у внутрішньостанційних з'єднаннях - подається в СМ-4, СМ-16 і інш. для подальшого перетворення. Мультиплексори вищих рівнів сприймають СТМ-N сигнали та сигнали ПЦІ і формують із них нові потоки СТМ-N. Мультиплексори СМ-N працюють як кінцеві мультиплексори і мультиплексори введення/виведення.

Другим типом апаратури СЦІ є автономна апаратура оперативного переключення (АОП). Її функції - переключення цифрових потоків і передавання по лінії. Крім того, АОП є також шлюзом між системами СЦІ та ПЦІ, тобто виконує функції СМ. Можливі також комбінації функцій АОП різних рівнів систем СЦІ і ПЦІ.

Третій тип апаратури - лінійний регенератор СЦІ, що виконує більш складні функції, чим в системах ПЦІ, - глибокий контроль вірності передачі, обробка заголовків, зв'язок з системою обслуговування.

Апаратура ЦСП СЦІ обладнана електричними і оптичними інтерфейсами відповідно до Рекомендацій МСЕ-Т: фізичні електричні характеристики апаратури СЦІ на інтерфейсах мережних вузлів - Рек. G.703; фізичні оптичні характеристики - Рек. G.957; інтерфейс мережного вузла - Рек. G.707[4].

Для взаємодії з центральним управляючим засобом системи обслуговування в локальній мережі даного мережного вузла (станції) використовуються інтерфейси типу Q відповідно Рек. G.773, М.3010. У випадку, коли центральний управляючий пристрій знаходиться на іншому вузлі (станції), зв'язок з ним підтримується по службовим каналам обслуговування (управління), що організовані за допомогою додаткових байтів, які вбудовані в заголовки СТМ-N, відповідно п.8.10 Рек. G.707.

Інтерфейси типу F використовуються для зв'язку з місцевим контрольно-управляючим пристроєм (комп'ютером). Є інтерфейси службового зв'язку, синхронізації та інш.

Оптичні інтерфейси, відповідно Рек.G.957, використовуються для передавання сигналів СТМ-1,4,16 по лініям. Система обслуговування апаратури призначена для контролю і управління всіма операціями, що необхідні для функціонування апаратури і мережі ЦСП СЦІ, і має програмне та апаратне забезпечення.

На апаратному рівні в неї входить центральний управляючий пристрій (мережна робоча станція), місцеві термінали, інтерфейси обслуговування і контролери апаратури. Інтерфейси обслуговування розподіляються на інтерфейси нижчого і вищого рівнів. До інтерфейсів нижчого рівня відносяться інтерфейси щодо сигналізації стойки/ряду/станції і інтерфейси для контролю і управління зовнішньою апаратурою (наприклад, до датчиків несанкціонованого доступу, датчиків пожежі, до джерел синхронізації і живлення). Вони повинні представляти собою групи замкнених чи розімкнених контактів реле (або контактів іншого типу), які керуються за допомогою контролерів апаратури.

До інтерфейсів вищого рівня належать інтерфейси центрального управляючого пристрою та місцевого терміналу. Система обслуговування функціонує на мережному рівні та рівні елементів. На першому рівні утворюються та обслуговуються мережні об'єкти - секції, тракти і канали. На другому рівні утворюються та обслуговуються мережні елементи - вузли та станції мережі. На цих двох рівнях в системі обслуговування виконуються наступні основні операції: доступ в систему обслуговування конфігурування; обслуговування аварійних сигналів; контроль якості; адміністрування (встановлення паролей, контроль якості, архівування даних).

5.2. Формування модулів СТМ-N і функціональні блоки перетворення.

Формування модулів СТМ-N необхідно розглядати разом з функціональними блоками, де відбуваються відповідні перетворення, що повинні відповідати Рек.G.783[4].

На рис.5.1. приведені функціональні блоки, призначення яких наступне:

PI - фізичний інтерфейс, забезпечує перетворення та введення/виведення станційного сигналу;

LPA - адаптація до маршруту VC нижчого рівня, вказує маршрут віртуального контейнера;

LPT - початок/закінчення маршруту VC нижчого рівня, додає заголовок до віртуального контейнера;

LPC - з'єднання декількох VC нижчого рівня;

HPA - адаптація до маршруту VC вищого рівня;

HPT - початок/закінчення маршруту VC вищого рівня;

HPC - з'єднання декількох VC вищого рівня;

SA - опорна точка схеми перетворення системи адміністративного управління;

MSP - захист мультиплексорної секції;

MST - початок/закінчення мультиплексорної секції;

RST - початок/закінчення регенераторної секції;

SPI - фізичний інтерфейс сигналу SDH.

Функціональні і процес перетворення сигналів у функціональних блоках, для утворення модулю STM-N показаний на рис.5.1,5.2., де застосовані типові позначення для перетворення SDH - сигналів.

Формування модуля STM-1 з 2-х Мбіт/с потоку приведено на рис.5.3.

Розглянемо послідовність його утворення, як приклад:

* Формується контейнер C-12, який заповнюється інформацією з каналу доступу швидкістю 2,048 Мбіт/с, яка представляється у вигляді цифрової 32-байтної послідовності і повторюється циклічно з частотою 8 кГц ($2048000/8000=256$ бит або 32 байт).

В процесі формування C-12 можливе додавання вирівнюючих біт, а також інших фіксуєчих, управляючих та упаковуючих біт, отже розмір контейнера C-12 може дорівнювати 34 байт.

* До контейнера C-12 додається маршрутний заголовок POH довжиною в один байт з вказівником маршрутної інформації, яка використовується для збору статистики проходження контейнера. В результаті формується віртуальний контейнер VC-12 розміром 35 байт.

* Формально додавання вказівника TU - Pointer довжиною в один байт до віртуального контейнера VC-12 перетворює його в субблок TU-12 довжиною 36 байт.

* Послідовність субблоків TU-12 в результаті байт - мультиплексування 3:1 перетворюється в групу субблоків TUG - 2 із сумарною довжиною послідовності 108 байт ($36*3=108$).

* Послідовності TUG - 2 підлягає у повторному байт - мультиплексуванні 7:1, в результаті якого формується група субблоків TUG - 3 - кадр довжиною 756 байт ($108*7=756$).

* Отримана послідовність байт - мультиплексування 3:1, в результаті чого формується послідовність блоків TUG - 3 із сумарною довжиною 2322 байт ($756*3=2322$).

* Формується віртуальний контейнер верхнього рівня VC-4 в результаті додавання до отриманої послідовності маршрутного заголовку POH довжиною 9 байт, що формує кадр довжиною 2331 байт ($2322+9=2331$).

* На останньому етапі відбувається формування синхронного транспортного модуля STM-1. При цьому спочатку формується AU-4 шляхом додавання вказівника AU - Pointer довжиною 9 байт, який міститься у секційному заголовку SOH, та, у свою чергу, складається із заголовка мультиплексорної секції MSON та заголовка регенераційної секції RSON, а потім формується група адміністративних блоків AUG шляхом формально мультиплексування 1:1 AU-4. До групи адміністративних блоків AU додається секційний заголовок SOH, який формує синхронний транспортний модуль STM-1 з довжиною кадра 2430 байт, що при частоті повторення 8 кГц відповідає швидкості передачі 155,52 Мбіт/с.

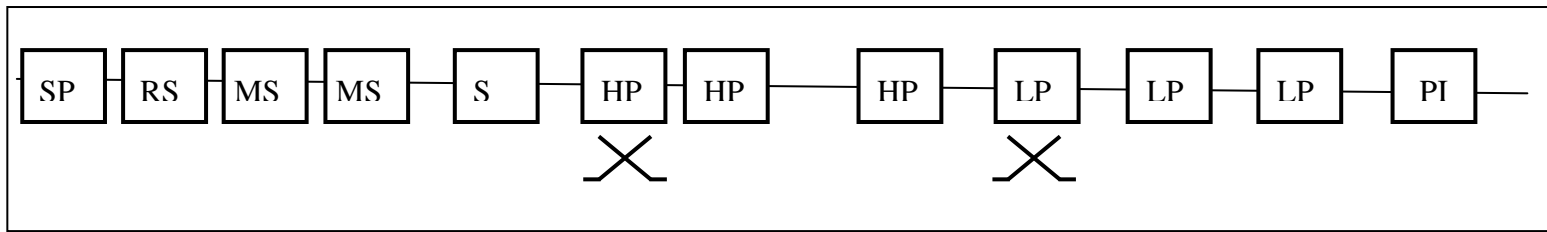


Рис. 5.1

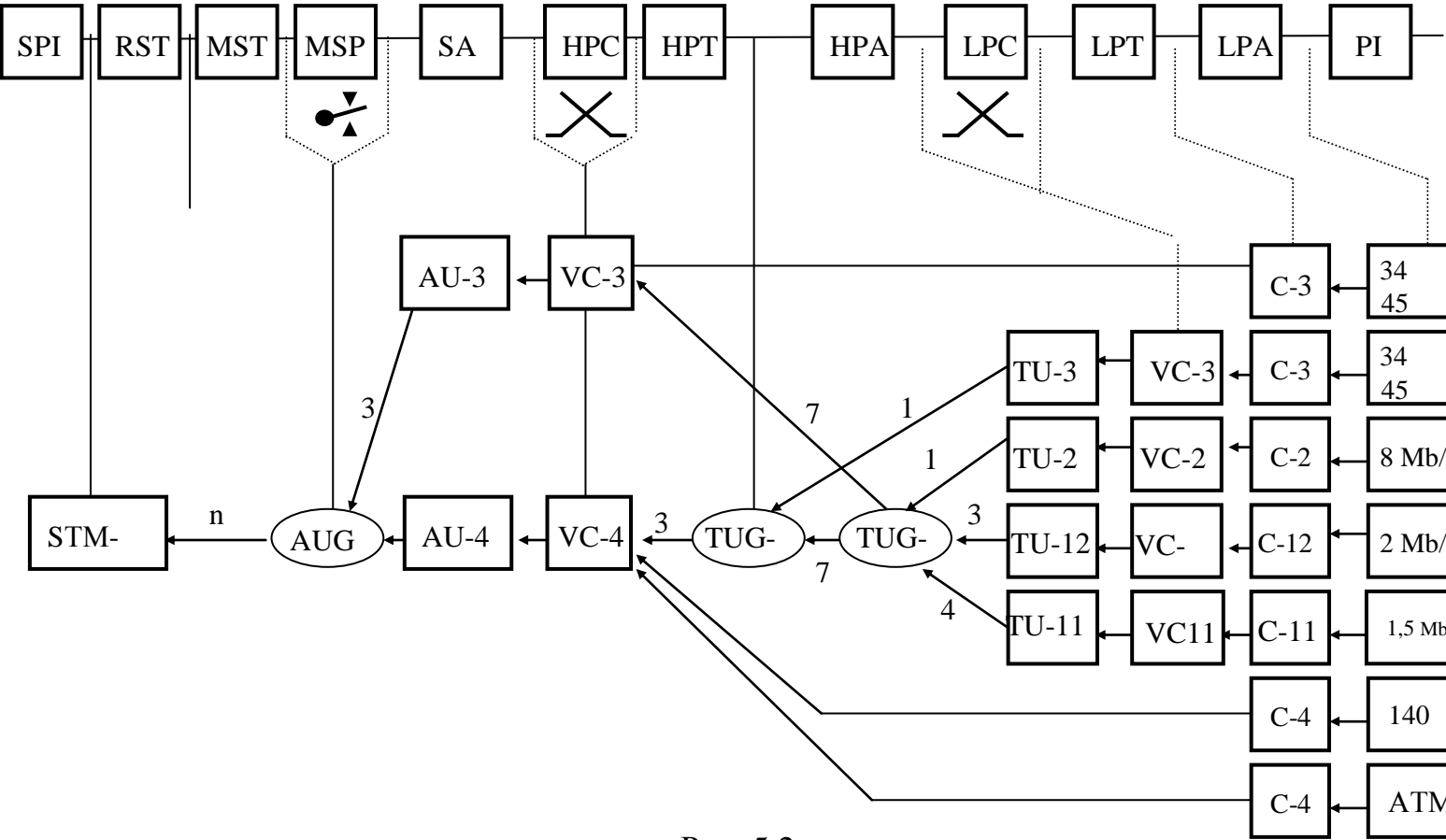


Рис. 5.2

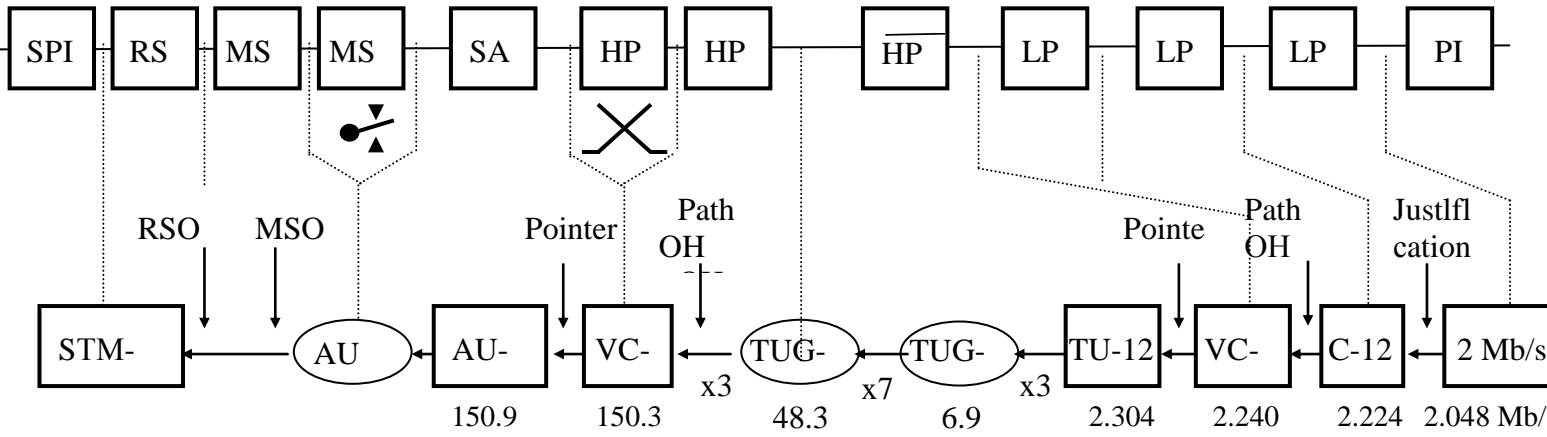


Рис. 5.3

5.3. Систематизація логічних функцій обладнання СЦІ.

На певному етапі розвитку мереж СЦІ, головним чином, в зв'язку з формалізацією завдань управління такими мережами, з'явилась необхідність визначити набір логічних функцій, що виконується обладнанням СЦІ і провести їх систематизацію.

В Рекомендації МСЕ-Т G.782 приведена така систематизація і схема мультиплексування, яка складена із узагальнених логічних блоків, що виконують певну логічну функцію. Узагальнена логічна схема мультиплексування, яка реалізує функції групоутворення СЦІ приведена на рис.5.4, де прийняті наступні скорочення позначень функцій [8,15]:

HCS - контроль з'єднань на рівні віртуального контейнера верхнього рівня;

HOA - складання віртуального контейнера верхнього рівня;

HOI - інтерфейс складання віртуального контейнера верхнього рівня;

HRA - адаптація до маршруту віртуального контейнера верхнього рівня;

HRC - з'єднання декількох віртуальних контейнерів верхнього рівня;

HPOM - контроль трактового заголовку (РОН) верхнього рівня;

HPP - резервування тракту верхнього рівня;

HPT - початок/закінчення маршруту віртуального контейнера тракту верхнього рівня;

HUG - генерація незавантаженого віртуального контейнера верхнього рівня;

LCS - контроль з'єднань на рівні віртуального контейнера нижнього рівня;

LOI - інтерфейс складання віртуального контейнера нижнього рівня;

LRA - адаптація до маршруту віртуального контейнера нижнього рівня;

LRC - з'єднання декількох віртуальних контейнерів нижнього рівня;

LPOM - контроль трактового заголовку (РОН) нижнього рівня;

LPP - резервування тракту нижнього рівня;

LPT - початок/закінчення маршруту віртуального контейнера тракту верхнього рівня;

LUG - генерація незавантаженого віртуального контейнера нижнього рівня;

MCF - функція обміну повідомленнями;

MSA - адаптація на рівні мультиплексної секції;

MSP - резервування мультиплексної секції;

MST - початок/закінчення мультиплексної секції;

N - еталонна точка для регенераційної секції

OHA - функція доступу до заголовку SOH;

P - еталонна точка каналу передачі даних для мультиплексної секції;

PPI - фізичний інтерфейс ПЦІ;

RST - початок/закінчення регенераторної секції;

S - еталонна точка управління, наприклад, аварійне, адміністративне управління;

SEMF - функція управління обладнанням СЦІ;

SETRI - фізичний інтерфейс хронуючого джерела синхронного обладнання;

SETS - хронуюче джерело синхронного обладнання;

SPI - фізичний інтерфейс сигналу СЦІ;
T - еталонна точка джерела синхронізації;
TTF - функція закінчення транспортування віртуального контейнера;
V - еталонна точка інтерфейсу між SEMF і MCF;
U - еталонна точка доступу до заголовку;
Y - еталонна точка формування статусу синхронізації.

Слід вказати, що SPI має три опції: електричну або оптичну в самій станції (вузлі) та оптичну - між станціями (вузлами).
Приведені узагальнені логічні блоки широко застосовуються в керівництвах з апаратури СЦІ різних компаній.

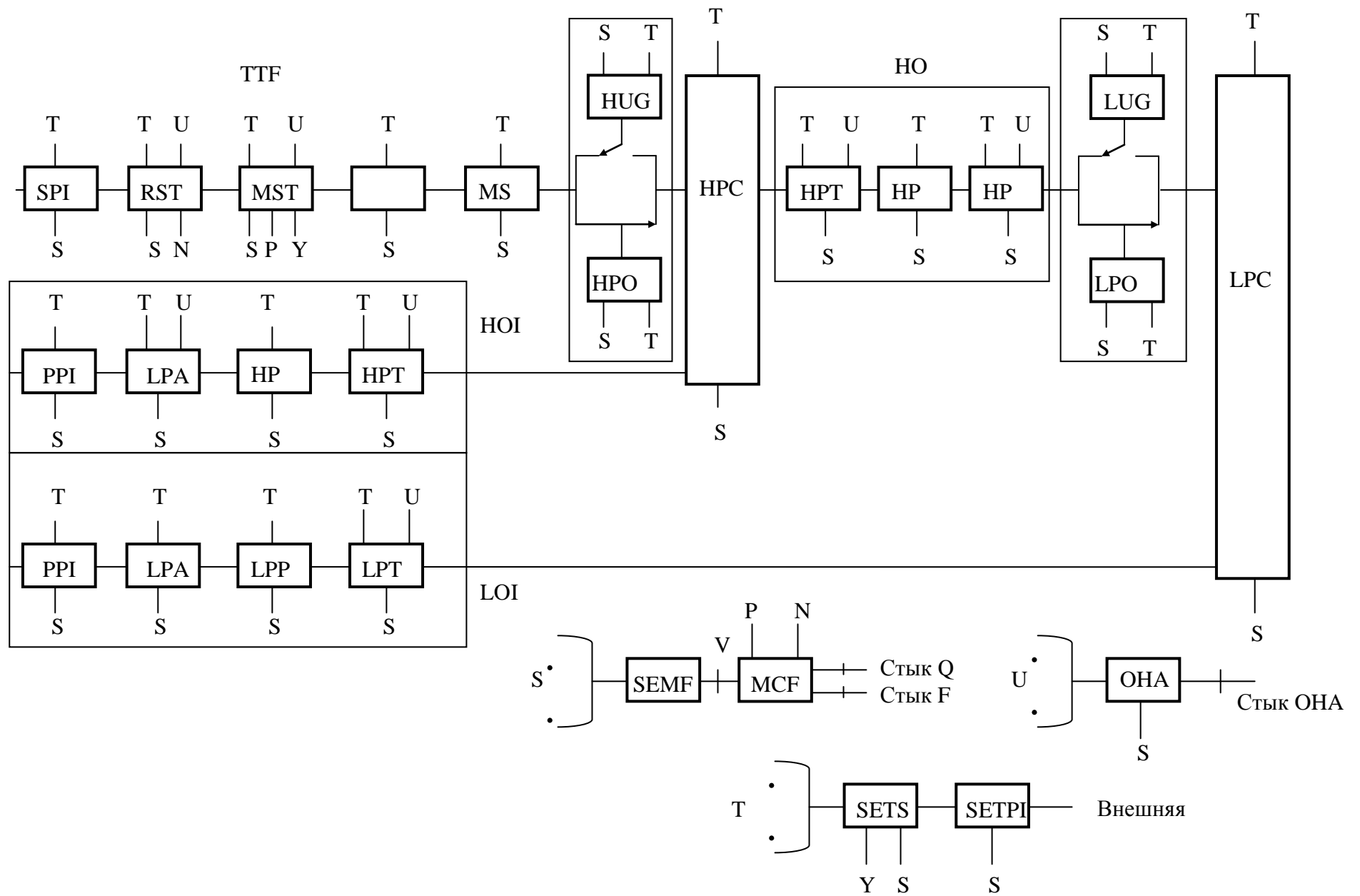


Рис. 5.4

5.4. Протоколи обслуговування вбудованих каналів управління мереж СЦІ.

Внутрішні зв'язки в рамках TMN для оперативного управління та обслуговування трактів і каналів СЦІ підтримуються за допомогою вбудованих в STM-N відповідних заголовків [3,4]. Інформаційне забезпечення функцій експлуатації, адміністрування, обслуговування при передачі інформації в мережах СЦІ реалізується за допомогою вбудованих каналів передачі даних (DCC). При їх побудові використовують набір протоколів еталонної моделі взаємодії відкритих систем OSI. Розглянемо рівні і відповідні їм протоколи, що застосовуються:

- Фізичний рівень - Протокол DCC (не обумовлений DCC) представляє фізичний рівень і працює в регенераторній секції для передавання повідомлень як канал 192 кбіт/с (байти СЦІ Д1÷Д3), а в мультиплексній секції - як канал 576 кбіт/с (байти СЦІ Д4÷Д12).
- Рівень ланки даних (канальний рівень) - Протокол LAPD (Q.921 MCET) забезпечує через DCC мережі СЦІ зв'язок "крапка-крапка" між кожною парою суміжних мережевих вузлів (станцій). Використовує два типи обслуговування: передавання інформації з підтвердженням приймання AITS (квітування) і базуванням на Рек. Q.921; передавання інформації без квітуючого сигналу UITS, яке базується на Рек. Q.921; Q.922 і ISO 8473.
- Мережевий рівень - відповідно Рек. Q.811 використовується протокол ISO 8473. Він забезпечує дейтаграмний сервіс, для високоякісних високошвидкісних мереж. Цей же стандарт визначає протоколи зведення, що використовуються для передавання, як по орієнтованим так і ні, на установлення з'єднань підмереж на рівні ланки даних, для чого використовуються функції якості обслуговування QOS. Її параметри визначаються протоколом ISO 8473 і відносяться до компетенції мережевого оператора.
- Транспортний рівень - його вимогам відповідає протокол класу 4, що забезпечує, в відповідності із Рек. Q.812, надійне доставлення мережею і транспортування, неорієнтованого на установлення з'єднання, нижчележачого мережевого сервіса (див.стандарт ISO 8473/AD2), що реалізується на рівні ланки даних, як через орієнтовані так і ні, на установлення з'єднання підмереж.
- Сеансовий рівень - використовує сеансовий протокол, відповідно з Рек. Q.812, що забезпечує синхронізацію взаємодіючих систем зв'язку при діалозі та управлінні, з врахуванням вимог двох верхніх рівнів запитанням на транспортні з'єднання.
- Рівень представлення - використовує протокол представлення в відповідності з Рек. Q.812. Цей рівень і нотація абстрактного синтаксиса ASN.1 повинні забезпечити можливість розуміння як контексту, так і синтаксиса інформації, що передається з прикладного рівня на нижчележачі рівні.

- Прикладний рівень - використовує Протокол SMIP (див.стандарт ISO 9586). Підтримка протоколу передачі файлу, доступу та менеджмента FTAM не вимагається.

В рамках SMIP використовується слідуєчі опції:

* сервісні елементи загальної управляючої інформації CMISE, дистанційних операцій ROSE та асоціативного управління.

В роботі використані скорочення:

OIS - взаємодія відкритих систем;

ECC - вбудований канал управління;

SDH - синхронна цифрова ієрархія;

LAPD - протокол доступу до ланки даних для D-каналу;

ATS - сервіс: передавання інформації з підтвердженням її прийняття (квітування);

UTS - сервіс: передавання інформації з підтвердженням її прийняття (без квітування);

QOS - якість обслуговування;

ISO - міжнародна організація по стандартизації;

ASN.1 - нотація абстрактного синтаксиса-1;

SMIP - протокол загальної інформації управління;

FTAM - протокол передачі файлу дистанційного доступу та менеджмента;

ROSE - сервісний елемент дистанційних операцій;

CMISE - сервісний елемент загальної інформації управління.

5.5. Критерії оцінки стану КО, ОТЕ СЦ, формування узагальнених оцінок.

Критерії оцінки стану КО, ОТЕ каналів, трактів, апаратури первинної мережі окремого оператора зв'язку виробляються за допомогою оперативно-технічного контролю, що представляє собою процес визначення відповідності узагальненим оцінкам стану нижченаведених КО, ОТЕ:

- мережні вузли (станції) - КО-МВ (МС);

- ліній передачі та їх ділянок, мультиплексорних і регенераційних секцій для ЦСП СЦ - КО - ЛП (ДЛП);

- лінійних трактів та їх ділянок - КО-ЛТ (ДЛТ);

- мережних трактів та їх ділянок - КО-МТ (ДМТ);

- каналів передачі - КО-КП.

Для сучасних ЦСП визначення узагальнених оцінок стану повинно виконуватись для всіх ОТЕ. Узагальнені оцінки стану формуються відповідно результатам експлуатаційного контролю. КО (ОТЕ для сучасних ЦСП) характеризуються слідуєчими узагальненими оцінками стану:

"НОРМА" - параметри якості і елементи КО знаходяться в межах установлених допусків (нормальна якість);

"ПОПЕРЕДЖЕННЯ" - параметри якості знаходяться в межах встановлених допусків, але параметри елементів КО, режим і умови праці свідчать про підвищену можливість відказу КО (прийнятна якість);

"ПОШКОДЖЕННЯ" - параметри якості вийшли за межі встановлених допусків в результаті порушення режиму КО та наявності пошкодження в ньому, але КО зберігає стан працездатності (погіршення якості);

"АВАРІЯ" - параметри якості вийшли за межі встановлених допусків в результаті порушення режиму КО або наявності несправності в ньому, в зв'язку з чим спостерігається відказ КО (несприйнята якість).

Оперативно-технічний контроль виконується безперервно без виведення КО із експлуатації. Сповіщення про стан КО передається в СТЕ (ЦУМЗ). Основним параметром оцінки стану трактів при оперативно-технічному контролі є якість передавання сигналів.

В АСП оцінка якості передавання сигналів виконується за рівнями контрольних частот лінійних і мережних трактів.

Якість передавання в ЦСП нового покоління оцінюється відповідно показників помилок (ES і SES), а для ЦСП старого покоління - по коефіцієнту помилок [1,5]. Для КО-ЛТ (мультиплексні і регенераційні секції) та КО-МТ (віртуальні контейнери і компонентні тракти) ЦСП СЦІ формування сигналів узагальнених оцінок стану КО (ОТЕ) слідує:

- "АВАРІЯ" - при реєстрації 10 послідовних секунд вражених помилками (SES) (несприйнятна якість);

- "ПОШКОДЖЕННЯ" - при перевищенні допустимих меж еталонних норм показників помилок (ES, SES) (погіршена якість);

"ПОПЕРЕДЖЕННЯ" - при виникненні несправності в апаратурі чи обладнанні ЦСП СЦІ, не приводить до погіршення якості передачі (прийнятна якість).

Контроль показників помилок реалізується в байтах В1 заголовку регенераційної секції, В2 заголовку мультиплексної секції, В3 заголовку тракту вищого порядку і В5 заголовку тракту нижчого порядку та, при можливості контролю, на компонентних виходах апаратури [3,4].

"НОРМА" - параметри якості ОТЕ знаходяться в межах встановлених допусків (нормальна якість).

Для визначення якісного стану цифрового каналу або тракту за помилками використовують такі показники:

- коефіцієнт помилок по секундам з помилками (ESR) - відношення кількості секунд з помилками до загальної кількості секунд протягом часу готовності з'єднання за визначений час вимірювання;

- коефіцієнт помилок по секундам, які сильно уражені помилками (SESR) - відношення кількості сильно уражених помилками секунд до загальної кількості секунд протягом часу готовності з'єднання за визначений період вимірювання;

- коефіцієнт помилок по бітах (BER) або по блоках з фоновими помилками (BBER) - відношення кількості зіпсованих символів (блоків) до загальної кількості символів (блоків), які були передані протягом часу готовності

з'єднання на визначений період вимірювання. До загальної кількості блоків не входять блоки секунд, які сильно уражені помилками (SES).

В свою чергу секунда з помилками (ES) - це одnoseкундний інтервал, протягом якого має місце принаймні одна помилка (для цифрових каналів) або одnoseкундний інтервал з одним або з декількома блоками з помилками (для цифрових трактів). Блок з помилками (BE) - це блок, в якому один або декілька біт, які належать до цього блоку, зіпсовані.

Секунда, яка сильно уражена помилками, (SES) - це одnoseкундний інтервал, протягом якого коефіцієнт помилок по бітах перевищує або дорівнює 10^{-3} (для ОЦК) або одnoseкундний інтервал, в якому кількість зіпсованих помилками блоків з фоновими помилками перевищує 30% або має принаймні один період з серйозними порушеннями (для ЦТ). Блок з фоновими помилками (BBE) - це блок з помилками, який не входить до складу SES. Для оцінки експлуатаційних характеристик повинні використовуватись результати вимірювань тільки в періоди готовності каналу або тракту. Інтервали неготовності з аналізу вилучаються.

Показники помилок цифрових каналів і трактів - це статистичні параметри і норми, які визначаються з відповідною ймовірністю їх виконання. Для розглянутих помилок використовуються оперативні норми та довгострокові норми. Довгострокові норми визначаються на підставі еталонних норм на показники помилок для міжнародного з'єднання максимальною довжиною 27500 км, які наведені в Рек. G.821 для ОЦК на Рек.G.826 для ЦТ з швидкістю 2048 кБіт/с і вище. Методика їх визначення для мереж України, виходячи з еталонної мережі 2500 км в складі магістральної, внутрішньозонової і місцевої, викладено в ДКЗІ КНД 45-074-97.

На магістральну мережу довжиною 1800 км відводиться 2,9% від загальної норми міжнародного з'єднання. На внутрішньозонову мережу довжиною 250 км з кожної сторони відводиться 7,5% від загальної норми для міжнародного з'єднання. На місцеву мережу довжиною 100 км з кожної сторони відводиться 7,5% від загальної норми для міжнародного з'єднання. На абонентську лінію з кожного боку відводиться 15% від загальної норми. Довгострокові норми перевіряються в експлуатаційних умовах не менше одного місяця.

Оперативні норми розроблені на підставі Рек. M.2100, M.2101, M.2110; M.2120 і потребують для такої оцінки відносно недовгих періодів вимірювання. Серед оперативних норм визнають такі: норми для введення в експлуатацію; норми технічного обслуговування; норми відновлення систем після ремонту.

Норми для введення в експлуатацію використовуються тоді, коли канали та тракти вже пройшли випробування на відповідність довгостроковим нормам. Норми технічного обслуговування використовуються при контролі протягом експлуатації трактів і для визначення необхідності виведення з експлуатації при виході контрольованих параметрів за припустимі межі. Норми відновлення систем використовуються при здаванні тракту до експлуатації після ремонту обладнання. Оперативні норми на показники помилок дозволяють проводити

нормування характеристик помилок ОЦК і ЦТ за секундні інтервали часу при короткочасних вимірюваннях, при цьому забезпечується виконання довгострокових норм. Оперативні норми визначаються для двох показників помилок: коефіцієнту помилок по секундах з помилками (ESR); коефіцієнту помилок по секундах, які сильно уражені помилками (SESR).

Визначення відповідності оперативним нормам відбувається за допомогою оперативно-технічного контролю без перерви зв'язку. Використовують також перевірку відповідності із застосуванням засобів вимірювання з перервою зв'язку.

Розглянемо норми технічного обслуговування цифрових трактів, що використовуються для контролю трактів під час експлуатації, а також визначення необхідності виведення тракту з експлуатації при значному погіршенні показників помилок.

Для сучасних цифрових систем передачі застосовується кероване технічне обслуговування, що виконується шляхом систематичного застосування методів аналізу стану ОТЕ з застосуванням засобів контролю робочих характеристик ОТЕ, засобі управління якістю передавання та усуненням несправностей і направлення на зведення до мінімуму профілактичного технічного обслуговування та скорочення корегуючого технічного обслуговування. На Рис.1.5 показана спрощена структурна схема технічного і оперативно-технічного обслуговування обладнання, апаратури, секцій, трактів і каналів передавання первинної мережі електрозв'язку загального користування (ЕЗЗК).

КТО включає в себе:

- неперервний експлуатаційний контроль;
- оперативно-технічний контроль;
- операції управління та переключення на резерв.

Перевірка тракту протягом технічної експлуатації виконується за допомогою засобів безперервного експлуатаційного контролю показників помилок секцій і трактів за періоди часу 15 хвилин і 1 доба.

До норм технічного обслуговування входять:

- Граничні значення неприпустимої якості. Якщо значення показників помилок виходять за межі цих значень, тракт необхідно вивести з експлуатації.
- Граничні значення зниженої якості. При виході за межі цих значень контроль даного тракту і аналіз характеристик помилок повинні виконуватись більш ретельно і частіше.

Для норм при технічному обслуговуванні трактів, порогові значення для ESR і SESR задаються у відповідності з технічними вимогами, які визначені розробниками даного виду апаратури СП та засобів контролю показників помилок.

Якщо ці порогові значення не виставлені, тоді для визначення необхідності виведення тракту з експлуатації при 15^{ти} хвилинному періоді спостережень можна використовувати значення, які наведені в табл.5.1, де приведені граничні

значення показників помилок ES і SES для виведення з експлуатації цифрових трактів при 15^{ти} хвилинному періоді спостереження.

Таблиця 5.1

Частки експлуат. норм для ділянок тракту довжиною L км	Показники помилок	Граничні значення ES і SES для Виведення з експлуатації				
		Трактів ПЦ і СЦ	Секцій мультиплексування			
			STM-1	STM-4	STM-16	STM-64
від 500 до 2500	ES	120	50	50	65	80
	SES	15	10	10	10	10

Методика визначення норм оперативних і довгострокових приведена в КНД 45-074-97 ДКЗІ.

5.6. Сигнали технічного обслуговування апаратури та трактів СЦІ.

Сигнали ТО представляють собою сигнал індикації аварійного стану (CIAC) секції групоутворення і сигнал відказу на прийомі дальнього кінця (RDI) тракту і помилки в блоці дальнього кінця (REI).

Розглянуті сигнали ТО тракту застосовуються також до трактів вищого і нижчого порядку. На рис.5.5 показана взаємодія сигналів ТО від рівня до рівня та між рівнозначними рівнями, що забезпечується в заголовку СЦІ[8,10].

Якщо втрачається вхідний сигнал регенератора активізується запасний тактовий генератор і в напрямку передавання посиляється сигнал, який має дійсний заголовок RSON і сигнал CIAC секції групоутворення (MS-AIS). Це дає можливість при необхідності активізувати функції, що виконуються заголовком RSON.

MS-AIS (CIAC) визначається як всі "1" в бітах 6,7 і 8 байта K2 після дескремблювання.

MS-RDI використовується для повернення на передавальну станцію вказівки, що станція прийому виявила пошкодження вхідної станції або в якості CIAC секції приймання.

MS-RDI визначається як код 110 в бітах 6,7,8 байта K2 після дескремблювання. Вказівка відсутності обладнання ВК-n (n=3,4) чи ВК-4хС - всі нулі в мітці сигналу тракту віртуального контейнера (байт С2) після скремблювання. Так само для тракту нижнього рангу ВК-12/ВК-2 - всі нулі в мітці сигналу тракту нижнього рангу (біти 5-7 байта V5). Цей код вказує кінцевому обладнанню

віртуального контейнера, що даний контейнер навмисно не обладнаний, тому аварійні сигнали повинні бути подавлені.

CIAC трактів TU-n (n=12,2,3) визнається як всі "1" в TU-n разом з його вказівником (TU- AIS) включно. Аналогічно, CIAC трактів AU-n (n=4) визначається як "1" в AU-n разом з його вказівником (AU- AIS) включно. Всі трактові CIAC передаються в сигналах STM-N з діючими SOH.

На рис.5.5 прийняті наступні позначення:

● - виявлення;

○ - генерація;

"1" - введення сигналу, що складається із одних одиниць (CIAC);

AIS - сигнал індикації аварійного стану;

FEBE/REI - помилка на дальньому кінці;

FERE/RDI - відказ на прийомі на дальньому кінці;

LOF - втрата циклу;

LOM - втрата зверхциклу;

LOS - втрата сигналу;

LOP - втрата вказівника;

SLM - невідповідність мітки сигналу, байти C2 (POH, BK-n);

TIM - невідповідність ідентифікації трасировки;

UNEQ - необладнаний сигнал в відповідності "C2" чи "V5";

NOVC - BK вищого порядку (BK-n);

LOVC- BK нижчого порядку (BK- m);

HP - тракт вищого порядку;

LP - тракт нижчого порядку.

Примітки до рис.5.5:

1. Даний стовпець є функцією впровадженого з'єднання, яке присутнє в регенераторі.

2. Введення сигналу, що складається з одних одиниць (CIAC) і сигналу відказу при прийманні на дальньому кінці FERE(RDI), що при деяких дефектах може бути довільним.

На рис.5.5 ці варіанти показані пунктирними лініями.

На рис.5.6 приведений варіант схеми взаємодії сигналів обслуговування, що частіше застосовується в мережних вузлах і станціях.

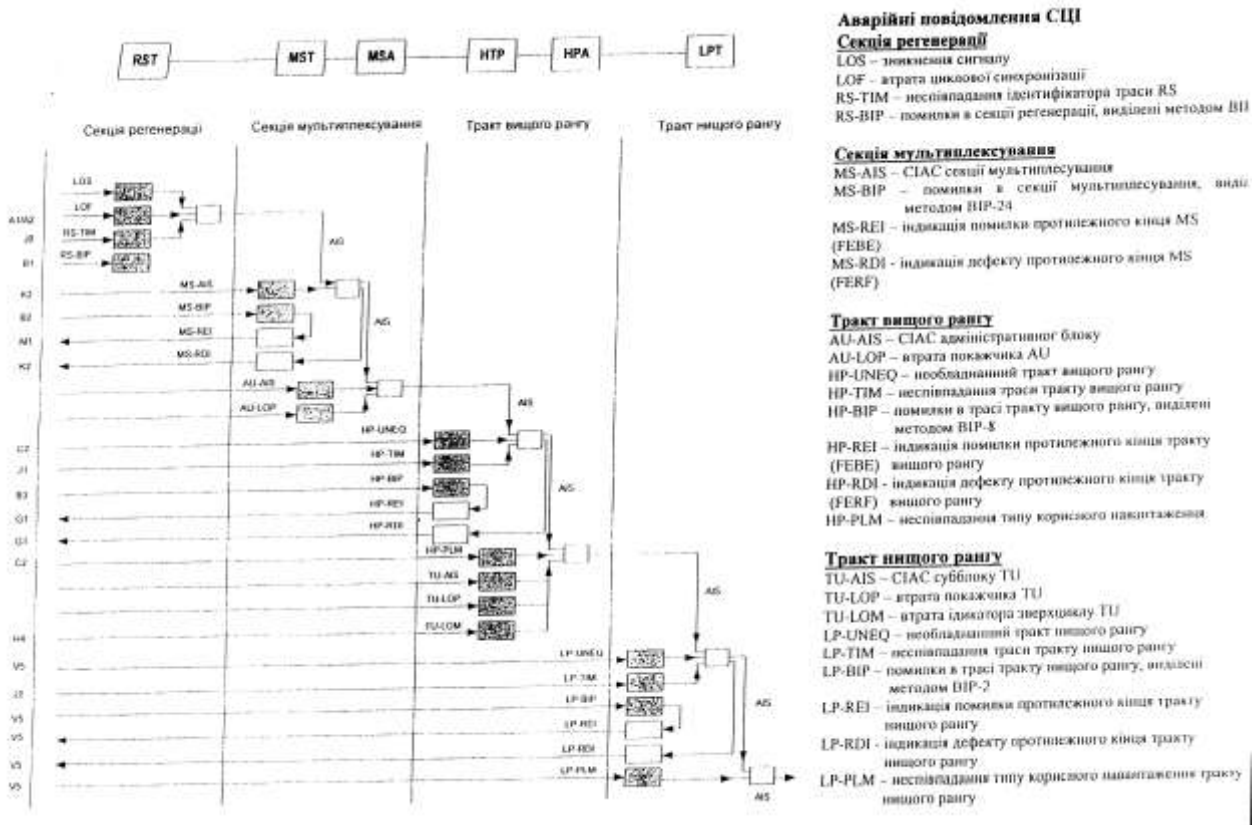


Рис.5.6

На практиці для локалізації й усунення пошкоджень в ЦСП СЦІ використовуються наступні сигнали:

CIAC (Alarm Indication Signals, AIS) - Сигнал індикації аварійних станів надсилається, при наявності пошкодження в напрямку прийому сигналу, в напрямку передачі сигналу. AIS мультиплексної секції (MS-AIS) являє собою всі "1" у бітах 6, 7, 8 байта K2 SOH після дескремблювання. AIS компонентного або адміністративного блоку (TU-n AIS або AU-n AIS) являє собою всі "1" у всьому циклі TU-n або AU-n, включаючи показник.

(Remote Defect Indication, RDI, раніше називався FERF) - Сигнал індикації віддалених дефектів. MS-RDI надсилається на передавальний кінець у випадку аварії на приймальному кінці або прийому AIS й представляє собою код "110" у бітах 6, 7, 8 байта K2 SOH після дескремблювання.

(Remote Error Indication, REI, раніше називався FEBE) - Сигнал індикації помилок на віддаленому кінці. Сигнал MS-REI, формується при перевищенні порога помилок цифрового потоку. Сигнал характеризує аварійний стан цифрових трактів та посилається на передавальний кінець у випадку помилок на віддаленому кінці секції і представляє собою код, що показує кількість помилок; надсилається у байті M1.

Для трактів VC-3,4 сигнал RDI записується в 5-му біті ("1" або "0") байта G1. Для трактів VC-12 сигнал RDI записується у 8-му біті байта V5 у вигляді "1" (пошкодження) або "0" (немає пошкоджень).

Для трактів VC-3.4 сигнал REI записується в певному коді, що показує кількість помилок та надсилається у бітах 1-4 байта G1. Для трактів VC-12 сигнал записується в 3-му біті байта V5 у вигляді “1” (помилки) або “0” (немає помилок).

LOS (Loss of Signal) - утрата сигналу; характеризує стан трактів, пошкодження цифрового потоку. Цей сигнал характеризує одну з трьох причин пошкодження:

- пошкодження оптичного кабелю;
- пошкодження патчкордів;
- пошкодження з'єднувальної лінії;
- пошкодження передавача чи приймача;
- пошкодження живлення мультиплексора.

При усіх випадках порушується зв'язок між мультиплексорами.

LOF (Loss of Frame) - втрата кадру сигналу (циклу). Сигнал, який характеризує порушення синхронізації циклу на прийомі секції регенерації. Як наслідок порушується структура SDH (пропадають усі тракти). Сигнал формується при аварії регенераційної секції.

TIM (Trace Identifier Mismatch) – порушення маршруту траси. Сигнал формується для віртуальних контейнерів при порушеннях траси. При цьому пропадають тракти відповідних віртуальних контейнерів VC4, VC3, VC12.

LOP (Loss of Pointer) – втрата вказівники. Характеризує порушення синхронізації при формуванні віртуального контейнера. При цьому пропадають тракти відповідних віртуальних контейнерів VC4, VC3, VC12.

SLM (Signal Label Mismatch) – невідповідність мітки сигналу. Характеризує порушення мітки виду корисного навантаження сигналу. При цьому пропадають тракти відповідних віртуальних контейнерів VC4, VC3, VC12.

LOM (Loss of Multiframe) – втрата мультифрейму (надциклу). Втрата мультифрейму призводить до аварії VC4. Порушується синхронізація потоків VC12.

TF (Transmission Fail) – збій при передачі.

Для оперативно технічного керування (OTU) пропонується формувати такі сигнали стану трактів SDH:

АВАРІЯ - сигнал який характеризує втрату послуг зв'язку по цифровому тракту SDH різних рівнів.

Таблиця 5.2 Формування сигналу “АВАРІЯ” тракту систем передачі SDH

Місце ушкодження	Характер ушкодження трактів SDH (найменування сигналів)	Умовне позначення сигналів SDH
------------------	---	--------------------------------

Секція регенерації	Ушкодження тракту передачі; пропадання сигналу; втрата кадру; помилки по бітах. Повна відмова обладнання (відсутність живлення, аварія оптичного обладнання як основного так і	TF, LOS, LOF, REI (FEBE)
Секція мультиплексуванн	Помилки по бітах; помилки по прийому на дальньому кінці; повна відмова обладнання.	REI (FEBE) RDI (FERF)
У віртуальних контейнерах VC4	Втрата мультифрейму.	LOM

Попередження - поява несправності на обладнанні, що не приводить до погіршення якості передавання.

Перелік сигналів, що характеризують стан ПОПЕРЕДЖЕННЯ:

1. Аварія основних джерел живлення;
2. Робота на резервних джерелах синхронізації;
3. Робота на резервній оптичній агрегатній платі (аварія основної агрегатної оптичної плати);
4. Робота на резервному тракті (аварія основного тракту);
5. Аварія вентиляторів обладнання мультиплексора;
6. Порухення роботи системи керування елементами мережі (якщо при цьому трафік не порушується);
7. Порухення роботи контролера мультиплексора (якщо при цьому трафік не порушується);
8. Робота на резервних на трибутивних платах;
9. Живлення мультиплексора від акумуляторів.
10. Перезапуск серверів робочої станції.
11. Фіксація помилок централізованими програмними засобами у трактах високого рівня при нормальній роботі трафіка.
12. Аварія на захистному лінійному тракті.

. Норма

НОРМА-сигнал, який характеризує стан цифрового тракту.

Сигнал формується у випадку, коли тракт з “аварійного” стану, або стану попередження переходить у стан “норма” (відсутні сигнали, які характеризують стан аварія й попередження).

Широкий набір сигналів аварійного стану і перевірка на парність, які вбудовані в байтах заголовків сигналів SDH, підтримують ефективне тестування в робочому режимі (без перерви зв’язку трафіку).

Головний аварійний стан - LOS, LOP, LOF викликають сигнали індикації аварійного стану AIS, які передаються в прямому напрямку.

В залежності від рівня ієрархії обладнання, яке використовується і обслуговується, формуються і відпрацьовуються різні аварійні сигнали.

5.7. Моніторинг експлуатаційних показників ONS15454

На березі ПАТ Укртелекома широко застосовується Обладнання мультисервісних транспортних платформ ONS15454. Тому розглянемо **Моніторинг експлуатаційних показників ONS15454[20]**.

Моніторинг експлуатаційних показників має на меті виявлення тенденцій зміни експлуатаційних показників транспортної мережі і її елементів, а також своєчасне запобігання можливих порушень в їх роботі.

В процесі моніторингу здійснюється збір, обробка, реєстрація, зберігання і відображення статистичних даних про контрольовані параметри ONS15454.

Контрольованими параметрами в ONS є:

- показники помилок відповідно до Рек. G.709 і G.8021;
- показники помилок відповідно до Рек. G.826;
- показники помилок системи FEC;
- оптичні параметри плат.

5.7.1. Моніторинг показників по помилках

Помилки є основним джерелом погіршення якості зв'язку, оскільки впливають як на передачу мовної інформації, так і на передачу даних.

Оцінка цифрового з'єднання по помилках проводиться на основі аналізу експлуатаційних аномалій і дефектів, що фіксуються на одинокосекундних інтервалах. Для цього в кожному функціональному шарі транспортної мережі є засоби контролю, призначені для виявлення експлуатаційних аномалій і дефектів.

Експлуатаційні аномалії і дефекти

Експлуатаційна аномалія виникає в тракті, коли спостерігаються одиничні зміни трактового заголовка відносно його нормального значення без зміни стану всього сигналу, тобто коли тракт не знаходиться в пошкодженому стані.

Перелік експлуатаційних аномалій для секцій і трактів СЦІ і ОТІ:

a_1 – блок з помилками **ЕВ**, виявлений методом VIP-п.

Примітка

Блок з помилками (**ЕВ**) – блок даних, в якому один або більше бітів є помилковими.

Експлуатаційний дефект виникає в тракті, коли спостерігаються зміни всього сигналу відносно його нормального стану.

Перелік дефектів для секцій і трактів СЦІ, що виявляються на ближньому кінці:

- d_1 - зникнення сигналу STM-N (RS-LOS);
- d_2 - втрата циклового синхронізму (RS-LOF);
- d_3 - неспівпадання ідентифікатора STM-N (RS-TIM);
- d_4 - прийом СІАС мультиплексної секції (MS-AIS);

- d₅ - прийом СІАС адміністративного блоку (AU-AIS);
- d₆ - втрата показчика AU (AU- LOP);
- d₇ - неспівпадання траси тракту верхнього рангу (HP-TIM);
- d₈ - не обладнаний тракт верхнього рангу (HP-UNEQ);
- d₉ - неспівпадання корисного навантаження (HP- PLM);
- d₁₀ - втрата індикатора надциклу TU (HP- LOM);
- d₁₁ - прийом СІАС субблоку (TU-AIS);
- d₁₂ - втрата показчика TU (TU-LOP);
- d₁₃ - неспівпадання траси тракту нижнього рангу (LP-TIM);
- d₁₄ - не обладнаний тракт нижнього рангу (LP-UNEQ).

Перелік дефектів для трактів СЦІ, що виявляються на дальньому кінці:

d ₁₅ -	аварія прийому на далекому кінці тракту верхнього рангу (HP- RDI);
d ₁₆ -	аварія прийому на далекому кінці тракту нижнього рангу (LP-RDI).

Перелік дефектів для секцій і трактів ОТІ, що виявляються на ближньому кінці:

- d₁ - зникнення сигналу (OCH-LOS);
- d₂ - втрата циклового синхронізму секції (OTUk-LOF);
- d₃ - неспівпадання ідентифікатора секції (OTUk-TIM);
- d₄ - прийом СІАС тракту (ODUk-AIS);
- d₅ - блокування з'єднання (ODUk-LCK);
- d₆ - роз'єднання з'єднання (ODUk- OCI);
- d₇ - неспівпадання траси тракту (ODUk -TIM);
- d₈ - неспівпадання типу корисного навантаження (ODUk - PLM);

Перелік дефектів для трактів і секцій ОТІ, що виявляються на дальньому кінці:

d ₁₅ -	аварія прийому на дальньому кінці тракту (ODUk-BDI);
d ₁₆ -	аварія прийому на дальньому кінці секції (OTUk-BDI).

Контрольовані події

Аномалії і дефекти є причиною появи наступних подій:

- секунд з помилками (ES);
- секунд, сильно уражених помилками (SES);
- початку періоду неготовності (SUE);
- кінця періоду неготовності (TUE);
- фонових блоків з помилками (BBE).

Секунда з помилками (ES) – інтервал часу тривалістю в одну секунду, протягом якого має місце, принаймні, одна аномалія або дефект, що викликає появу одного блоку з помилками.

Секунда, сильно уражена помилками (SES) – інтервал часу в одну секунду, протягом якого має місце, принаймні, “х” аномалій або одне пошкодження, що викликає появу “х” блоків з помилками.

Початок періоду неготовності секції або тракту (SUE) фіксується при виявленні послідовності з “х” SES. Ці “х” секунд включаються в період неготовності (UAS).

Протягом періоду неготовності секунди з серйозними помилками SES не реєструються.

Кінець періоду неготовності (TUE) фіксується, коли реєструються “х”, що не являються SES. Ці “х” секунд включаються в період готовності (AS).

Фоновий блок з помилками (BBE) – блок з помилками, що не є частиною SES.

У мережевому елементі, як варіант, може додатково здійснюватися моніторинг наступних подій:

- **OFS** – секунда, що містить сигнал **OOF** (збій циклової синхронізації);
- **PJC** – кількість коректувань показчика AU;
- **NPJC** – кількість негативних коректувань показчика AU;
- **PPJC** – кількість позитивних коректувань показчика AU;
- **UAS** – період неготовності секції або тракту.

Приклади фіксації початку і кінця періоду неготовності, а також визначення подій ES, SES, BBE приведені на рис 5.7.1 і рис.5.7.2.

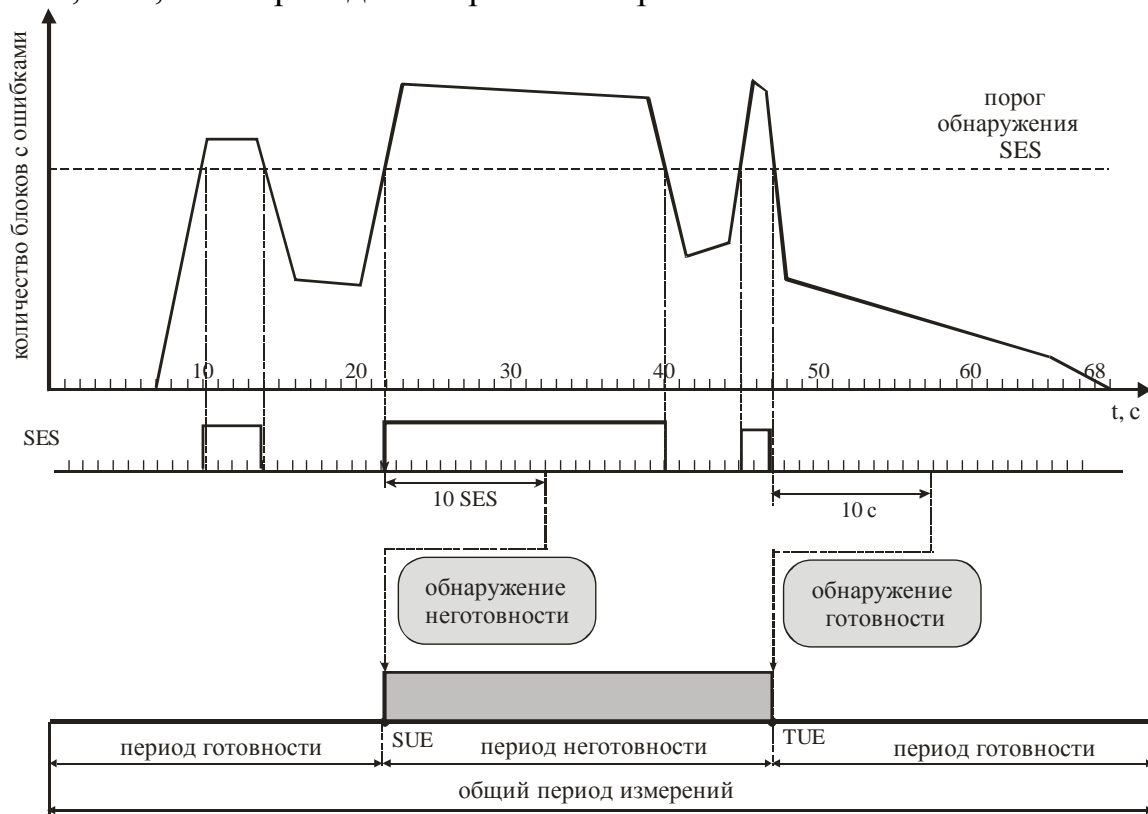


Рис 5.7.1. Приклад фіксації початку і кінця періоду неготовності

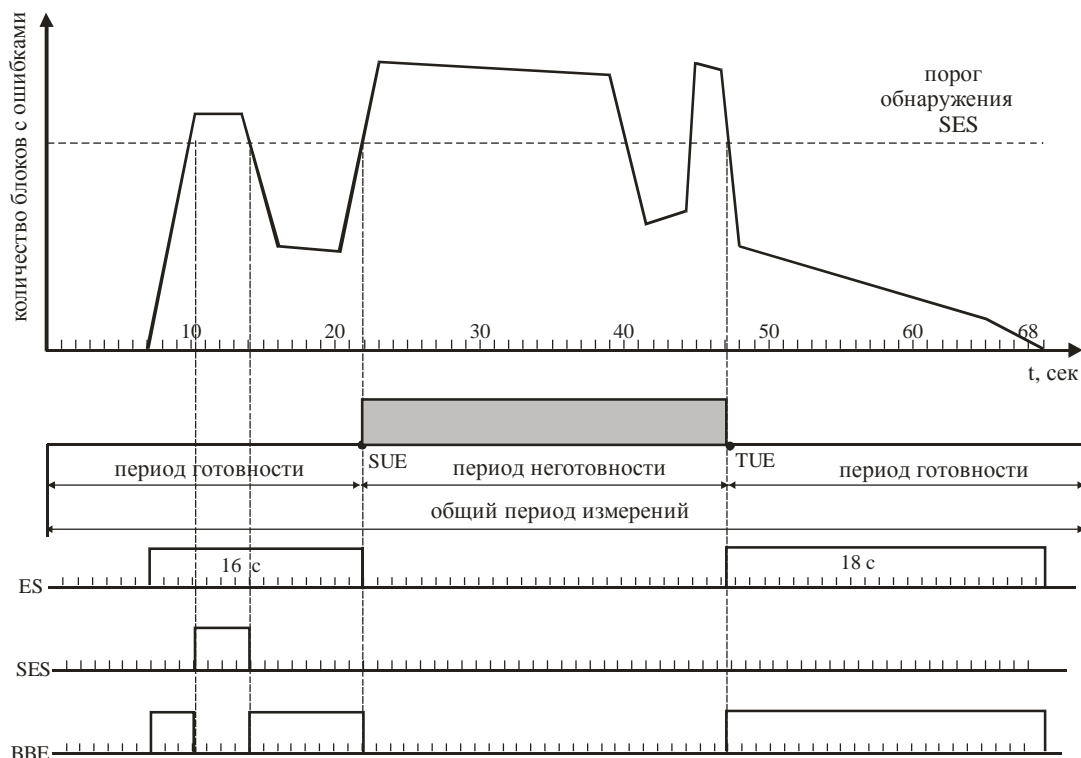


Рис.5.7.2. Приклад визначення подій ES, SES, BBE

Показники помилок

На основі подій по помилках можна обчислити якісні показники контрольованих об'єктів.

Для визначення якості функціонування цифрового (з'єднання) тракту або секції по помилках використовуються наступні показники помилок:

- **коефіцієнт секунд з помилками (ESR)** – відношення суми секунд з помилками до загальної кількості секунд в період готовності з'єднання впродовж вибраного інтервалу вимірів;
- **коефіцієнт секунд, сильно уражених помилками (SESR)** – відношення суми секунд, сильно уражених помилками, до загальної кількості секунд в період готовності з'єднання впродовж вибраного інтервалу вимірів;
- **коефіцієнт помилок по фонових блоках з помилками (BBER)** – відношення числа фонових блоків з помилками до загальної кількості блоків, переданих в період готовності з'єднання впродовж вибраного інтервалу вимірів;
- **коефіцієнт помилок по бітах (BER)** – відношення числа пошкоджених символів до загальної кількості символів, переданих в період готовності з'єднання впродовж вибраного інтервалу вимірів.

Показники помилок повинні обчислюватися в межах часу готовності секції або тракту, а також повинні фіксуватися періоди неготовності. При цьому

$$T_{\text{гот.}} = T_{\text{общ.}} - T_{\text{негот.}}$$

де $T_{\text{гот.}}$ – період готовності з'єднання;

$T_{\text{общ.}}$ – загальний період вимірів;

$T_{\text{негот}}$ – період неготовності з'єднання.

Протягом періоду готовності підраховується сумарна кількість одnoseкундних інтервалів, що мають, принаймні, одну помилку, тобто сума ES і сумарна кількість одnoseкундних інтервалів, що містять більше 30% блоків з помилками, тобто сума SES. Потім розраховуються коефіцієнт секунд з помилками (ESR) і коефіцієнт секунд, сильно уражених помилками (SESR), як відношення, відповідно суми ES або SES до загальної кількості секунд в період $T_{\text{гот}}$. впродовж вибраного інтервалу вимірів.

Об'єкти моніторингу якісних показників

Моніторинг якісних показників може вироблятися в різних об'єктах – місцевих або відалених. Перелік можливих об'єктів моніторингу, а також оброблювані події приведені в таблиці 5.7.1.

Об'єкти моніторингу робочих характеристик

Таблиця 5.7.1

Об'єкт моніторингу	Події, параметри
Ближній кінець регенераційної секції RS Near End	RS-ES, RS-BBE, RS-SES, RS-UAS, RS-ESR, RS-SESR, RS-BBER,
Ближній кінець мультиплексної секції MS Near End	MS-ES, MS-BBE, MS-SES, MS-UAS, MS-ESR, MS-SESR, MS-BBER
Далекий кінець мультиплексної секції MS Far End	MS-ES, MS-BBE, MS-SES, MS-UAS, MS-ESR, MS-SESR, MS-BBER
Ближній кінець секції OTUk Near End	ES-SM, BBE-SM, UAS-SM, SES-SM, ESR-SM, SESR-SM, BBER-SM, BIC, Unc-Word
Далекий кінець секції OTUk Far End	ES-SM, BBE-SM, UAS-SM, SES-SM, ESR-SM, SESR-SM, BBER-SM
Ближній кінець тракту ODUk Near End	ES-PM, BBE-PM, UAS-PM, SES-PM, ESR-PM, SESR-PM, BBER-PM
Далекий кінець тракту ODUk Far End	ES-PM, BBE-PM, UAS-PM, SES-PM, ESR-PM, SESR-PM, BBER-PM

5.7.2 Моніторинг оптичних параметрів плат

Моніторинг оптичних параметрів транспондерів і мукспондерів

Перелік оптичних параметрів РМ для клієнтської і лінійної сторони плат транспондерів і мукспондерів приведений в табл.2.2

Оптичні параметри РМ клієнтської і лінійної сторони

Таблиця 5.7.2

Оптичний параметр	Визначення
Laser Bias (Min, %)	Мінімальне значення струму зсуву лазерного діода у відсотках відносно номінальної величини на інтервалі часу моніторингу РМ
Laser Bias (Avg, %)	Середнє значення струму зсуву лазерного діода у відсотках відносно номінальної величини на інтервалі часу моніторингу РМ
Laser Bias (Max, %)	Максимальне значення струму зсуву лазерного діода у відсотках відносно номінальної величини на інтервалі часу моніторингу РМ
Rx Optical Pwr (Min, dBm)	Мінімальний рівень оптичної потужності, що приймається, на інтервалі часу моніторингу РМ
Rx Optical Pwr (Avg, dBm)	Середній рівень оптичної потужності, що приймається, на інтервалі часу моніторингу РМ
Rx Optical Pwr (Max, dBm)	Максимальний рівень оптичної потужності, що приймається, на інтервалі часу моніторингу РМ
Tx Optical Pwr (Min, dBm) ¹	Мінімальний рівень оптичної потужності, що приймається, на інтервалі часу моніторингу РМ
Tx Optical Pwr (Avg, dBm) ¹	Середній рівень оптичної потужності, що приймається, на інтервалі часу моніторингу РМ
Tx Optical Pwr (Max, dBm) ¹	Максимальний рівень оптичної потужності, що приймається, на інтервалі часу моніторингу РМ

Моніторинг оптичних параметрів підсилювачів

Перелік контрольованих параметрів оптичних підсилювачів приведений в табл.5.7.3.

Оптичні параметри підсилювачів

Таблиця 5.7.3

Оптичний параметр	Визначення
Optical Pwr (Min, dBm)	Мінімальний рівень оптичної потужності на інтервалі часу моніторингу РМ
Optical Pwr (Avg, dBm)	Середній рівень оптичної потужності на інтервалі часу моніторингу РМ
Optical Pwr (Max, dBm)	Максимальний рівень оптичної потужності на інтервалі часу моніторингу РМ

Моніторинг оптичних параметрів плат 32MUX-O, 32DMX-O, 32DMX и 32WSS

Перелік контрольованих параметрів плат мультиплексорів і демультимплексорів DWDM приведений в табл.5.7.4.

Оптичні параметри MUX/DMX
5.7.4

Таблица

Оптический параметр	Определение
Optical Pwr (Min, dBm)	Мінімальний рівень оптичної потужності на інтервалі часу моніторингу РМ
Optical Pwr (Avg, dBm)	Середній рівень оптичної потужності на інтервалі часу моніторингу РМ
Optical Pwr (Max, dBm)	Максимальний рівень оптичної потужності на інтервалі часу моніторингу РМ

5.7.3. Звіти про експлуатаційні показники

Контроллер платформи ONS опитує процесори плат з інтервалом в одну секунду і збирає інформацію про аномалії і дефекти. На основі цих даних лічильники підраховують сумарну кількість подій ES, SES, UAS, VBE на встановленому інтервалі збору даних, і контроллер платформи формує звіти про експлуатаційні показники відповідно до рек. G.784. Звіти про якісні показники можуть бути поточними (плановими) або позачерговими (терміновими).

Поточні звіти формуються на інтервалі збору даних в 15 хвилин або 24 години.

В кінці кожного інтервалу збору даних контроллер платформи передає повідомлення про характеристики, обчислені на даному інтервалі, в лічильник

попередніх звітів, а лічильник поточного звіту встановлюється у вихідний стан (скидається) для початку наступного інтервалу збору даних.

При плануванні звітів оператор вибирає:

- контрольований об'єкт;
- інтервал збору даних: 15-ти хвилинний або 24-годинний;
- порогові значення параметрів якості.

Позачергові звіти можуть передаватися на початку періоду неготовності (SUE) або в кінці періоду неготовності (TUE), а також при перетині порогових значень параметрів, встановлених оператором.

Порогові значення моніторингу робочих характеристик (Performance Monitoring – PM) того або іншого контрольованого об'єкту визначаються призначеним йому профілем PM. Профіль PM містить порогові значення для кожного лічильника PM за даним типом об'єкту. Зазвичай профілі PM набуваються на етапі введення в експлуатацію мережевого елемента.

В кожного об'єкту (у мережевому елементі) є вісім профілів PM. Один з профілів – за умовчанням – встановлюється виготівником (користувач не може його змінити). Об'єкти матимуть порогові значення PM за умовчанням для стандартних профілів, якщо не призначений жоден інший профіль PM (нестандартний).

Для кожного інтервалу збору даних PM (15 хвилин і одну добу) є два порогові значення: нижнє порогове значення (15L і 1DL) і верхнє порогове значення (15H і 1DH).

Якщо значення лічильника PM перевищує верхнє порогове значення, то видається аварійне повідомлення про пересічення порогу.

Для аварійних повідомлень з 15-хвилинним інтервалом аварійне повідомлення знімається після завершення 15-хвилинного інтервалу, на якому не перетинається нижнє порогове значення.

Для аварійних повідомлень з добовим інтервалом аварійне повідомлення знімається в кінці інтервалу.

5.7.4. Відображення даних моніторингу якісних показників

Для перегляду оптичних параметрів плат транспондерів або мукспондерів необхідно виконати наступні операції.

Крок 1. У вікні вузла двічі клацнути на зображенні плати транспондера або мукспондера;

Крок 2. Клацнути на кнопках **Performance > Optics PM**;

Крок 3. Клацнути по кнопці **Current Values** (поточне значення) або **History PM** (історія моніторингу).

Приклад відображення даних моніторингу оптичних параметрів мукспондера приведений на рис. 5.7.3.

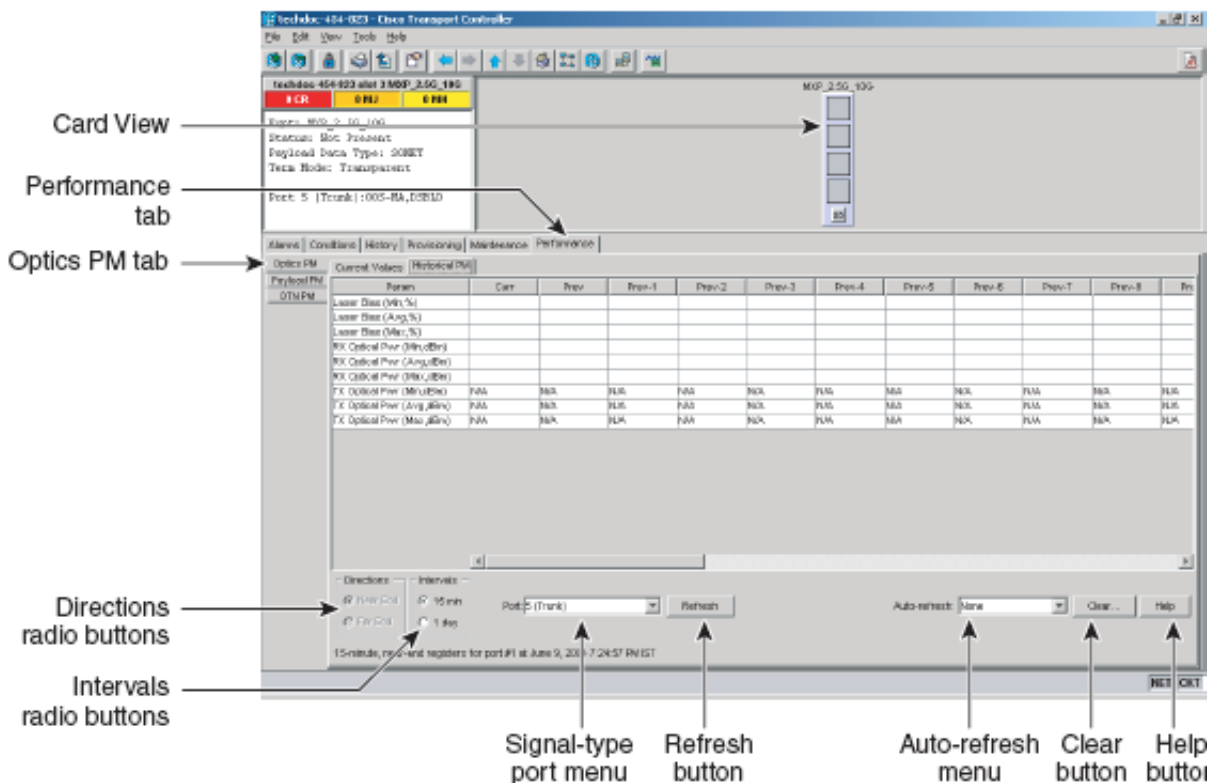


Рис.5.7.3. Відображення оптичних параметрів мукспондера

Значення параметрів відображуються в колонках поточного звіту Curr (Current) і попередніх звітів Prev-n (Previous).

Для перегляду оптичних параметрів плат підсилювачів OPT-PRE, OPT-BST необхідно виконати наступні операції.

Крок 1. Вибрати плату, для цього у вікні вузла двічі клацнути на зображенні необхідної плати оптичного підсилювача, в результаті повинен відображатися вигляд вибраної плати.

Крок 2. Вибрати опцію **Performance** > **Optical Line**. в результаті повинна відображатися вкладка оптичних параметрів **Optical Line** (рис.5.7.4).

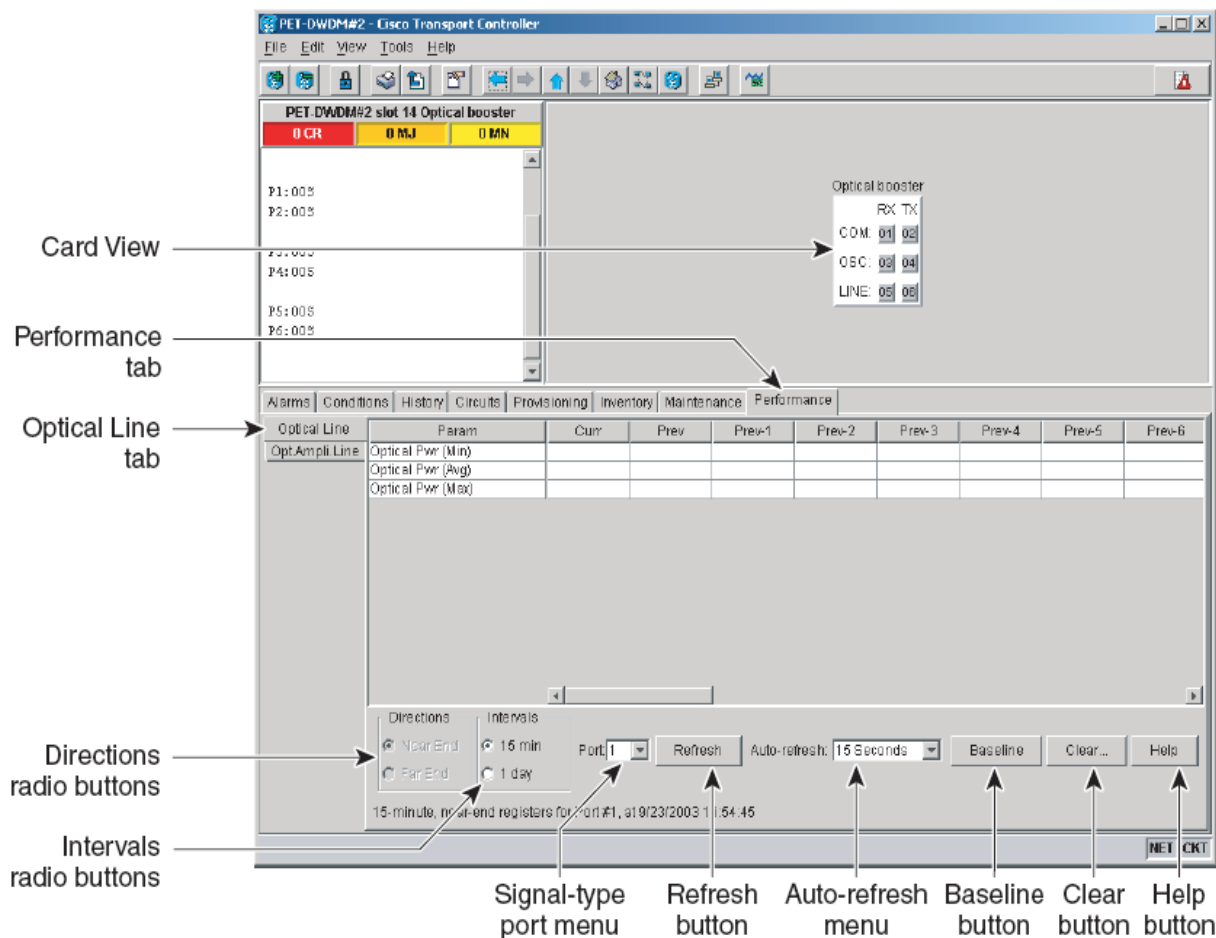


Рис5.7.4. Приклад відображення вкладки **Optical Line**

Крок 3. У розгортаючому списку портів **Port** вибрати оптичний лінійний порт, статистичні дані якого потрібно проглянути.

Для плати OPT-PRE доступний перегляд наступних портів:

- 1 – COM RX;
- 3 – DC RX;
- 4 – DC TX.

Для плати OPT-BST доступний перегляд наступних портів:

- 1 – COM RX;
- 2 – COM TX;
- 4 – OSC TX.

Крок 4. Клацнути на кнопці **Refresh** (відновити) при цьому на вкладці **Optical Line** відображатимуться статистичні дані по рівню потужності на виході вибраного порту.

Крок 5. Вибрати опцію **Performance > Opt. Ampli. Line**, в результаті повинна відображатися вкладка оптичних параметрів передачі **Opt. Ampli. Line** (рис5.7..2).

Крок 6. Для оновлення статистичних даних про параметри вихідного порту оптичного підсилювача (COM TX, Port 02 для плати OPT-PRE і Line TX, Port 06 для плати OPT-BST) клацнути на кнопці **Refresh** (відновити).

Крок 7. Повернутися до вихідної процедури (NTP).

Для перегляду оптичних параметрів плат 32MUX-O, 32DMX-O, 32DMX и 32WSS необхідно виконати наступні операції.

Крок 1. Вибрати плату, для цього у вікні вузла двічі клацнути на зображенні необхідної плати оптичного підсилювача, в результаті повинен відображатися вигляд вибраної плати.

Крок 2. Вибрати опцію **Performance >Optical Chn**, в результаті повинна відображатися вкладка оптичних параметрів **Optical Chn** (рис.5.7.5).

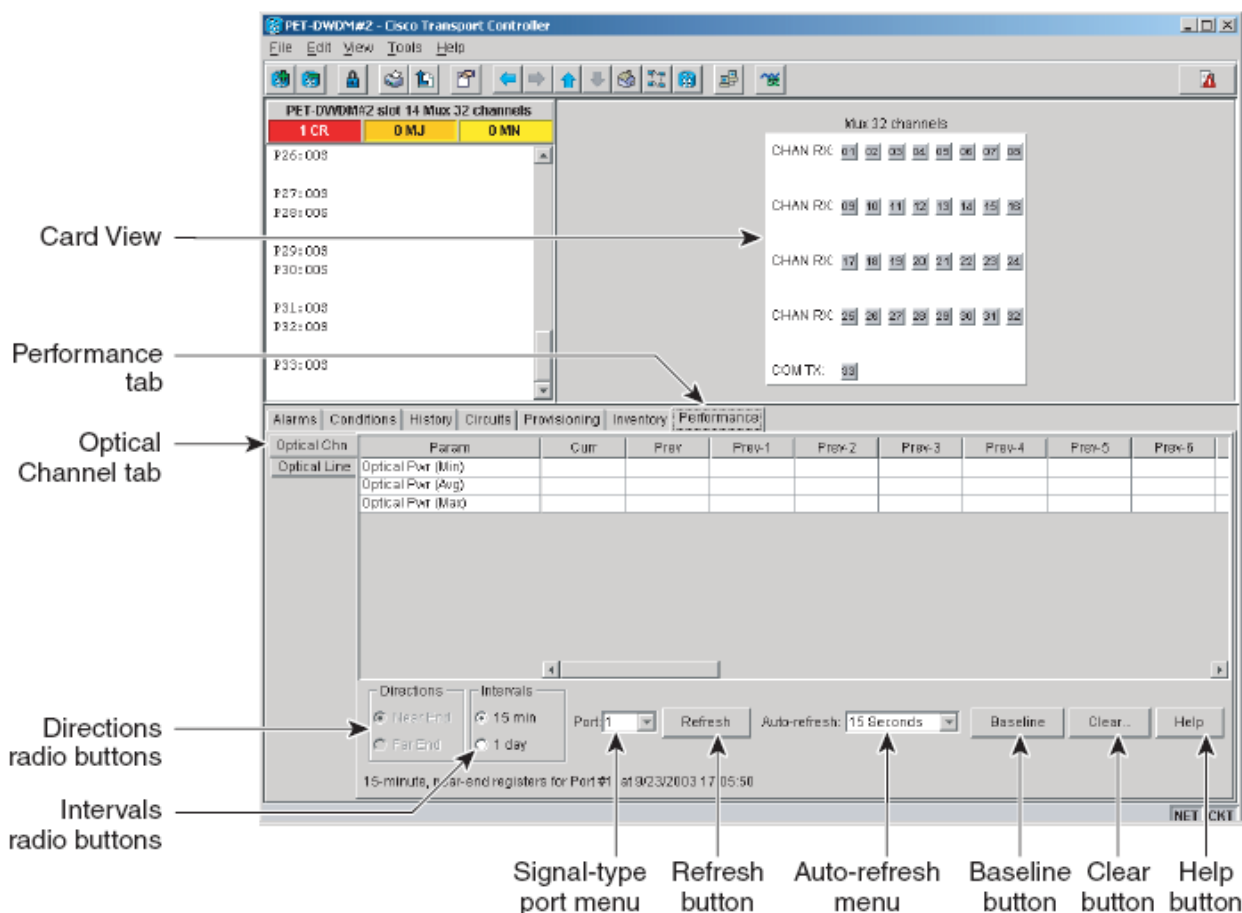


Рис5.7.5. Приклад відображення вкладки **Optical Chn**

Крок 3. У списку портів Port, що розкривається, вибрати порт оптичного каналу, статистичні дані якого потрібно проглянути:

- плата 32MUX-O – порт прийому оптичного каналу (CHAN RX) від 01 до 32;
- плата 32WSS – порт прийому оптичного каналу (ADD RX) від 01 до 32 або при кризній передачі (PT) від 33 до 64;
- плати 32DMX-O, 32DMX – порт прийому оптичного каналу (CHAN TX) від 01 до 32.

Крок 4. Клацнути на кнопці **Refresh** (відновити) при цьому на вкладці **Optical Chn** відображатимуться статистичні дані по рівню потужності

(minimum, maximum, average) на вході/виході вибраного порту оптичного каналу.

Крок 5. Вибрати опцію **Performance > Optical Line**.

Крок 6. Для плати 32WSS вибрати порт, статистичні дані якого потрібно проглянути (65, 66, 67, 68 або 69). Для плат 32DMX або 32 DMX-O за умовчанням вибирається порт 33.

Крок 7. Для оновлення статистичних даних про параметри вибраного порту оптичного каналу клацнути на кнопці **Refresh** (відновити).

Крок 8. Повернутися до вихідної процедури (NTP).

5.8. Тенденції розвитку автоматизованих систем технічної експлуатації сучасних мереж зв'язку.

"В зв'язку з проблемою необхідності рішення питань узгодження систем управління для мереж СЦІ різних фірм-виробників, розглядаються системні аспекти сучасного стану проблеми, фактори що впливають на її рішення, приклади часткового рішення проблеми за допомогою програмних комплексів "СЦІ-менеджер" та "Трафік-менеджер" виробництва "ЗАТ Телесофт Росія". Приведена типова архітектура програмно-технічних засобів управління з урахуванням міжнародних стандартів та рекомендацій з стратегії інтеграції різних систем управління, що забезпечать співіснування стандартних і нестандартних мережних інтерфейсів."

Глиbokі зміни, які відбуваються зараз в індустрії зв'язку тісно пов'язані з можливостями та характеристиками автоматизованих систем управління мережею. З одного боку широке застосування програмного забезпечення в складі сучасного цифрового обладнання зв'язку визначає значну гнучкість та керованість елементів мережі. З другого боку оперативне представлення широкого спектру послуг зв'язку, а також ефективне використання ресурсів мережі стає неможливим без обладнання автоматизованого управління.

Приклад еталонної моделі взаємодії системи управління електрозв'язком (СУЕ) та інтелектуальної мережі зв'язку (ІМЗ) приведені на Рис.5.8.

Така модель дозволяє реалізувати одне інтегральне уніфіковане джерело мережних рішень та орієнтує на працю з одним постачальником обладнання при необхідності розширення послуг на всіх ієрархічних рівнях СУЕ і мережах зв'язку всіх типів.

В загальному випадку система управління оператора мережі повинна включати широкий спектр взаємозв'язаних програмно-технічних комплексів, які вирішують завдання оперативного контролю мережі, облік обладнання і ціни послуг, планування і формування, управління конфігурацією та пропусканням трафіку. На відміну від мереж попередніх поколінь, в яких обладнання автоматизованого управління та технічної експлуатації були додатковим і зовнішнім обладнанням, в сучасних і майбутніх мережах таке обладнання є невід'ємною складовою частиною обладнання мережі в цілому.

Зростання ролі систем управління є неминучим і природним наслідком розвитку мереж зв'язку та послуг. Домінантою цього розвитку є інтеграція

обладнання зв'язку та обчислювальної техніки, яка відбулась і значення цього факту все більше зростає. Ця інтеграція має технічні і економічні аспекти.

В технічному плані найважливіші фактори змін такі:

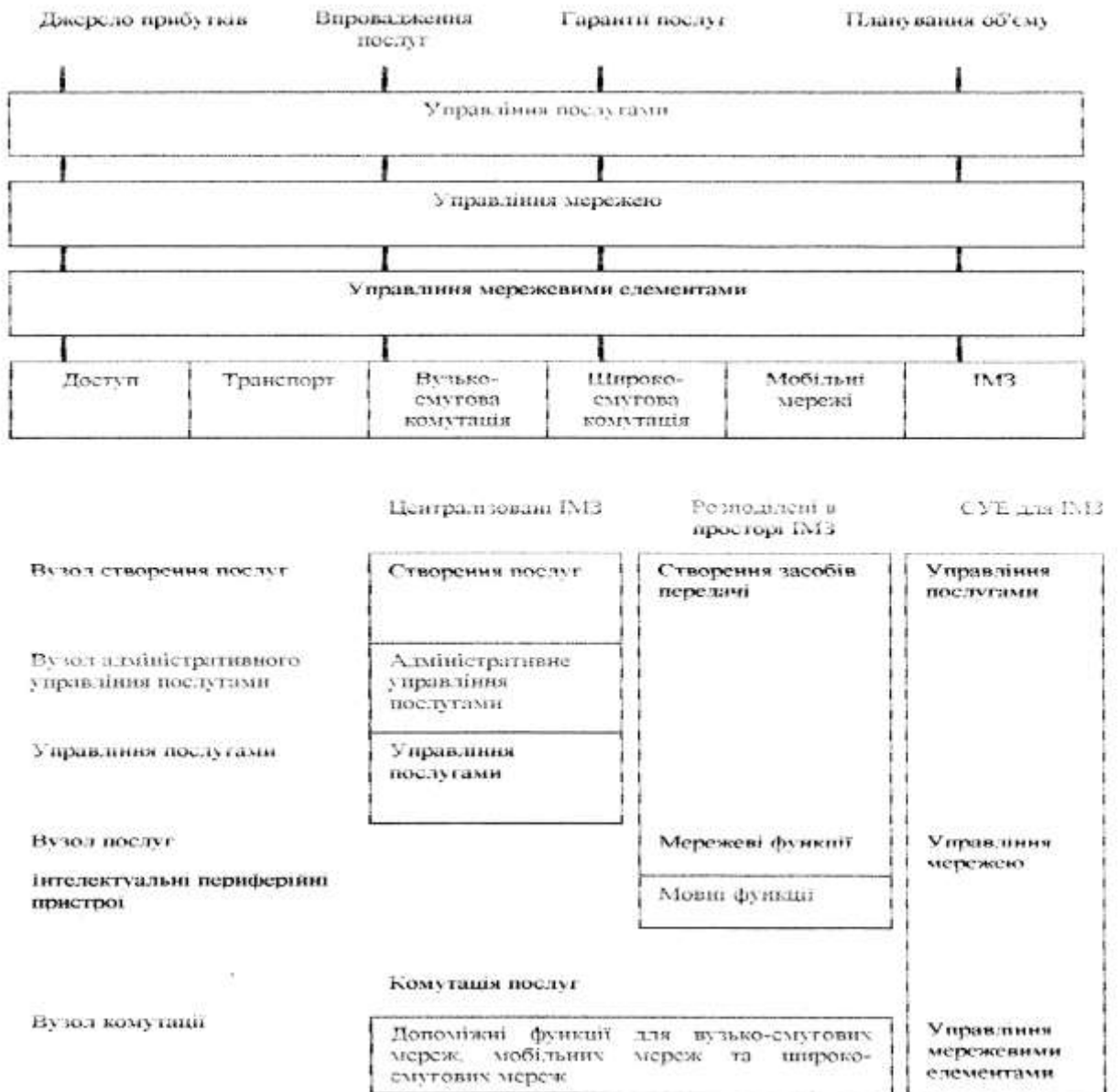


Рис. 5.8

- оператору мережі прийдеться працювати з обладнанням декількох технологій, таких як транспортні (CDMA, xDSL, PDH, SDH) так і комутаційних (традиційна телефонія, АТМ, пакетна комутація даних);
- об'єм та складність мереж буде значно збільшуватись;
- користувачі в більшій мірі будуть вимагати широкого спектру послуг, при цьому частка послуг з передавання даних буде швидко збільшуватись порівняно з іншими;

- постійно зростатиме частка та значимість широкополосних послуг і відповідного обладнання передавання та комутації; – буде зростати частка мобільних послуг.

Є також постійно діючий економічний фактор змін - підсилення конкуренції на ринку послуг і обладнання зв'язку. Він примушує операторів робити пошук нових можливостей, які б забезпечували підвищену ефективність експлуатації мереж зв'язку.

Наведені фактори суттєво впливають на розвиток систем управління.

Основними факторами розвитку систем управління сьогодні можна вважати:

– мультитехнологічна інтеграція, яка охоплює управління для відомих і майбутніх технологій передавання та комутації-АТМ, SDH, традиційна й ІР-телефонія, ІNTERNЕТ та інше;

– підвищення інтелектуальності, яка проявляється як в підвищенні ступеню автоматизації більшості технологічних процесів управління і технічного обслуговування, так і в представленні інтелектуальних послуг (що базуються як на можливостях інтелектуальних мереж, так і на можливостях систем управління мережами);

– мультисервісна підтримка, необхідність якої безпосередньо визначається, як згаданою вище мультитехнологічною інтеграцією мереж зв'язку, так і більш широким використанням технологій і обладнання вузькополосної та широкополосної ІSDN;

– перехід до розподіленої об'єктної архітектури як природного проявлення підходів для інформаційних технологій та програмування в цілому;

– підтримка неоднорідного телекомунікаційного середовища на основі обладнання декількох постачальників, що безпосередньо диктується новими економічними умовами, в основі яких лежать конкуренція і відкритість;

– зростання ролі стандартизації як необхідної умови успішної реалізації вищеперелікованих тенденцій.

Аналіз тенденцій розвитку мереж зв'язку та систем управління мережами показує, що майбутні системи управління мережами операторів повинні бути комплексними системними рішеннями в значно більшій мірі, ніж зараз. Ці комплексні системні рішення повинні охоплювати:

– коректно специфіковане обладнання управління зв'язком, котре включає необхідне обладнання управління, яке постачається самим виробником обладнання;

– систему пов'язаних програмно-технічних комплексів управління, частина яких (обладнання універсального застосування, наприклад, платформи управління мережами, обладнання МУБД і аналітичної обробки даних) може купуватися на ринку, а частина - повинна бути розробленою під конкретне завдання;

– комплекс організаційно-технічних заходів розробки та задіяння обладнання управління, включаючи проектування бізнес процесів (технологічних процесів) технічної експлуатації і управління мережею в умовах

автоматизації.

Реалізація подібних пропозицій до операторів зв'язку і розробників обладнання управління пред'являє значно більш високі вимоги як з необхідної широти охоплення завдань, так і з більш широкими рамками проекту в часі. Останнє важливе ще й тому, що повинна змінитись парадигма створення систем управління: їх проектування повинно починатись одночасно з проектуванням самої мережі, так як елементи системи управління суттєво визначають функціональні можливості управління самої мережі і поставляються зараз як частина обладнання зв'язку.

Взаємодія людина-машина виконується через інтерфейс користувача, котрий дає можливість оператору доступу до всіх функціональностей систем і дозволяє йому повністю керувати обладнанням та мережею відповідно його повноважень. Взаємодія відбувається через графічне і/або текстові вікна, які представляють різні області мережі, на які вона логічно розподілена. Об'єктами управління СЦІ-Менеджер є система управління мережевими елементами (ЕМ).

На сьогодні для взаємодії СЦІ-Менеджера з ЕМ використовується інтерфейс класу $Q_{зпс}$. Слідуюча версія буде використовувати також інтерфейс $Q_{зпп}$, якій забезпечує взаємодію з системами управління підмережею.

СЦІ-Менеджер взаємодіє з системами управління ЕМ та системами управління підмережею, дозволяє реалізувати управління обладнанням СЦІ фірм Siemens, Alkatel, Fujitsu, NEC, GPT, Marconi, Italtel.

Трафік-Менеджер- приклад реалізації другої функціональності системи управління - дозволяє відслідкувати та керувати телефонними трафіком, який проходить через цифрові комутаційні станції на національному, регіональному і місцевому рівнях. Це необхідно для того, щоб швидко реагувати на несправностей чи перевантаження, оптимізувати маршрутизацію трафіка мережі, знижуючи таким чином потребу інвестицій в інфраструктуру та представляти клієнтам якісні послуги.

Трафік-Менеджер є стратегічним інструментом оператора зв'язку, бо він дозволяє:

- значно підвищити надійність та доступність мережі;
- оптимізувати використання мережі;
- знижувати втрати трафіку та забезпечувати успіх завершення великої кількості спроб заняття;
- збільшувати доходи оператора від використання мережі;
- реалізувати суттєву підтримку в плануванні інвестицій для покращення інфраструктури мережі.

Менеджер представляє операторам єдиний інтерфейс користувача і єдину технологію управління елементами мережі різних виробників обладнання СЦІ. СЦІ-Менеджер також дозволяє частково керувати послугами, які отримують користувачі. Основними цілями утворення та впровадження СЦІ-Менеджер є:

- збільшення доходів оператора за рахунок: більш ефективного використання ресурсів мережі СЦІ; зменшення коштів і часу на формування трактів СЦІ; покращення якості послуг зв'язку, які представляються

користувачам за рахунок більш ефективного управління резервуванням та знешкодження несправностей; зниження експлуатаційних витрат за рахунок зниження збитків від простоїв ресурсів мережі при своєчасній і точній діагностиці відмов і оперативної перебудові мережі, підвищенні рівня автоматизації операцій управління.

СЦІ-Менеджер, відповідно архітектурі TMN, виконує функції рівня управління мережею. Взаємодія з керованим обладнанням (NE) виконується за допомогою систем управління елементами мережі (EM) фірм постачальників через інтерфейс Q₃.

СЦІ-Менеджер має архітектуру клієнт/ сервер, що дає змогу географічного розподілення операторів, підвищуючи надійність управління та обслуговування обладнання. Така архітектура добре узгоджується з децентралізованою організаційною структурою, типовою для операторів мережі зв'язку. СЦІ-Менеджер дозволяє організувати одно або двох-рівневе управління мережею: верхній рівень управління всією мережею; регіональний рівень - рівень на якому знаходяться елементи мережі (EM), а також віддалені робочі місця СЦІ-Менеджер.

До функцій СЦІ-Менеджер відносять: графічне проектування мережі; представлення мережі за шарами (Layering G.803); конфігурації мережі; управління ієрархічною декомпозицією мережі; збірка і маршрутизація трактів; моніторинг сигналів несправності та подій в мережі; вимірювання якості.

Слід також нагадати, що сам проект мережі зв'язку може в значній мірі залежати від можливостей управління. Найбільш наочний приклад - телефонна мережа з динамічним управлінням трафіком, - дозволяє заощаджувати до 15-20% капітальних витрат. Крім того при вирішенні проблем управління необхідне "широке" комплексне трактування завдань управління відповідно Рек. МСЕ-Т М.3010 та ін. Таке трактування має на увазі охоплення завданнями управління різних етапів життєвого циклу мережі, функціональних областей та рівнів управління (включаючи і завдання, які традиційно не рахувались завданнями власне управління, наприклад, облік обладнання та планування розвитку).

Аналіз архітектури систем управління показує, що головна увага операторів зв'язку та виробників буде зміщуватись в бік розробки систем рівнів управління мережею в цілому, а також управління послугами і бізнесом. Така тенденція визначається як зростання конкуренції на ринку послуг й обладнання зв'язку (і відповідно зростанням значення економічної ефективності загальномережевих рішень) так і природним ходом розвитку систем управління: рівень управління елементами мережі можливо рахувати добре відпрацьованим і освоєним виробниками обладнання зв'язку. Вже зараз слід чекати розшарування рівня управління мережі в цілому на підмережні і загальномережний рівні управління. Вже сьогодні ряд виробників обладнання зв'язку включають в склад своїх систем управління програмні додатки підмережного управління. Виправданим і переважаючим рішенням може вважатись використання спеціалізованих програмних продуктів для побудови підрівня загальномережного управління. Так, реалізації програмних комплексів СЦІ-

Менеджер і Трафік-Менеджер виробництва компанії "Телесофт-Росія" вважаються досить вдалими.

Система управління транспортною мережею на основі обладнання СЦІ (СЦІ-Менеджер) дозволяє оператору мережі, побудованій на основі обладнання різних виробників вирішувати завдання управління всієї транспортної мережі в цілому відповідно принципу "із кінця в кінець" СЦІ-Менеджер.

Об'єктами управління в системі Трафік-Менеджер є станції комутації. В діючій версії Трафік-Менеджер дозволяє керувати станціями виробництва Ericsson, Simens.. Працюють над можливостями організації роботи системи з станціями інших виробників.

Обидві системи (СЦІ-Менеджер і Трафік-Менеджер) працюють у відкритому обчислювальному середовищі на робочих станціях (серверах) в операційному середовищі UNIX, розроблені в архітектурі "клієнт-сервер" і при необхідності можуть бути гнучко адаптовані до потреб конкретних операторів.

Серед найбільш актуальних проблем, що визначають загальну ефективність та ціну системи мережного управління (СМУ) є проблема їх інтеграції.

Саме завдання інтеграції не може бути приведено до інших завдань або суттєво спрощено з-за об'єктивної складності і багатомірності функцій управління і економічних причин. Головна із них є постачання систем управління від різних виробників обладнання зв'язку. Дублювання функцій МУ та відповідних програмно-технічних засобах є головною причиною високої ціни систем управління і при ускладненні операторських СМУ значення цього фактору буде зростати.

Важливим засобом зниження ціни комплексу СМУ повинна стати типова архітектура програмно-технічних засобів управління, яка доповнює інші аспекти управління (хоча б визначені за рекомендаціями TMN).

Типова архітектура програмно-технічних засобів управління, що розроблена з врахуванням міжнародних стандартів наведена на рис. 5.8.

Особливо важливе структурування найбільш відповідальної і дорогої частини програмних прикладень: загальні прикладення підтримки (це базові послуги для роботи прикладень управління); загальні прикладення управління (що реалізують стандартизовані і загальні функції для більшості завдань управління); технологічні прикладення управління (що реалізують завдання, які залежать від особливостей конкретних технологій зв'язку або їх комбінацій).

На рис. 5.9 для кожного компоненту програмного забезпечення в класі загальної прикладеної підтримки представлені ті варіанти реалізації, що найкращим чином стандартизовані та апробовані як найбільш перспективні [3,4].

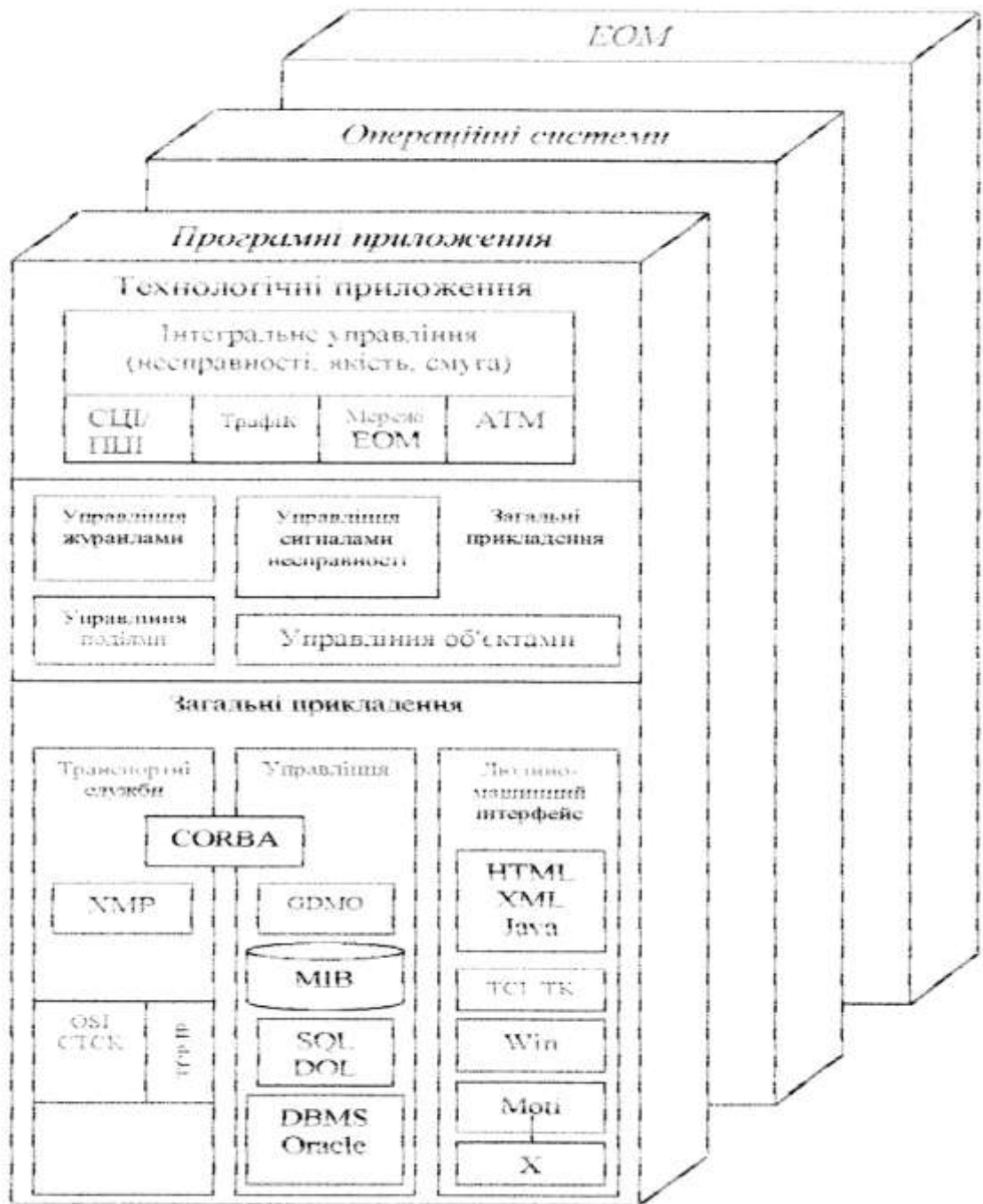


Рис.5.9

Особливо важливе структурування найбільш відповідальної і дорогої частини програмних прикладень: загальні прикладення підтримки (це базові послуги для роботи прикладень управління); загальні прикладення управління (що реалізують стандартизовані і загальні функції для більшості завдань управління); технологічні прикладення управління (що реалізують завдання, які залежать від особливостей конкретних технологій зв'язку або їх комбінацій).

На рис. 5.9 для кожного компоненту програмного забезпечення в класі загальних прикладеної підтримки представлені ті варіанти реалізації, що найкращим чином стандартизовані та апробовані як найбільш перспективні [3,4].

Із приведеного на рис. 5.8 набору інформаційних технологій необхідно для конкретної СМУ вибрати структуру, керуючих особливостями діючого обладнання зв'язку та вже задіяними автоматизованими системами (АС), кваліфікацією розробників, можливостями підтримки, інтегральними техніко-економічними показниками. Необхідно застосовувати найбільш перспективні рішення: інтернет-засобів людино-машинного інтерфейсу, об'єктного середовища (CORBA) "проміжного шару".

Відмічені складності інтеграції СМУ примушують рекомендувати оператору ефективну стратегію інтеграції, що забезпечує співіснування стандартних і нестандартних мережевих інтерфейсів так і використання різних засобів інформаційних технологій на інших рівнях проектування автоматизованих систем: високорівневі прикладні програмні інтерфейси засоби інтеграції доступу до даних, засоби людино-машинних інтерфейсів [9].

Інформацію в систематизованій формі про методи, засоби і ефективність інтеграції СМУ наведені в таблиці 5.8.1

Таблиця 5.8.1

вид інтеграції	Ресурси, що інтегруються	Ефект інтеграції	Проблеми інтеграції
технічне	Технічні засоби (ЕОМ, термінали та ін.)	Зниження витрат на експлуатацію АС засобів	Залежність від постачальника технічних засобів
мережна	Мережі передавання даних	Зниження витрат на розробку та експлуатацію мережі передавання даних АС	Підвищення вимог до ефективності і надійності мережі передачі даних
програмна	Елементи програмного забезпечення (операційні системи, засоби розробки та ін.)	Зниження витрат на розробку та супроводження програмного забезпечення	Залежність від постачальника програмних засобів
даних	Системи управління базами даних, бази даних	Зниження витрат на супроводження МУ БД та ведення даних	Підвищення вимог до ефективності і надійності МУ БД.

доступу	Людино-машинний інтерфейс доступу до завдань управління	Повнота охоплення мережеских проблем та підвищення швидкості прийняття рішень	Підвищення вартості робочих станцій
технологічних	Додатки та технологічні процеси управління	Досягнення глобально-оптимальних рішень	Висока ціна додатків

Володіння технологією мережного управління, є вагомий, а то і вирішальний аргумент при побудові оптимізованої СМУ.

Досить великий досвід в цьому напрямку накопичений розробником систем мережного управління та програмного забезпечення управління ЗАТ "Телесофт – Росія" [9].

Спеціалісти України можуть орієнтуватись на цей досвід, так як в Росії вирішуються ті ж проблеми, що стоять перед Україною.

Контрольні запитання

1. Які основні особливості ЦСП СЦІ?
2. Перелічіть основні типи апаратури СЦІ.
3. Якими інтерфейсами і відповідно яких Рек.МСЕ-Т обладнана апаратура синхронної цифрової ієрархії (СЦІ) ?
4. Формування модулів СТМ-N разом з функціональними блоками, пояснити.
5. Привести функціональні блоки і вказати їх призначення.
6. Чому є необхідність в систематизації логічних функцій обладнання СЦІ?
7. Пояснити узагальнену логічну схему мультиплексування.
8. Пояснити рівні і відповідні їм протоколи що застосовуються при обслуговуванні вбудованих каналів управління.
9. Назовіть і поясніть критерії стану КО, ОТЕ СЦІ.
10. Які показники застосовують для визначення якісного стану цифрового каналу або тракту за помилками?
11. В яких байтах заголовку регенераційної і мультиплексної секцій, заголовках трактів вищого і нижчого порядків реалізується контроль показників помилок?
12. Як визначаються довгострокові норми на показники помилок?
13. На якій підставі розробляються оперативні норми?

14. За який час і за допомогою чого виконується перевірка тракту?
15. Що входить до норм технічного обслуговування?
16. Що представляють собою сигнали технічного обслуговування СЦ?
17. Перерахувати сигнали ТО, як вони визначаються?
18. Пояснити Рис.5.5,5.6.

19. Пояснити принципи **Моніторингу експлуатаційних показників ONS15454**

20. Які перспективи розвитку повної автоматизації мереж зв'язку?

Список рекомендованої літератури

1. Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація систем і мереж зв'язку. ДУІКТ, К-2002, 100с
2. Бондаренко В.Г. Технічне обслуговування цифрових систем передачі первинної мережі. ДУІКТ, К-2002, 50с.
3. Бондаренко В.Г. Основні положення по застосуванню систем і апаратури синхронної цифрової ієрархії на мережі зв'язку. ДУІКТ К-2002, 84с.
4. Бондаренко В.Г. Керівний технічний матеріал по застосуванню систем і апаратури синхронної цифрової ієрархії на мережах зв'язку України К-1998,86с.
5. Бондаренко В.Г. Скрипченко О.М. Параметри каналів і трактів ЦСП, методи вимірювань параметрів і характеристик каналів ТЧ ЦСП, ОЦК і типових цифрових трактів. МЗ України К-1996, 51с.
6. Правила технічної експлуатації первинної мережі ЄНСЗ України. Частина перша. "Основні принципи побудови та організації технічної експлуатації", КНД-45-140-99 К. ДКЗІУ - 2001 80с.
7. Частина друга. Правила технічної експлуатації апаратури, обладнання, трактів і каналів передавання, КНД-45-162-2000 К. ДКЗІУ - 2002 108с.
8. Бондаренко В.Г. Слюсар В.О. Технічна експлуатація систем передавання СЦ, К-2002, Зв'язок №6 с.55-56; К-2003, Зв'язок №1 с.50-51; №3 с.63-66
9. Бондаренко В.Г. Слюсар В.О. Тенденції розвитку автоматизованих систем технічної експлуатації сучасних мереж зв'язку. Зв'язок, 2001, №6 с. 29 -31.
10. Бондаренко В.Г. Технічна експлуатація сучасних цифрових мереж. //Радіоматор-2006 №2, с. 66-70.
11. Рекомендації МСЕ-Т М 3010, G.784, G.812 -1999р.
12. Системи передавання аналогові та цифрові. Норми на електричні параметри каналів тональної частоти магістральної та внутрішньозонових первинних мереж зв'язку України. К.ДКЗІУ 1998, КНД 45-078-97 85с.
13. Системи передавання цифрові. Норми на параметри основного цифрового каналу і цифрових трактів первинної мережі зв'язку України К.ДКЗІУ 1998, КНД 45-074-97 88с

- 14.Бондаренко В.Г. Гребенніков В.О. Сучасні і майбутні інфокомунікаційні технології України. К. Радіоматор-2004,160 с.
- 15.Слепов Н.Н. Синхронные цифровые сети SDH.- М.: Радио и связь, 1997.
16. Рекомендації ІТУ-Т М.2101, М.2100, G.826.
- 17.Бондаренко В.Г. Сучасні тенденції підвищення надійності мереж зв'язку. К-1998, Радіоаматор №7 с.63
18. 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 дисциплін ЦСП, ТОТСМ, ТЕСЗ. К-ДУІКТ 2010,130с
- .19. 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
- 20.Соломенчук В.Д. Оборудование мультисервисных транспортных платформ ONS15454. Киев. ЦПО. 2009 – стр.111.