**Міністерство освіти і науки України**

# УПРАВЛІННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ КОМУТАЦІЙНИХ СИСТЕМ

Конспект лекцій
для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка»
галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2025

УДК 621.396.93 (07)
У 66

Рекомендовано до видання вченою радою факультету КІТ ЛНТУ,
протокол № _____ від «___» _____ 20 25 року.

Голова вченої ради факультету КІТ _____ І.С. Кондіус

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ

Директор бібліотеки _____ Н.П. Поліщук

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри електроніки та телекомунікацій
ЛНТУ, протокол № _____ від « _____» _____ 20 25 року.

Завідувач кафедри ЕіТК _____ В.Ю. Заблоцький

Укладач: _____ А.А. Ткачук, кандидат технічних наук, доцент кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Рецензент: _____ М.М. Євсюк, кандидат технічних наук, доцент кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

Відповідальний за випуск: _____ В.Ю. Заблоцький, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри електроніки та телекомунікацій ЛНТУ

**У 66**

**Управління та експлуатація комутаційних систем** : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка денної та заочної форм навчання / уклад. А.А. Ткачук. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 184 с.

Конспект лекцій з дисципліни «**Управління та експлуатація комутаційних систем**»: складений відповідно до діючої програми курсу.

Призначений для здобувачів вищої освіти спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка».

ЗМІСТ

# ТЕМА 1
# ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

## 1.1 Пояснення термінів «експлуатація», «технічна експлуатація» та «об'єкт експлуатації»

Перш за все, необхідно згадати, що означає термін «експлуатація», і уяснити, чим це поняття відрізняється від поняття «технічна експлуатація». Під узагальненим терміном «експлуатація» розуміється одна із стадій життєвого циклу об'єкта експлуатації, впродовж котрої організовується функціонування цього об'єкту за основним призначенням та реалізується множина експлуатаційних процесів із підтримки і поновлення його якості.

Під терміном «технічна експлуатація» розуміється лише та частина із усієї множини процесів експлуатації, що включає у себе безпосередньо технічне обслуговування об'єкта експлуатації, його ремонт, транспортування та зберігання. Як бачимо із наведених визначень, «експлуатація» – це значно ширше поняття, ніж «технічна експлуатація». Уся сукупність задач технічної експлуатації будь-якого об'єкту – це лише одна із складових множини задач експлуатації цього об'єкту. Зокрема, сукупність дій персоналу, що спрямована на підтримку та поновлення якості об'єкту експлуатації, визначається терміном «технічна експлуатація». У той час як дії персоналу із використання досягнутого рівня якості об'єкту експлуатації у будь-яких корисних для власників цього об'єкту цілях (зокрема, із використання його якісних характеристик з метою одержання бізнесового прибутку) терміном «технічна експлуатація» не охоплюються. Наприклад, ремонт та обслуговування обладнання – це задачі технічної експлуатації, а обслуговування клієнтів з використанням ресурсів цього обладнання не є задачами технічної експлуатації. Цілеспрямоване використання об'єкту експлуатації за його функціональним призначенням – це відокремлений від технічної експлуатації вид експлуатаційної діяльності.

ТЛК-система, як правило, створюється на базі ТЛК-обладнання для надання послуг із транспортування інформації (а також для надання доступу до інших інформаційних сервісів) суб'єктам та об'єктам прикладних систем, що розосереджені за територіальною ознакою. У свою чергу, ТЛК-комплекс утворюється шляхом інтеграції кількох ТЛК-систем.

*Примітка 1. Нагадаємо, що телекомунікаційними мережами (ТЛК-мережами) називають ТЛК-системи, котрі складаються із територіально розосереджених вузлів, з'єднаних між собою каналами інформаційної взаємодії. Наприклад, якщо якась ТЛК-система складається більше ніж із двох вузлів, що з'єднані між собою каналами інформаційної взаємодії, то таку систему вже можна назвати ТЛК-мережею.*

Розглядається ТЛК-обладнання – від найпростішого, локально інстальованого на автономних комп'ютерах, до високопродуктивного багатофункціонального мультисервісного обладнання глобальних телекомунікаційних мереж. Основне призначення такого обладнання – слугувати технічним ресурсом, що використовується його власниками для організації надання різноманітних телекомунікаційних послуг та доступу до різноманітних інформаційних сервісів. Чим вища якість цього технічного ресурсу, тим більш якісні ТЛК-послуги можливо надавати шляхом його використання. З іншого боку, оскільки придбання програмно-апаратних засобів ТЛК-обладнання, а також підтримка його коректної експлуатації, зокрема територіально розгалужених ТЛК-мереж, потребують великих коштів, то

підвищення завантаження цього обладнання клієнтським (а не службовим або технологічним) інформаційним трафіком сприяє його економному використанню і є актуальною експлуатаційною задачею. Тому у даній сфері під використанням якості об'єкту експлуатації розуміють не тільки діяльність, що пов'язана із наданням ТЛК-послуг (та доступу до інформаційних сервісів) і, отже, може приносити прибуток, але і діяльність, що спрямована на підвищення завантаженості ТЛК-обладнання і, отже, має на меті економію капіталовкладень.

Організаційні структури більшості постачальників ТЛК-послуг (зокрема, операторів електрозв'язку та інтернет-провайдерів) передбачають розділення функцій служб підтримки надання ТЛК-послуг та служб керування трафіковим навантаженням від служб, що здійснюють технічну експлуатацію ТЛК-обладнання.

### 1.2 Цілі експлуатації ТЛК-обладнання

Програмні та / або апаратні засоби ТЛК-обладнання – це, здебільшого, капіталоємні ресурси. Ці ресурси експлуатують шляхом надання ТЛК-послуг користувачам ТЛК-систем. У якості користувачів ТЛК-ресурсів розглядаються як фізичні особи, так і певним чином активізовані (тобто, запущені у роботу) фізичні процеси або комп'ютерні програми, що реалізуються, зокрема, термінальним обладнанням, серверним обладнанням або засобами прикладних систем. Вважається, що кінцеві корисні функції у тій чи іншій сфері людської діяльності реалізують так звані прикладні системи, зокрема прикладні програмні системи. Наприклад, комплекс бухгалтерських комп'ютерних програм, інстальованих на різних вузлах локальної або глобальної ТЛК-мережі, являє яскравий приклад прикладної системи. Цей комплекс програм називають також бухгалтерським прикладним застосуванням або бухгалтерською прикладною задачею. Якщо ж це прикладне застосування ще і пристосовано для продажу (отримало сертифікат якості та інші необхідні дозвільні документи, що легалізують процес продажу), то його можливо також назвати бухгалтерським прикладним продуктом. Прикладні застосування (прикладні задачі, прикладні продукти) можуть реалізовуватися у локальному або мережевому варіантах. Локальний варіант прикладного застосування інсталюється в межах одного вузла ТЛК-мережі або на одній окремо розташованій комп'ютерній системі. Під час експлуатації локально розташованої прикладної системи ТЛК-обладнання не використовується. Мережний варіант прикладного застосування передбачає інсталювання його програмних та / або апаратних модулів відразу на (де)кількох вузлах ТЛК-мережі і, отже, можливість обміну інформацією між частинами прикладної системи, що розташовані на різних вузлах цієї мережі. Зрозуміло, що здатність прикладної системи функціонувати у мережевому варіанті надає її користувачам суттєві якісні переваги і нові більш досконалі функціональні можливості. Мережний варіант бухгалтерської прикладної системи, зокрема, надає можливість організувати спільну роботу бухгалтерських служб підприємства, що розосереджені по всій зоні діяльності цього підприємства, організувати обмін бухгалтерською інформацією із податковими службами, фінансовими установами тощо. Іншим прикладом прикладної задачі є програмно-технічний комплекс засобів визначення координат місцезнаходження наземних об'єктів з використанням систем супутникового та стільникового зв'язку. Ця прикладна задача (тобто, задача визначення координат) передбачає застосування ТЛК-обладнання для здійснення

транспортування навігаційної інформації між окремими її елементами, розосереджиними на великих відстанях у просторі: між мобільним терміналом користувача цієї задачі та базовою станцією стільникового зв'язку, між обладнанням підсистеми пакетної комутації стільникової мережі та регіональними наземними коригувальними станціями, між коригувальними станціями та відповідним супутниковим обладнанням тощо. Подібних прикладів прикладних задач – безліч, практично у всіх сферах людської діяльності. Важливою особливістю використання ТЛК-обладнання для вирішення прикладних задач є те, що це обладнання кінцевих корисних функцій безпосередньо не виконує: воно лише сприяє успішному вирішенню цих задач, а у багатьох випадках її застосування є безальтернативною умовою функціонування прикладної системи. Тому навряд чи доцільно у якості можливої цілі експлуатації ТЛК-обладнання обирати досягнення екстремальних значень показників якості його функціонування (зокрема, максимізацію швидкості передавання або обробки інформації у прикладній системі, мінімізацію виникнення помилок або мінімізацію часу реакції системи на надіслані запити). Більш раціональною ціллю експлуатації такого обладнання є гармонізація (узгодження) бажаних значень показників якості його функціонування із оптимальними значеннями показників якості функціонування безпосередньо самої прикладної системи. Якщо, наприклад, проміжок часу у 1,5 секунди для реакції прикладної системи на запити, що надходять до неї каналами ТЛК-мережі, є достатнім для її якісного застосування, то навряд чи є доцільними намагання експлуатаційного персоналу покращити реактивність ТЛК-обладнання, що функціонує у складі такої прикладної системи. Вартість експлуатації у цьому випадку суттєво зросте, а рівень корисності прикладної системи не підвищиться. Таким чином, досягнення відповідності між показниками якості функціонування прикладних систем та показниками якості функціонування ТЛК-обладнання, що надає ТЛК-послуги цим прикладним системам, є узагальненою ціллю експлуатації ТЛК-обладнання. Оскільки у більшості випадків ТЛК-обладнання використовується для одночасного обслуговування багатьох різних прикладних систем, що мають різні потреби у ТЛК-послугах, то вищезазначене узгодження показників являє нетривіальну задачу. Найбільш раціональним шляхом вирішення цієї задачі є нормування показників якості. Якщо на певну групу показників якості існують норми, то виробники ТЛК-обладнання намагаються випускати вироби, що цим нормам відповідають. З іншого боку, постачальники ТЛК-послуг намагаються організувати процес обслуговування у відповідності із цими нормами. За таких обставин розробники прикладних систем, знаючи конкретні діапазони значень показників якості ТЛК-обладнання, що надані у відповідних нормах, мають можливість задавати функціональність розроблюваних прикладних систем, яка у повній мірі використовує телекомунікаційні ресурси існуючих ТЛК-систем. З урахуванням вищезазначеного ціль експлуатації можливо також визначити як забезпечення відповідності показників якості функціонування ТЛК-обладнання, що є об'єктом експлуатації, а також показників якості послуг, що надаються з використанням ресурсів цього обладнання, тим припустимим значенням, що зазначені у чинних нормативних документах (НД) та / або в інших документах, що регламентують процеси експлуатації цього обладнання. Тобто, слід застосовувати такі експлуатаційні технології, впроваджувати такі експлуатаційні процеси та процедури, що забезпечують відповідність реально виміряних в процесі експлуатації значень показників якості існуючим регламентованим значенням цих показників.

Існують і більш конкретні визначення цілей експлуатації ТЛК-обладнання, зокрема у формі постановок оптимізаційних задач. Наприклад, в якості цілі експлуатації вибирається досягнення максимальних значень трафікового навантаження на обладнання за умов забезпечення певним чином визначених рівнів якості надання ТЛК-послуг та надійності функціонування обладнання. Однак таку ціль можливо розглядати, якщо оператор телекомунікаційної системи не відчуває дефіциту попиту на ТЛК-послуги, що надаються на основі використання ресурсів цієї системи.

### 1.3 Функціональні групи задач експлуатації ТЛК-обладнання

Усю багаточисельну множину різноманітних експлуатаційних задач (або, як кажуть, множину функцій експлуатації) з метою спрощення та упорядкування процесу експлуатації доцільно декомпозувати (тобто, розбити) на окремі функціональні групи. Декомпозиція здійснюється таким чином, щоб в кожну із цих груп увійшли задачі приблизно однакового функціонального призначення. Наприклад, до одної функціональної групи відносять усі експлуатаційні задачі, що пов’язані із виявом та знешкодженням збоїв та помилок у роботі ТЛК-обладнання, до іншої функціональної групи – задачі забезпечення надійності роботи обладнання. Прийнято розглядати наступні функціональні групи задач експлуатації:

1) конфігурування параметрів ТЛК-обладнання (Configuration Maintenance);

2) підтримка працездатного стану ТЛК-обладнання (Fault Maintenance);

3) забезпечення продуктивності роботи ТЛК-обладнання (Performance Maintenance);

4) забезпечення надійності роботи ТЛК-обладнання (Reliability Maintenance);

5) підтримка визначених (зокрема, у сервісних угодах з клієнтами) рівнів якості надання ТЛК-послуг (QoS Maintenance);

6) підтримка прийнятої політики забезпечення захисту інформаційних ресурсів ТЛК-системи (Security Maintenance);

7) облік використаних ресурсів ТЛК-системи на визначених інтервалах часу (Accounting Maintenance);

8) забезпечення взаємодії із користувачами ТЛК-ресурсів (User Interface Maintenance, Customer Interface Management, User Feedback Control);

9) забезпечення фінансових розрахунків з клієнтами ТЛК-системи (Billing Maintenance);

10) збирання, накопичення та обробка даних, необхідних для аналізу роботи ТЛК-системи та визначення шляхів її подальшого удосконалення та розвитку (Data Collection Maintenance);

11) підтримка параметрів середовища експлуатації ТЛК-обладнання у діапазонах припустимих значень (Operation Environment Protection);

12) отримання та зберігання контрольних та нових версій і модифікацій елементів програмного забезпечення ТЛК-системи (Storage Protection);

13) отримання та зберігання необхідних запасних апаратних компонентів обладнання та витратних матеріалів;

14) підтримка належного стану та якісного рівня інструментальних засобів супроводу експлуатаційних процесів, іншого допоміжного технологічного обладнання та методик їхнього застосування;

15) забезпечення фізичного захисту ТЛК-обладнання;

16) забезпечення зберігання документації, що супроводжує процес експлуатації ТЛК-системи.

Основна сутність кожної із перерахованих вище функціональних груп задач експлуатації полягає у наступному.

1.3.1 Configuration Maintenance (конфігурування параметрів ТЛК-обладнання)

Як правило, будь-який зразок сучасного ТЛК-обладнання складається із великої кількості програмних та апаратних компонентів. Кожен виріб телекомунікаційної техніки, особливо той, що призначений для широкого продажу, виготовляється із таким розрахунком, щоб задовольнити потреби якомога більшої кількості прикладних застосувань та бути затребуваним у якомога ширшій області сфер і умов використання. Незручно, а з економічної точки зору і неефективно, застосовувати та створювати обладнання, яке може використовуватися лише у вузькій смузі застосувань та вирішувати дуже обмежене коло прикладних задач. Мати справу з обладнанням, що має наперед задані фіксовані значення його характеристик, обмежені та незмінні режими функціонування, невигідно, перш за все, його виробникам, оскільке таке обладнання потрібне недостатньо великій кількості потенційних покупців, а виробник не хоче мати проблем зі збутом своєї продукції. Придбання обладнання, що не здатне бути переналагоджуваним, у багатьох випадках невигідно також його потенційним користувачам, оскільки таке обладнання мало пристосовано до змін умов його застосування і, отже, існує велика ймовірність, що воно буде не придатне для використання у разі модернізації або змін напрямків діяльності його власників. Тому практично усе обладнання, що пропонується на ринках телекомунікаційної техніки, є, у той чи іншій мірі, багатофункціональним, багаторежимним та побудованим за модульним принципом – щоб надати можливість його покупцям настроїти характеристики (параметри) придбаного обладнання на конкретні умови використання. Процес настроювання параметрів обладнання з метою отримання бажаної структури його функціональних можливостей називається конфігуруванням.

Конфігуруванню підлягають як апаратні, так і програмні засоби, що входять до складу експлуатованого ТЛК-обладнання. Оскільки ці засоби складаються із більш дрібних компонентів, котрі, у свою чергу, містять іще більш дрібні компоненти (як правило, використовується ієрархічний деревоподібний принцип побудови ТЛК-обладнання), то, у принципі, задача конфігурування параметрів є актуальною щодо компонентів усіх ієрархічних рівнів. Іншими словами, конфігуруванню можуть підлягати як параметри складових компонентів обладнання, так і параметри ТЛК-обладнання, коли воно озглядається як єдине діюче ціле.

На практиці ТЛК-обладнання потрапляє на ринок телекомунікаційної техніки у вигляді ТЛК-продуктів, котрі різняться і за призначенням, і за функціональними можливостями. Оператори різноманітних ТЛК-мереж, провайдери різноманітних інформаційних сервісів, що базуються на використанні ресурсів ТЛК-мереж (зокрема, інтернет-провайдери), та численні корпорації, котрі здійснюють свою діяльність практично у всіх галузях людської діяльності, для більш ефективного вирішення своїх прикладних задач намагаються найбільш раціональним для них шляхом придбати певним чином обрану сукупність ТЛК-продуктів, які вони інтегрують у ТЛК-системи.

*Примітка 2. У сфері економіки існує точне визначення терміну „корпорація”. Однак у сфері телекомунікацій, коли використовують слово „корпорація”, то*

*розуміють будь-яке підприємство або будь-яку установу, що використовує ТЛК-обладнання не для надання ТЛК-послуг стороннім організаціям або особам, тим більш за гроші, а для підвищення комфортності свого існування або для підвищення ефективності своєї діяльності за умов, коли ця діяльність не пов'язана з наданням масових послуг стороннім клієнтам на основі використання ресурсів ТЛК-обладнання.*

*Примітка 3. У телекомунікаційній проблематиці часто використовується термін „корпоративне застосування", котрий означає комплекс (програмний або програмно-апаратний) прикладних задач, спеціально створений для використання корпораціями безпосередньо в процесі їхньої діяльності. Будь-яке корпоративне застосування має вирішувати або сприяти вирішенню саме тих прикладних задач, що входять до складу сфер діяльності корпорації. Здебільшого, корпоративні застосування підвищують рівень автоматизації та / або інтелектуалізації технологічних процесів та процедур, що має здійснювати корпорація. Проте нерідко впроваджене корпоративне застосування відкриває перед корпорацією нові корисні можливості, зокрема підвищує її конкурентоспроможність.*

Корпоративні застосування знайшли впровадження не тільки на підприємствах – суб'єктах підприємницької діяльності, але і у бюджетних організаціях – державних установах, органах державної влади, силових структурах тощо.

Не всі корпорації мають у своєму складі висококваліфікованих спеціалістів у галузі інформаційно-телекомунікаційних технологій. Тому для побудови корпоративної ТЛК-системи (або ТЛК-комплексу, що утворюють шляхом інтеграції кількох ТЛК-систем) зазвичай запрошують сторонні організації, котрі називаються системними інтеграторами.

Цілі та зміст процедур поточного конфігурування, що виконуються на стадії експлуатації ТЛК-обладнання, суттєво відрізняються від цілей та змісту первісного конфігурування параметрів, що виконується на стадії уведення обладнання в експлуатацію, а також від процесів переінсталяції конфігурації обладнання під час його модернізації.

На стадії експлуатації будь-якої ТЛК-системи середовище користувачів її послуг, як правило, постійно змінюється. Зокрема змінюється у реальному часі топологія абонентських вузлів, номенклатура, кількість і якість послуг, які заявляються абонентом, модернізується обладнання, удосконалюється організація експлуатації. Тому існує необхідність в оперативних змінах поточної конфігурації штатних програмно-апаратних засобів ТЛК-системи з тим, щоб ця конфігурація адекватно відображала поточні вимоги користувачів і персоналу до кількості та якості послуг, що надаються системою. Поточні зміни конфігурації ТЛК-системи здійснюються експлуатаційним персоналом, головним чином, за допомогою штатних засобів оперативного керування конфігурацією цієї системи. Слід підкреслити, що процес поточного (оперативного) керування конфігурацією, як правило, не зачіпає системних компонентів обладнання і, тому, може здійснюватися у фоновому режимі роботи цього обладнання, тобто без презупинки його функціонування за основним призначенням.

На стадії уведення обладнання в експлуатацію, як правило, здійснюється первісна інсталяція програмних та апаратних засобів ТЛК-системи.

*Примітка 4. У вітчизняній практиці процес інсталяції апаратних та інших технічних засобів (тобто, не програмних засобів) часто називають монтажем. Щодо програмного забезпечення термін „інсталяція" є загальноприйнятим і*

*розуміється як комплекс дій із розміщення виконавчих модулів певної програмної системи, що є об'єктом інсталяції, у заданому комп'ютерному середовищі та з настроювання параметрів цих модулів таким чином, щоб вони були здатними виконувати покладені на них функції.*

Під час первісної інсталяції конфігуруються параметри ТЛК-системи – об'єкта інсталяції з метою їхнього узгодження як із параметрами заданого комп'ютерного середовища, так і з цілями, задачами та умовами застосування цієї системи за її основним призначенням. Іншими словами, апаратні та програмні компоненти ТЛК-системи (і вся ТЛК-система у цілому) конфігурується таким чином, щоб її характеристики повністю відповідали положенням та умовам проектної документації на цю систему і враховували конкретні умови її використання на площах розгортання системи.

На стадії експлуатації ТЛК-обладнання час від часу може підлягати модернізації. Під час модернізації зазвичай виконується переінсталяція обладнання і, отже, виникає потреба у його реконфігуруванні. У випадках, коли реконфігуруванню підлягають і системні компоненти ТЛК-системи, то доводиться призупиняти її роботу за основним призначенням.

Зміст задач із конфігурування ТЛК-систем не вичерпується тільки маніпулюванням їхніми параметрами. До цієї групи задач експлуатації належать також задачі визначення мережних адрес та ідентифікаторів (імен) об'єктів, що входять до складу ТЛК-системи, побудова таблиць комутації та маршрутизації, побудова мап (карт) міжвузлових зв'язків ТЛК-мережі, настроювання комутаторів та маршрутизаторів на підтримку маршрутів і логічних віртуальних каналів.

1.3.2 Fault Maintenance (підтримка працездатного стану ТЛК-обладнання)

Fault Maintenance, тобто підтримка працездатного стану ТЛК-обладнання – одна із найважливіших груп задач, котрі мають вирішуватися персоналом, що займається технічною експлуатацією (ТЕ) цього обладнання.

До складу цієї групи відносяться наступні три типові види задач ТЕ:

1) контроль відповідності параметрів обладнання;

2) діагностування обладнання;

3) відновлення роботи обладнання.

Контроль відповідності параметрів обладнання здійснюється на стадії його експлуатації з метою визначення стану цього обладнання з точки зору його працездатності. Зазвичай, необхідно отримати упевненість, що обладнання на момент контролю було у працездатному стані. Або, у гіршому випадку, виявити сам факт існування невідповідності в роботі обладнання. Під невідповідністю розуміється невідповідність виміряних значень контрольованих параметрів обладнання їхнім припустимим значенням, що задаються стандартами, корпоративними нормами, технічними умовами.

Необхідність здійснення контролю відповідності обумовлена тим, що робота будь-якого фізично існуючого обладнання в реальних умовах його використання не може бути абсолютно надійною. Із самих різних причин час від часу виникають аномалії, збої та помилки в роботі апаратних засобів обладнання або логічні конфлікти та некоректності в роботі програмних засобів. Якщо активно не займатися протидією виникненню логічних конфліктів, аномалій, збоїв та помилок, то вони можуть призвести до деградації якості роботи обладнання, а згодом і до виникнення відмов в його роботі.

*Примітка 5. Нижче надане визначення основних понять, що пов'язані із підтримкою працездатності обладнання.*

Аномалія (Anomaly) – відхилення дійсного значення певної характеристики контрольованого обладнання від очікуваного значення цієї характеристики. Аномалія може впливати або не впливати на здатність обладнання виконувати штатні функції.

Збій (Failure) – відхилення процесу функціонування обладнання від штатних характеристик цього процесу. Збій може впливати або не впливати на здатність обладнання виконувати штатні функції. Слід пам'ятати, що англійське слово Failure може означати не тільки збій, але і відмову.

Помилка (Error) – невірний результат виконання певної операції в процесі виконання певної процедури, що може призвести або не призвести до виникнення дефекту.

Дефект (Defect) – певне обмеження у здатності обладнання виконувати потрібну функцію. Визначення – у ДСТУ 2860-94.

Відмова (Disrepair, Failure) – виникнення обмежень (зокрема, переривань) в спроможності телекомунікаційного обладнання виконувати штатні функції. Визначення – у ДСТУ 2860-94. Несправність обладнання в багатьох випадках є наслідком відмов в його роботі.

Деградація (Degradation) – виникнення аномалій, збоїв або дефектів в роботі обладнання, що не призвели до порушень його працездатності.

Ушкодження (Impairment) – виникнення аномалії або дефекту, але не відмови в роботі обладнання (тобто, це деградація якості ресурсу, що не призвела до переривань в його використанні).

Несправність (Fault) – стан неспроможності обладнання виконувати потрібні функції. Визначення – у ДСТУ 2860-94.

На базі ресурсів ТЛК-обладнання створюються та експлуатуються величезні за своїми масштабами мережі масового обслуговування. Поряд з ними та / або на їхній основі функціонує велика кількість корпоративних критично важливих для держави і бізнесу ТЛК-систем (наприклад, у банківській сфері, у сфері національної оборони, у податковій системі тощо). Тому навіть нетривала відмова в роботі таких мереж і систем призводить до величезних збитків, а у деяких випадках і до катастрофічних (форс-мажорних) наслідків. Отже, для того, щоб забезпечити можливість завчасного попередження відмов в роботі обладнання, в процесі його експлуатації необхідно постійно займатися рішенням задач із виявлення логічних конфліктів, аномалій, збоїв і помилок в роботі цього обладнання. Процедури, що здійснюються персоналом під час контролю відповідності, як раз і спрямовані на виявлення цих невідповідностей або, як кажуть, на виявлення проблем в роботі обладнання.

Проблема виявлення невідповідності реально виміряних значень параметрів об'єкта експлуатації тим припустимим значенням цих параметрів, котрі регламентовані відповідними документами, що є чинними на момент вимірювань, - центральна проблема, що вирішується у рамках групи задач Fault Maintenance. Під відповідними документами розуміються: державні стандарти України (ДСТУ), перш за все ті, що регламентують діяльність у сфері телекомунікацій на території України; міжнародні та міждержавні стандарти, що набули своєї легітимності в Україні шляхом їх затвердження уповноваженими державними органами; галузеві стандарти Мінінфраструктури України; корпоративні стандарти організацій, що є власниками об'єктів експлуатації; накінець, технічні завдання (ТЗ), технічні вимоги (ТВ), технічні

умови (ТУ) або технічні сертифікати (ТС) на об’єкти експлуатації. В якості об’єкта експлуатації може бути: безпосередньо ТЛК-обладнання (без урахування прикладних систем, що використовують ресурси цього обладнання); ТЛК-система (зокрема, ТЛК-мережа), що реалізована на базі певним чином визначеного ТЛК-обладнання; ТЛК-комплекс, що інтегрує у собі (де)кілька ТЛК-систем.

Чому проблема невідповідності відноситься до групи задач Fault Maintenance? Тому що ця проблема безпосередньо пов’язана із виявом логічних конфліктів, аномалій, помилок та збоїв в роботі об’єкта експлуатації. Дійсно, якщо реально виміряні значення хоча б одного із параметрів виходять за межі припустимих норм, то логічно припустити, що нормальний стан функціонування об’єкта експлуатації із якихось причин порушився. Наслідком такого негативного зсуву у стані обладнання може бути поява аномалій, збоїв та помилок в його роботі, що, зокрема, може призвести до погіршення якості надаваних ТЛК-послуг або навіть до відмов в роботі обладнання. У свою чергу, відмови обладнання унеможливлюють процес нормального обслуговування користувачів об’єкта експлуатації.

Зрозуміло, що не всі параметри об’єкта експлуатації є визначальними з точки зору попередження відмов. Наприклад, параметри підсистеми обліку використаних ресурсів або підсистеми захисту інформації не мають відношення до виникнення відмов обладнання. Тому контроль відповідності виконується, головним чином, щодо тих параметрів, що безпосередньо або опосередковано впливають на рівень працездатності обладнання або залежать від нього. Ці параметри називають визначальними.

Для того, щоб успішно вирішувати проблему невідповідності необхідно, перш за все, мати можливість здійснювати вимірювання визначальних параметрів об’єкта експлуатації. Для здійснення вимірювань необхідно: володіти методами та процедурами вимірювань визначальних параметрів об’єкта експлуатації; мати апробовані методики вимірювань, що допущені до використання уповноваженими особами або організаціями; знати чинні норми на діапазони припустимих значень визначальних параметрів; мати інструментальні засоби вимірювань.

Результати вимірювань, як правило, проходять відповідну обробку і на основі оброблених даних здійснюють оцінювання стану обладнання, зокрема отримують відповідь на питання, чи було на момент вимірювань обладнання працездатним.

Якщо ж обладнання виявиться працездатним, то шукають відповідь на питання, чи перебувало обладнання на момент вимірювань у нормальному стані або якість його функціонування з якихось причин погіршилась. Зрозуміло, що в останньому випадку шукають причину погіршення якості функціонування обладнання з метою, щоб якнайшвидше цю причину усунути.

Якщо обладнання виявиться не працездатним, то реєструється факт виникнення відмови в роботі обладнання і починаються роботи із діагностування обладнання, тобто пошуку елементів, що вийшли з ладу, та причин виникнення відмови.

*Примітка 6. У сучасному ТЛК-обладнанні широко застосовуються всілякі методи, засоби та процедури його резервування. Тому відмова, що виникла в роботі обладнання, зазвичай не призводить до призупинки надання ТЛК-послуг користувачам. У більшості випадків штатні засоби, що функціонують у складі обладнання, відмову одразу ж виявляють та швидко локалізують, після чого виявлений несправний модуль обладнання у реальному часі без презупинки в обслуговуванні замінюється на*

*резервний. Однак ці дії проблему виявлення причини відмови та ремонту несправного модулю не знімають.*

Діагностування обладнання. Вирішенням проблеми невідповідності не вичерпується група задач Fault Maintenance. До цієї групи належить також широке коло інших важливих задач, що називають діагностуванням обладнання. Діагностування – це задача локалізації проблеми невідповідності, тобто пошуку місця розташування та причин виникнення проблеми невідповідності в роботі обладнання. Словосполучення „місце розташування" розуміють у широкому сенсі: місце розташування апаратного елемента у конструктиві обладнання, місце виникнення логічного конфлікту на трасі протоколу, місце розташування команди у тексті комп'ютерної програми тощо.

Діагностування – складний процес, що потребує зусиль досвідчених фахівців та задіяння різноманітних інструментальних механізмів, що полегшують процес діагностування, як от: реєстрація помилок, повідомлення про помилки, класифікація повідомлень за ступенем важливості, фільтрація повідомлень, що надсилаються засобами обладнання на адресу адміністраторів ТЛК-системи (наприклад, відображаються тільки найбільш важливі повідомлення), кореляційний аналіз з метою виявлення причин помилок на основі певним чином вибраної кореляційної моделі та багато інших.

Відновлення роботи обладнання. До групи задач Fault Maintenance відносяться також задачі відновлення роботи обладнання, тобто усунення (знешкодження, нейтралізація) проявів невідповідності в роботі обладнання. Відновлення (Clear) – усунення несправності.

1.3.3 Performance Maintenance (забезпечення продуктивності роботи ТЛК-обладнання)

ТЛК-обладнання у багатьох випадках потенційно може бути здатним працювати з високою ефективністю, але реально функціонує з низькою продуктивністю. Наприклад, потенційні можливості обладнання дозволяють передавати трафік безперервно, цілодобово і з високою інтенсивністю. Однак на практиці внаслідок різних причин (головним чином, через неоптимально обрані режими та методи експлуатації) цей трафік реально передається з переривами та / або з низькою інтенсивністю. Тобто, потенційні можливості обладнання щодо його продуктивності використовуються не у повній мірі, що, звичайно, не є бажаним для власників обладнання. Тому у процесі експлуатації слід здійснювати заходи, що спрямовані на забезпечення максимально можливих значень параметрів продуктивності роботи обладнання. Ці заходи і складають зміст функціональної групи задач Performance Maintenance.

У телекомунікаціях в якості основного показника продуктивності прийнято застосовувати так званий коефіцієнт використання (або коефіцієнт навантаження) обладнання Кв – відношення реально досягнутої продуктивності функціонування обладнання на визначеному проміжку часу до максимально можливої продуктивності, на яку потенційно спроможно це обладнання. Під продуктивністю зазвичай розуміють пропускну здатність обладнання. Пропускну здатність комутаційного обладнання вимірюють у кількості виконаних з'єднань (виконаних комутацій) за одиницю часу або у сумарній кількості інформації, що просувається із вхідних портів комутаційного обладнання до його вихідних портів за одиницю часу. У свою чергу, кількість інформації в залежності від конкретного змісту експлуатаційних задач вимірюється у

бітах, байтах, блоках, кадрах, пакетах, фреймах. Пропускну здатність канального обладнання вимірюють у кількості інформації, що передається через це канальне обладнання за одиницю часу, або іноді у ширині смуги його пропускання. Пропускну здатність серверного обладнання вимірюють у кількості оброблюваних запитів на обслуговування за одиницю часу, а обчислювального обладнання (процесорів, комп'ютерів, інтелектуальних терміналів) – у кількості елементарних обчислювальних операцій за одиницю часу.

Чим більш високих значень коефіцієнту Кв вдається досягти за допомогою засобів впровадженої системи експлуатації, тим більш досконалою вона вважається. В ідеалі значення Кв має дорівнювати одиниці. Однак на практиці через низку об'єктивних і суб'єктивних причин діапазон реально досягнутих значень цього коефіцієнту для більшості типів ТЛК-обладнання знаходиться в межах від 0,2 до 0,8. Не вдаючись до деталізації, слід звернути увагу на одну фундаментальну закономірність: якщо за рахунок певним чином визначених експлуатаційних заходів у рамках якоїсь коректно експлуатованої ТЛК-системи комусь вдається підвищити коефіцієнт використання обладнання, то у цьому випадку слід очікувати зниження рівня якості ТЛК-послуг, що надаються на основі використання ресурсів цієї системи, і навпаки. Тому в процесі експлуатації слід шукати „золоту середину", тобто визначитися з необхідними рівнями якості надання ТЛК-послуг і, використовуючи методи інженерії трафіка, намагатися підвищувати продуктивність використання обладнання до тих пір, поки буде досягнуто визначені рівні якості обслуговування. Іноді має сенс і зворотня задача: намагаються підвищувати якість надання ТЛК-послуг до тих пір, поки реальні значення коефіцієнту використання обладнання наблизяться до наперед визначеної величини.

1.3.4 Reliability Maintenance (забезпечення надійності роботи ТЛК-обладнання)

Надійність функціонування обладнання напряму пов'язана із проблемою виникнення відмов. А відмови ТЛК-обладнання, як вже вказувалось раніше, є вкрай небажані події, які слід у будь-якому разі намагатися уникать. Задачі попередження виникнення відмов займають чільне місце у функкціональній групі задач забезпечення надійності роботи ТЛК-обладнання. Якщо все ж таки відмова сталася, то необхідно задіяти усі доступні методи та засоби для якнайшвидшого відновлення працездатності обладнання. Резервування обладнання та / або його окремих компонентів, у тому числі і програмного забезпечення – один із основних напрямків у вирішенні задач відновлення працездатності.

1.3.5 QoS Maintenance (підтримка заданих рівнів якості надання ТЛК-послуг)

ТЛК-послуги можуть надаватися із різними рівнями якості. Існує прямий зв'язок між якістю та вартістю послуг. Зрозуміло, що більш якісна послуга надається за більш високим тарифом. Тому споживач намагається мінімізувати свої витрати на ТЛК-послугу, замовляючи саме той рівень її якості, котрий є достатнім (а не більшим) для нормального функціонування його прикладного застосування. Споживач може запустити в одночасну роботу (тобто, активізувати) кілька своїх прикладних застосувань, вимоги котрих до необхідних рівнів якості можуть бути різними. Наприклад, цифрова передача мовних повідомлень не висуває жорстких вимог до рівня помилок та втрат інформації у каналі зв'язку, оскільки людській мові властива висока надлишковість, що сприяє відновленню сигналів – носіїв мовних повідомлень на приймальній стороні каналу. Однак людська мова дуже чутлива до неоднаковості часу затримки сигналів в каналі. Тому за цим параметром якості передачі мовне

застосування висуває дуже жорсткі вимоги до ТЛК-обладнання. У сучасних ТЛК-системах забезпеченням необхідних рівнів якості надання послуг займається спеціалізована служба підтримки якості обслуговування, що називається службою QoS (Quality of Services).

1.3.6 Security Maintenance (підтримка прийнятої політики забезпечення захисту інформаційних ресурсів ТЛК-системи)

Підсистема підтримки прийнятої оператором ТЛК-системи політики забезпечення захисту її інформаційних ресурсів являє собою певний технічний комплекс програмних та апаратних засобів захисту інформації, котрий у сукупності із прийнятим комплексом заходів адміністративно-організаційного характеру має забезпечувати визначений політикою безпеки рівень ефективності та гарантованості захисту. Нормативні документи Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації (ДССЗЗІ) України визначають специфікації щодо стандартних рівнів ефективності та гарантованості захисту інформації щодо різноманітних видів ТЛК-систем. Більшість (але не всі) існуючих ТЛК-систем, що реально експлуатуються на практиці, мають відповідати цим специфікаціям.

Слід підкреслити, що на стадії експлуатації ТЛК-систем не займаються створенням нових систем або механізмів захисту інформації, а займаються експлуатацією вже створених і вмонтованих у ТЛК-систему механізмів захисту. Шляхом маніпулювання параметрами вмонтованих механізмів захисту експлуатаційний персонал намагається забезпечити рівень ефективності та гарантованості захисту інформації у системі, що визначений прийнятою політикою безпеки.

До завдань Security Maintenance, що має вирішувати персонал ТЛК-систем відноситься: контроль доступу до інформаційних ресурсів системи або до підсистеми керування системою; забезпечення конфіденційності баз даних; зберігання цілісності даних та програмного забезпечення; автентифікація, ідентифікація та авторизація користувачів ресурсами системи; шифрування та тунелювання інформації; розподіл парольної інформації; настроювання міжмережних екранів тощо.

1.3.7 Accounting Maintenance (облік використаних ресурсів ТЛК-системи)

Підсистема обліку ресурсів ТЛК-обладнання, що були використані його користувачами на визначених інтервалах часу його роботи, з економічної точки зору є однією із найважливіших, оскільки результати роботи цієї підсистеми – отримані облікові дані – є вихідними даними для нарахування платні за витрачені ресурси. Ширина смуги частот каналів зв'язку, пропускна здатність каналоутворюючого та комутаційного обладнання (зокрема, мультиплексорів, комутаторів та маршрутизаторів), пропускна здатність обладнання мереж доступу до глобальних ТЛК-ресурсів, ємність запам'ятовуючих пристроїв, що зберігають інформацію користувачів та / або для користувачів, продуктивність процесорних пристроїв, що розділяється між прикладними системами користувачів, продуктивність серверного та шлюзового обладнання – усе це ресурси ТЛК-обладнання, які не є безмежними і, тому, мають бути розподілені між тими користувачами, котрі у кожен конкретний момент користуються послугами цього обладнання. Зрозуміло, якщо якомусь привілейованому користувачеві на будь-якому інтервалі часу дістається, наприклад, більша частка ширини смуги каналу, то усі інші користувачі на цьому часовому інтервалі вимушені користуватися меншою часткою цього каналу. Це означає, що прикладне застосування привілейованого користувача буде мати можливість

передавати інформацію через цей канал набагато швидше, ніж прикладні застосування звичайних користувачів. Отже, ширина смуги канала – це цінний ресурс, який може бути об’єктом продажу, а цінний ресурс необхідно обліковувати як за параметрами кількості, так і за параметрами якості для того, щоб мати можливість обгрунтувати його ціну. Те ж саме слід сказати і про інші ТЛК-ресурси – усі вони являють цінність і мають бути облікованими.

Власники ТЛК-ресурсів зацікавлені в організації обліку не тільки задля отримання прибутків від їхнього продажу, але і для оптимізації витрат, що йдуть на закупівлю та утримання ТЛК-обладнання. Підсистема обліку реєструє, зокрема, час використання кожного ресурсу, що дає змогу визначити коефіцієнт використання встановленого обладнання, усереднений на будь-яких періодах експлуатації. Оскільки коефіцієнт використання обладнання характеризує ступінь його завантаженості, то знання цього коефіцієнту дозволяє власникам ТЛК-ресурсів планувати свої витрати на придбання нового обладнання. Поки обладнання має недовантажені ресурси, витрати на збільшення цих ресурсів, зокрема придбання нового обладнання, не є актуальними. Якщо ж навантаження на обладнання збільшується, то зростає і значення коефіцієнту його використання. Перетин реально обчислених значень цього коефіцієнту певного заздалегідь визначеного порогового значення свідчить про те, що навантаження на обладнання досягло тієї межі, коли настав час розпочати дії з нарощування його ресурсів.

1.3.8 User Interface Maintenance (забезпечення взаємодії із користувачами ТЛК-ресурсів)

Сучасні методи організації обслуговування клієнтів забезпечують можливість отримання ними у реальному часі будь-якої інформації щодо обслуговування у будь-який зручний для них час. Оператор електрозв’язку або провайдер ТЛК-послуг надає своїм клієнтам інформацію, що стосується обсягу використаних ними ТЛК-ресурсів, встановлених тарифів на послуги, прийнятих правил та умов надання послуг, довідкової інформації щодо стану обслуговування на момент запиту тощо. З метою реалізації такої можливості у складі ТЛК-систем організують службу інформаційної взаємодії з клієнтами. Бажано, щоб ця служба функціонувала у режимі реального часу. Бажано також, щоб вона була дуплексною, тобто не тільки клієнт мав доступ до відповідних довідкових служб, баз даних та відповідальних працівників експлуатаційних підрозділів оператора ТЛК-системи, але і адміністратори системи мали доступ до термінального обладнання клієнтів.

1.3.9 Billing Maintenance (забезпечення фінансових розрахунків з клієнтами ТЛК-системи)

Забезпечення фінансових розрахунків оператора електрозв’язку або провайдера послуг з клієнтами за використані ресурси називається білінгом, а відповідні програмно-апаратні засоби, що автоматизують та інтелектуалізують процес фінансових розрахунків називаються білінговими системами. Основні вихідні дані, що є необхідними для здійснення розрахунків, надходять від підсистем обліку використаних ресурсів. Це, перш за все, дані щодо кожного клієнта про кількість і якість використаних ним ТЛК-ресурсів. У базі даних будь-якої білінгової системи зберігаються так звані тарифні плани, тобто тарифні розцінки на кожний ресурс (зокрема, на кожну ТЛК-послугу), що може бути наданий у розпорядження клієнтів. Зрозуміло, що у тарифах враховано різні рівні якості ресурсів. Один і той же ресурс може надаватися з різними рівнями якості. Чим більша якість ресурсу, тим вища його

вартість. На основі прийнятих тарифних планів і даних, що надходять від підсистем обліку використаних ресурсів білінгова система виконує підрахунок величини плати, яку має сплатити кожен клієнт за отримані ним ТЛК-послуги. Сучасна білінгова система – це високопродуктивна і досить складна програмно-апаратна система, що має функціонувати у реальному часі і одночасно обслуговувати сотні тисяч клієнтів.

1.3.10 Data Collection Maintenance (збирання, накопичення та обробка даних)

Важливою функціональною групою задач експлуатації вважають задачі, що пов'язані із збором та накопиченням всіляких даних, що характеризують різні аспекти функціонування ТЛК-обладнання в процесі його експлуатації. Інтерес представляють не тільки обсяги використаних клієнтами ТЛК-ресурсів, але і дані, що є необхідними для аналізу роботи ТЛК-системи та визначення шляхів її подальшого удосконалення та розвитку. Наприклад, дані про «поведінку» потоків інформації після їхньої відповідної обробки використовують для визначення шляхів підвищення коефіцієнту використання обладнання та планування розвитку ТЛК-системи. Дані про інтенсивності виникнення збоїв та помилок в роботі обладнання (також після їхньої відповідної обробки) використовують для визначення шляхів підвищення завадостійкості ТЛК-систем. Дані про простої та відмови обладнання необхідні для вибору раціональних методів його ремонту та резервування. У сучасному обладнанні функції збору, накопичення, зберігання та первісної обробки зібраних даних виконуються у реальному часі штатними програмно-апаратними засобами цього обладнання. У складі обладнання знайшли широке застосування всілякі програмні фільтри, лічильники, таймери та класифікатори, що дозволяють експлуатаційному персоналу із величезних масивів накопичених даних швидко відбирати саме ті дані, котрі у даний момент потрібні для вирішення тої чи іншої експлуатаційної задачі.

1.3.11 Operation Environment Protection (підтримка параметрів середовища експлуатації ТЛК-обладнання у діапазонах припустимих значень)

ТЛК-обладнання у більшості випадків розраховано на експлуатацію у стаціонарних приміщеннях (за винятком, можливо, термінальних пристроїв систем мобільного зв'язку), де температура та вологість повітря повинні підтримуватися у визначених відповідними нормами діапазонах припустимих значень. Енергозабезпечення та заземлення обладнання, електромагнітні, електростатичні та вібраційні впливи на обладнання також повинні бути у визначених відповідними нормами діапазонах припустимих значень. Для контролю та підтримки припустимих значень параметрів середовища експлуатації ТЛК-обладнання використовують відповідні прилади та системи, які мають певними чином утримуватися. Роботи із підтримки параметрів середовища експлуатації, зазвичай, покладається на персонал, що здійснює експлуатацію ТЛК-обладнання. Цей персонал повинен вміти коректно користуватися вищеназваними приладами та системами, знати і неухильно додержуватися правил та інструкцій з їхнього утримання у належному стані.

1.3.12 Storage Protection (отримання та зберігання контрольних та нових версій і модифікацій елементів програмного забезпечення ТЛК-системи)

Програмне забезпечення (ПЗ) ТЛК-систем, що знаходяться в експлуатації, може у будь-який момент вийти з ладу. З іншого боку, виробники ПЗ, що інстальовано на сучасному ТЛК-обладнанні, як правило, постійно здійснюють його модифікацію, намагаючись його удосконалити, наприклад додати нові функціональні можливості. Тому у власників ТЛК-обладнання виникає постійна потреба в отриманні та зберіганні контрольних та нових версій і модифікацій елементів ПЗ, що інстальовано на їхньому

обладнанні. Щодо цього існують відповідні правила та інструкції. Експлуатаційний персонал повинен знати і неухильно їх виконувати.

1.3.13 Отримання та зберігання необхідних запасних апаратних компонентів обладнання та витратних матеріалів

Роботи з отримання та зберігання запасних апаратних компонентів обладнання та витратних матеріалів, у більшості випадків, покладається на експлуатаційний персонал. Цей персонал повинен знати і неухильно виконувати відповідні правила та інструкції щодо порядку отримання та зберігання запасних частин та витратних матеріалів.

1.3.14 Підтримка належного стану та якості інструментальних засобів супроводу експлуатаційних процесів, іншого допоміжного технологічного обладнання та методик їхнього застосування

Для ефективного вирішення більшості експлуатаційних задач бажано мати і постійно розвивати належну інструментальну базу – аналізатори протоколів, імітатори тестових послідовностей сигналів, тестери, рефлектометри, комплекси тестових програм тощо. Перелік сучасних інструментальних засобів – різноманітний та широкий. Має бути забезпечена метрологічна підтримка вимірювальних засобів, зокрема організована повірка цих засобів відповідно до стандартів, що є чинними в Україні.

1.3.15 Phizical Protection (забезпечення фізичного захисту ТЛК-обладнання)

Для захисту ТЛК-обладнання від розкрадання та вандалізму його слід розміщати у межах так званого фізичного контуру безпеки, роль котрого відіграють стіни закритих будівель, окремих приміщень, всілякі короби, кожухи, огорожі, стінки металевих шкафів. Контур безпеки має бути фізично укріпленим та цілісним. Фізичні отвори у контурі безпеки мають закриватися надійними засувами або дверима із спеціальними замковими пристроями. Має бути забезпечена охорона контуру безпеки, з використанням спеціальних систем охоронної сигналізації. У залежності від призначення ТЛК-системи, характеру потенційних загроз ТЛК-обладнанню, що очікуються з боку зловмисників та вандалів, коштовності обладнання та важливості прикладних задач, що вирішуються засобами ТЛК-системи, визначаються необхідні рівні стійкості фізичного контуру безпеки та гарантованості захисту. Специфікації цих рівнів у нашій країні є нормованими, тобто у відповідних нормативних документах надано критерії віднесення експлуатаційних приміщень до тієї чи іншої категорії важливості, а також визначено вимоги до засобів фізичного укріплення у залежності від умов експлуатації обладнання. Побудова систем фізичного захисту здійснюється відповідно до існуючих норм та правил ліцензованими фахівцями із спеціальною підготовкою. Зокрема, розробка політики забезпечення фізичного захисту обладнання та інсталяція відповідних систем охоронної сигналізації не входять до функціональних обов’язків фахівців з телекомунікацій, однак контролювання роботи засобів сигналізації, їх включення та виключення, а також загальний нагляд за цілісністю контуру фізичної безпеки в процесі експлуатації ТЛК-обладнання, як правило, покладається на лінійний персонал ТЛК-систем.

*Примітка 7. Історично так склалося, що та частина експлуатаційного персоналу, яка безпосередньо контактує з обладнанням і постійно знаходиться біля обладнання, зокрема внутрі фізичного контуру безпеки, називається лінійним персоналом.*

Персонал ТЛК-систем повинен знати та сумлінно дотримуватися встановлених інструкцій та правил із забезпечення фізичного захисту обладнання.

1.3.16 Забезпечення зберігання документації, що супроводжує процес експлуатації ТЛК-системи

Щоб успішно вирішувати експлуатаційні задачі, необхідно мати і належним чином зберігати відповідну експлуатаційну документацію. Це - перш за все, технічна документація на ТЛК-обладнання (ТЛК-системи або ТЛК-комплекси), що призначена для користування експлуатаційним персоналом – опис принципів, порядку та умов функціонування обладнання, опис експлуатаційних процесів, починаючи від інсталяції та закінчуючи утилізацією обладнання, опис різного роду методік, регламентів, інструкцій з експлуатації та правил користування ресурсами обладнання тощо.

*Примітка 8. Слід зауважити, що окрім експлуатаційної документації існує також конструкторьска документація на обладнання, яка не завжди поставляється експлуатаційним організаціям. Зрозуміло, що в конструкторській документації викладено, як виготовляти обладнання, а в експлуатаційній документації – як його експлуатувати.*

Необхідно також забезпечити належне зберігання організаційно-розпорядчої документації, що підтримує організаційну структуру та легитимність функціонування експлуатаційних підрозділів підприємства – власника ТЛК-ресурсів.

Необхідно забезпечити коректне генерування та зберігання звітних документів, що необхідні для контролю роботи і оцінювання діяльності експлуатаційних підрозділів підприємства.

## Питання для контролю

1. Перерахуйте усі шістнадцять груп задач експлуатації ТЛК-обладнання.
2. Надайде англомовні названня основних груп задач експлуатації.
3. Охарактеризуйте групу Configuration Maintenance
4. Охарактеризуйте групу Fault Maintenance
5. Охарактеризуйте групу Performance Maintenance
6. Охарактеризуйте групу Reliability Maintenance
7. Охарактеризуйте групу QoS Maintenance
8. Охарактеризуйте групу Security Maintenance
9. Охарактеризуйте групу Accounting Maintenance
10. Охарактеризуйте групу User Interface Maintenance
11. Охарактеризуйте групу Billing Maintenance
12. Охарактеризуйте групу Data Collection Maintenance.

## Література

1. Про затвердження Правил здійснення діяльності у сфері телекомунікацій: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1309-19#Text (дата звернення: 28.01.2025 р.).

2. R. Izhak. Principles of Data Transfer Through Communications Networks, the Internet, and Autonomous Mobiles. Wiley-IEEE Press, 2025. 716 p.

3. W. Licheng, W. Zidong, W. Guoliang. Data-Rate-Constrained State Estimation and Control of Complex Networked Systems. CRC Press, 2025. 247 p.

# ТЕМА 2
# ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

## 2.1 Уточнене визначення понять «технічна експлуатація», «технічне обслуговування» та «ремонт»

Технічна експлуатація охоплює лише частину задач, що мають вирішуватися на стадії експлуатації будь-якої технічної системи. Стосовно сфери телекомунікацій технічну експлуатацію (ТЕ) ТЛК-обладнання (ТЛК-системи або ТЛК-комплексу) визначають як сукупність всіх технічних та відповідних адміністративних дій, включаючи спостереження за станом обладнання, з метою підтримки або відновлення його стану, при якому воно може виконувати визначену сукупність корисних функцій. Основними функціями технічної експлуатації будь-якого ТЛК-обладнання є технічне обслуговування та ремонт (ТОР).

Технічне обслуговування – це комплекс операцій з підтримки працездатності об’єкта експлуатації, що здійснюється під час використання цього об’єкта відповідно до його призначення, а також під час його зберігання та транспортування. Ремонт визначається як комплекс операцій з відновлення працездатності об’єкта експлуатації, його ресурсів або ресурсів його складових частин.

*Примітка 1. Визначення термінів «технічне обслуговування» та «ремонт» надане згідно ГОСТ 18322 – 78, що є чинним в Україні.*

## 2.2 Основна ціль та функції технічної експлуатації

Основною ціллю ТЕ є забезпечення відповідності параметрів та характеристик об’єкта експлуатації тим їхнім припустимим значенням, що наведені у чинних в Україні нормативних документах (зокрема, в ДСТУ або корпоративних стандартах) та / або в інших документах, які регламентують процеси ТЕ цього об’єкта експлуатації (зокрема, в ТЗ, ТВ, ТУ або ТС на об’єкт експлуатації).

До функцій ТЕ обладнання будь-якої ТЛК-системи слід віднести наступне:

– оперативне (поточне) керування конфігурацією програмно-апаратних засобів ТЛК-системи;

– спостереження за характеристиками навантаження на обладнання, контроль неперевищень навантаження певним чином вибраних порогових значень;

– технічне обслуговування (ТО) та ремонт ТЛК-обладнання;

– ТО і ремонт додаткових (до штатних) засобів технічного захисту інформації;

– контроль конфігурації середовища експлуатації ТЛК-обладнання;

– контроль стану обладнання захисту від фізичних ушкоджень та розкрадань;

– контроль стану засобів захисту довкілля; отримання і зберігання запасних частин, комплектуючих та витратних матеріалів;

– утилізація відходів; ремонт із залученням сторонніх організацій;

– планування запасів матеріальних ресурсів; ведення обліку та виконання правил документообігу.

*Примітка 2. Слід зауважити, що такі функції як керування маршрутизацією, тарифікацією, абонентськими лініями (уведення, відміна.), надання додаткових послуг, адміністрування службами та сервісами Інтернет не є функціями ТЕ, а є функціями експлуатації, що забезпечують використання ТЛК-обладнання за його основним призначенням відповідно до вимог ТУ на це обладнання.*

На стадії експлуатації середовище користувачів ТЛК-ресурсів, як правило, постійно змінюється. Зокрема змінюється у реальному часі топологія абонентських вузлів, номенклатура, кількість і бажана якість послуг, які заявляються клієнтами оператора електрозв'язку або провайдера інформаційних сервісів. Окрім цього, постійно модернізується обладнання, удосконалюється організація експлуатації. Тому існує необхідність в оперативних змінах поточної конфігурації штатних програмно-апаратних засобів ТЛК-обладнання з тим, щоб ця конфігурація адекватно відображала поточні вимоги клієнтів і експлуатаційного персоналу до кількості та якості послуг, що надаються ТЛК-системою.

*Примітка 3. Експлуатаційний персонал також вважається користувачем ресурсів ТЛК-системи, яку цей персонал обслуговує і використовує у своїй діяльності. Вважається, що ТЛК-система надає послуги не тільки клієнтам, але і персоналу. ТЛК-послуги, що надаються персоналу, мають за мету підвищити продуктивність їхньої праці. Зокрема, використовуючи ці послуги, адміністратори обладнання мають змогу зручним для себе способом управляти його ресурсами, контролювати стан обладнання, отримувати або забороняти доступ до управління обладнанням.*

Зазначимо, що в процесі експлуатації контролюється не тільки конфігурація програмно-апаратних засобів ТЛК-обладнання, але і конфігурація усієї інфраструктури середовища експлуатації ТЛК-системи. Зокрема, конфігурація допоміжних засобів електропостачання, технологічного інструменту, засобів захисту довкілля, меблів, носіїв інформації, матеріалів та запасних частин, засобів оргтехніки та ін. Такий контроль здійснюється з метою запобігання реалізації загроз щодо порушень конфіденційності, цілісності та доступності інформаційних ресурсів об'єкта експлуатації, а також підтримки цілісності ТЛК-обладнання.

### 2.3 Принципи побудови систем технічної експлуатації

Для вивчення принципів побудови систем ТЕ в якості моделі об'єкта експлуатації будемо розглядати глобальну ТЛК-систему із мережевою структурою, архітектура котрої узята за основу більшістю сучасних українських операторів великих територіально розгалужених ТЛК-систем. Системи ТЕ більш простих ТЛК-систем будемо вважати окремими спрощеними випадками вищеназваної типової моделі. Узагальнена архітектура моделі об'єкта експлуатації відображена на рисунку 2.1 і являє собою трьохшарову багаторівневу ієрархічно побудовану структуру. Внутрішній шар представляє первинну мережу систем передачі фізичних сигналів: обладнання каналоутворення (зокрема, цифрові системи передачі PDH, SDH, DWDM тощо), фізичні канали розповсюдження сигналів (оптоволоконні, електричні, радіоканали тощо), обладнання ущільнення каналів передачі (з частотним FDM, часовим TDM або кодовим CDM ущільненням), обладнання мультиплексування /демультиплексування та регенерації сигналів, що передаються фізичними каналами (цей шар на рисунку 2.1 не показано).

Проміжний шар в архітектурі моделі представляє магістральну транспортну мережу, що побудована на базі технологій ATM та IP, а зовнішній шар – мережі абонентського доступу ATM/FR та IP. Зовнішній (по відношенню до ядра) шар в архітектурі моделі розтинається на два прошарки. Перший прошарок – це ATM/FR-мережа абонентського доступу. Вузли цієї мережі приєднуються до ATM-комутаторів магістральної мережі через високошвидкісні канали ПД. В цих вузлах розташовані

граничні ATM/FR-комутатори, до портів котрих під'єднуються користувачі через канали абонентського доступу. Будемо рахувати, що пропускна спроможність кожного такого абонентського каналу доступу у ATM/FR-мережу – до 2,048 Мбіт/с. Через них циркулюють мультиплексовані потоки даних від пристроїв доступу до FR-вузлів, які називають пристроями FRAD (Frame Relay Access Device), або від абонентських ATM-систем (зокрема, ATM-LAN, Private ATM-switch, IAD) до граничних ATM/FR-комутаторів. Будемо вважати, що для передавання даних в ATM/FR-мережі абонентського доступу використовується технологія постійних віртуальних каналів (PVC).

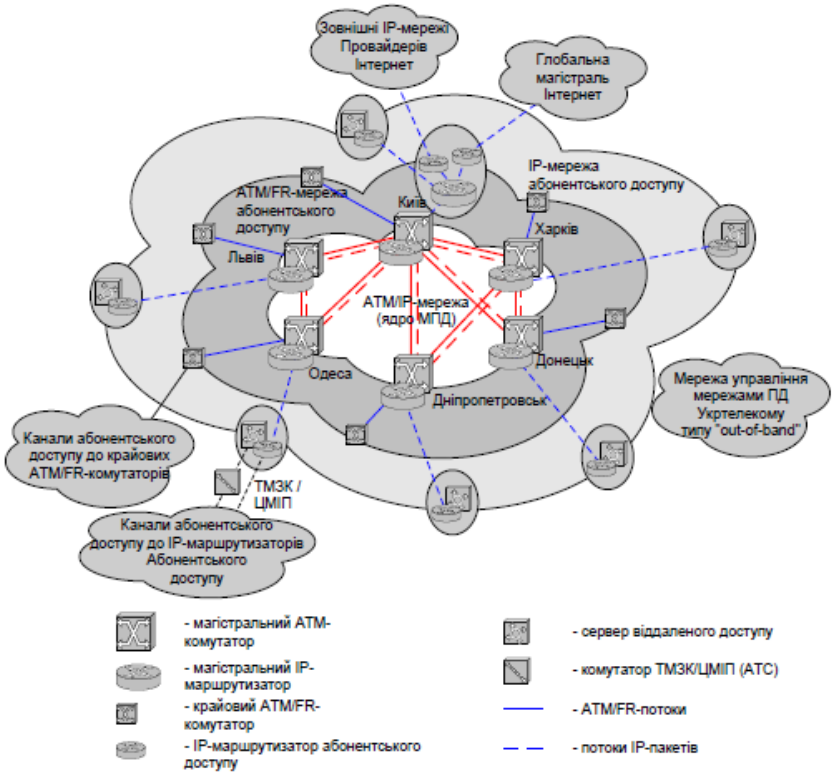


Рисунок 2.1 – Узагальнена архітектура моделі об'єкта експлуатації (обладнання первинної мережі на рисунку не відображено)

*Примітка 4. Мережі абонентського ATM/FR-доступу. Послуги мереж абонентського ATM/FR-доступу використовуються, здебільшого, для об'єднання корпоративних локальних мереж між собою. Ці мережі абонентського доступу підключаються до магістральної транспортної ATM-мережі через граничні ATM/FR-маршрутизатори/мультиплексори.*

Якщо для підключення до магістральної транспортної мережі використовується технологія FR, то до складу обладнання мереж абонентського доступу повинен входити спеціальний пристрій доступу – FRAD. Найчастіше пристрій FRAD є невід'ємною частиною IP-маршрутизаторів, але він, також, може бути конструктивно оформлений у вигляді окремого пристрою. В цьому випадку для його підключення до маршрутизотора використовуються інтерфейси 10BaseT/100BaseTX, V.24, V.35, V.36, V.11. Для зв'язку FRAD з граничними ATM/FR-комутаторами/мультиплексорами використовуються цифрові та / або аналогові виділені канали. Каналоутворююче обладнання (ПОД/ПОК, синхронні/асинхронні аналогові модеми) може входити до

складу FRAD (маршрутизатора) або бути конструктивно оформленим у вигляді окремих пристроїв. В деяких випадках граничні ATM/FR-комутатори можуть під'єднуватися до магістральних ATM-комутаторів за технологією FR, тобто через інтерфейс NNI FR із швидкістю 2,048 Мбіт/с.

Схема абонентського доступу до магістральної транспортної мережі з використанням технології FR зображена на рисунку 2.2.

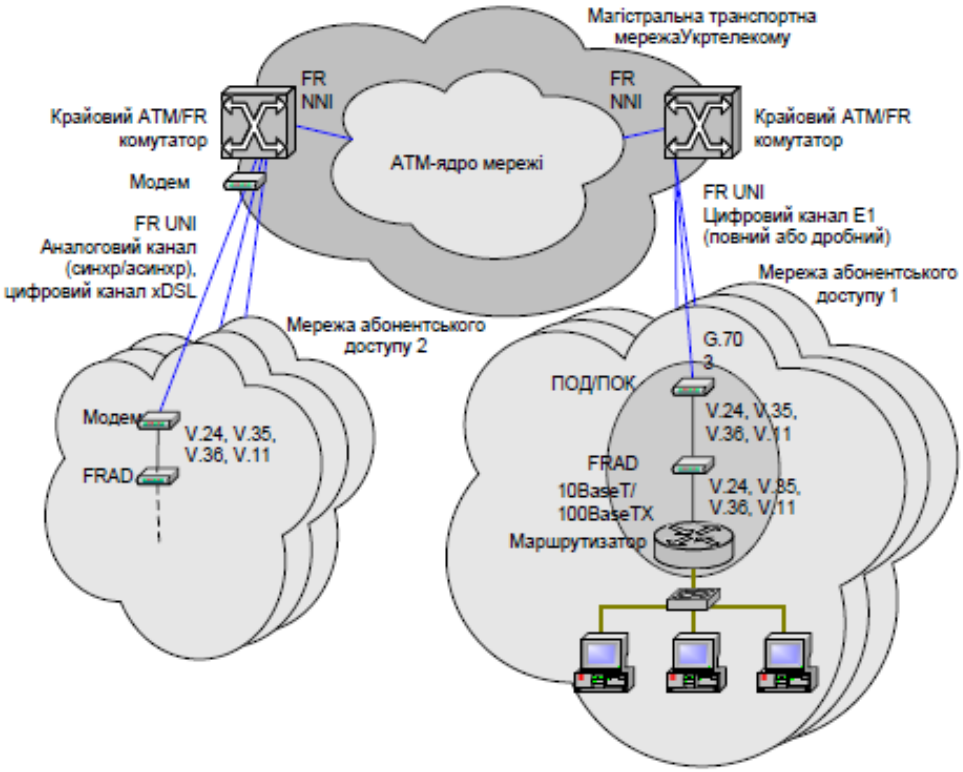


Рисунок 2.2 – Схема абонентського FR-доступу до магістральної транспортної мережі

Між абонентськими пристроями FRAD через комутатори транспортної мережі встановлюються постійні віртуальні канали. Послуги комутованих віртуальних каналів на практиці через відсутність попиту практично не надаються. При встановленні постійного віртуального каналу задається його узгоджена швидкість (CIR) та додаткова максимальна швидкість (EIR).

Другий прошарок зовнішнього шару в структурі моделі об'єкта експлуатації – це IP-мережа абонентського доступу, що призначена, головним чином, для надання послуг Інтернет. Вузли цієї мережі приєднуються до IP-маршрутизаторів магістральної ATM/IP-мережі із використанням цифрових потоків типу E1 (із швидкістю 2,048 Мбіт/с), що утворюються за допомогою обладнання первинної мережі.

Користувачі IP-мережі підключаються до вузлів доступу мережі IP, тобто до IP-маршрутизаторів абонентського доступу, за допомогою синхронних та / або асинхронних некомутованих ліній, TDM-каналів, FR-каналів, а також комутованих каналів телефонних мереж загального користування (аналогових – ЗАКТМ і цифрових – ЦМІП). Через IP-мережу користувачі мають доступ до глобальної мережі Інтернет.

*Примітка 5. Мережі абонентського IP-доступу. Мережі абонентського доступу підключаються до транспортної IP-мережі через вузли доступу (ВД). До складу основного обладнання типового ВД входить маршрутизатор абонентського*

*доступу, сервери віддаленого доступу (RAS), сервери DNS RESOLVER та RADIUS PROXY. Обладнання ВД з'єднується між собою через локальну обчислювальну мережу (ЛОМ), поділену міжмережним екраном на окремі зони захисту. Поділ об'єктів ЛОМ за зонами захисту здійснюється відповідно до прийнятої політики забезпечення захисту інформаційних ресурсів ВД. Функції міжмережевого екрану може здійснювати маршрутизатор абонентського доступу або окремий програмно-апаратний засіб.*

Типова конфігурація апаратних засобів ВД зображена на рисунку 2.3. Поряд з ВД до транспортної IP-мережі розміщуються вузли доступу до прикладних служб Інтернету, типова конфігурація яких також показана на рисунку 2.3.

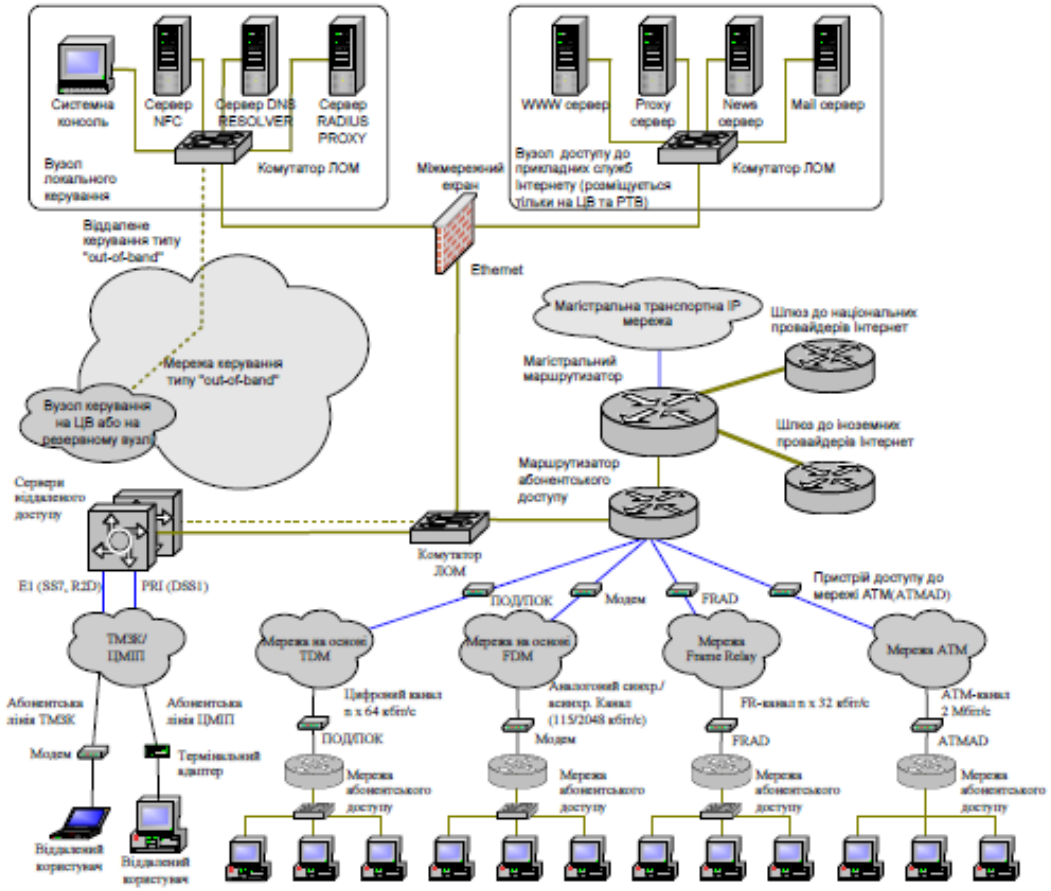


Рисунок 2.3 – Типова конфігурація апаратних засобів вузла доступу до IP-мережі

Мережі абонентського доступу підключаються до ВД через комутовані та / або виділені канали зв'язку. У минулому використовувались, здебільшого, аналогові комутовані канали. Але є можливим застосування цифрових комутованих каналів. Аналогові комутовані канали – це, як правило, канали телефонної мережі загального користування ЗАКТМ із смугою пропускання 3,1 кГц. Цифрові комутовані канали, якщо вони використовуються, то це – канали BRI цифрової мережі з інтеграцією послуг (ЦМІП). Для організації каналів абонентського доступу через канали ЗАКТМ/ЦМІП використовуються відповідно аналогові модеми / термінальні адаптери (ТА). В якості шлюзів між мережами з комутацією каналів, через які здійснюють доступ користувачі послуг МПД, та транспортною IP-мережею використовуються сервери віддаленого доступу (СВД). СВД підключаються до ЗАКТМ через інтерфейси E1. Обмін службовою інформацією з комутаторами ЗАКТМ (тобто, з АТС)

відбувається за допомогою систем сигналізації СКС7, R2D та інших. Для підключення СВД до мережі ЦМІП використовуються інтерфейси PRI. Обмін службовою інформацією з комутаторами ЦМІП здійснюється за допомогою системи сигналізації DSS1.

На деяких периферійних вузлах з невеликою кількістю абонентів в якості СВД іноді використовуються персональні комп'ютери (ПК) із встановленим спеціальним програмним забезпеченням (ПЗ). До цих ПК через мультипортові плати з інтерфейсами RS-232C/V.24 підключені аналогові модеми. Модеми, в свою чергу, підключені до абонентських ліній ТМЗК.

Перед отриманням доступу через комутовані канали до транспортної IP-мережі виконуються процедури ідентифікації та автентифікації користувачів. Для цього використовується програмне забезпечення СВД та сервера RADIUS PROXY.

Обладнання та ПЗ, яке є необхідним для виконання безпосередніх функцій сервера RADIUS PROXY, входить до складу будь-якого ВД. Але спеціалізоване ПЗ та обладнання сервера RADIUS, яке виконує функції керування, входить до складу тільки вузла керування мережею, що розташований на ЦВ або на регіонально-транзитному вузлі, який виконує функції резервного вузла керування. До складу цих вузлів керування (тобто, основного і резервного) входить, крім того, спеціалізоване ПЗ та обладнання СВД із використанням ЗЗК, а також ПЗ, що здійснює функції управління ресурсами модемного пулу. ПЗ серверів СВД та RADIUS забезпечує облік обсягів наданих послуг комутованого доступу.

Крім комутованих аналогових і цифрових каналів для доступу до глобальної транспортної IP-мережі наразі використовуються виділені канали. Виділені канали також можуть бути аналоговими та / або цифровими.

Аналогові виділені канали – це ненавантажені двох або чотирьох проводові канали (тобто, фізичні лінії), що з'єднують абонентське обладнання з маршрутизаторами вузлів доступу, або навантажені аналогові канали, що входять до складу первинних мереж з частотним ущільненням каналів (FDM). В якості каналоутворюючого обладнання в цих випадках використовуються аналогові модеми. Допускається використання асинхронних (з максимальною швидкістю передачі даних 115,2 кбіт/с) та синхронних (з максимальною швидкістю передачі даних 2048 кбіт/с) аналогових модемів.

Цифрові виділені канали – це канали цифрових первинних мереж з ущільненням каналів за часом (TDM). В якості каналоутворюючого обладнання для підключення мереж абонентського доступу до транспортної IP-мережі через виділені цифрові канали мереж TDM використовуються пристрої обслуговування даних/пристрої обслуговування каналу ПОД/ПОК (DSU/CSU). Швидкість передачі даних виділених цифрових каналів є кратною 64 кбіт/с.

Крім того, для доступу до магістральної IP-мережі є можливим використання постійних віртуальних каналів транспортних мереж ATM/FR. Мережі абонентського доступу підключаються до мережі FR за допомогою спеціального обладнання доступу – пристрою FRAD (Frame Relay Access Device). Один із портів маршрутизатора ВД також підключений до мережі FR. При замовленні абонентом послуги доступу до магістральної IP-мережі між абонентським пристроєм FRAD та пристроєм FRAD, що підключений до порту IP-маршрутизатора, встановлюється постійний віртуальний FR-канал, через який абонентська мережа отримує доступ до транспортної мережі.

Для вирішення задач керування ТЛК-системою та контролю її працездатності у рамках прийнятої моделі об’єкта експлуатації створена відповідна мережа управління. Реалізується управління типу «out-of-band» (тобто, позасмугове керування). Такий тип управління передбачає створення потоків сигналів управління та іншої технологічної інформації через фізично відокремлені канали зв’язку, що сприяє підвищенню живучості та надійності функціонування мереж. На відміну від керування типу «out-of-band» у більш простих та менш відповідальних ТЛК-системах нерідко використовується керування типу «in-band» (внутрішньосмугове керування), коли потоки сигналів управління просуваються тими ж каналами, що і абонентська інформація.

*Примітка 6. Системи керування. Керування ТЛК-системами здійснюється як за допомогою спеціалізованих програмно-апаратних систем керування, що встановлені у виділених центрах керування (ЦК) (як правило, основний – на центральному вузлі ЦВ ТЛК-системи та резервний – на одному із регіонально-транзитних вузлів РТВ) і дозволяють виконувати централізоване управління територіально розгалуженим ТЛК-обладнанням та всією ТЛК-системою у цілому, так і шляхом використання штатного ПЗ окремих елементів ТЛК-системи (комутаторів, маршрутизаторів, серверів тощо).*

Зазвичай керування ядром магістральної транспортної мережі IP/ATM/FR (тобто, центральним вузлом, регіонально-транзитними та регіональними вузлами РВ) здійснюється централізовано персоналом виділених ЦК. На практиці використовуються системи керування ядром транспортної мережі ATM/FR та ядром мережі IP, що є повністю незалежними одна від одної. У багатьох випадках керування територіальними та периферійними вузлами (ПВ) IP-мережі здійснюється локально персоналом відповідних вузлів. Крім того, персонал всіх вузлів IP-мережі здійснює локальне керування серверами інтернет-сервісів IP-мережі (DNS, SMTP тощо).

Керування магістральною транспортною мережею ATM/FR здійснюється, як правило, централізовано за допомогою програмно-апаратних засобів ЦК. ЦК здійснюється контроль та керування комутаторами транспортної мережі, які розміщені на центральному вузлі, регіонально-транзитних та регіональних вузлах ТЛК-системи. Зокрема, виконується керування конфігурацією комутаторів, збір статистичної інформації і генерація звітів, обробка збоїв і відмов у роботі обладнання тощо.

В якості програмної платформи ЦК транспортної мережі як один із можливих варіантів може використовуватися ПЗ Network Management System (NMS). За допомогою NMS системні адміністратори центра керування повністю контролюють комутатори ядра транспортної мережі ATM/FR. ПЗ NMS працює під керуванням операційної системи Sun Solaris. В основі ПЗ NMS лежить архітектура клієнт/сервер. ПЗ користувачів взаємодіє з ПЗ сервера NMS через відокремлену від магістральної мережі IP-мережу управління (тобто, використовує тип управління «out-of-band»). Для взаємодії серверного ПЗ NMS з магістральними комутаторами, як правило, використовуються фірмові технології виробника ATM-комутаторів. До складу ПЗ NMS входить кілька окремих модулів. Центральним модулем NMS є InfoCenter. Він створює спільне операційне середовище для інших модулів NMS. Завдяки використанню InfoCenter системні адміністратори мають можливість візуально контролювати ресурси мережі, спостерігати її фізичну та логічну топології тощо.

Модуль OmniView забезпечує послуги зі збору статистичної інформації про роботу як мережі в цілому та її підмереж, так і окремих портів мережевого

обладнання, її обробки та генерації звітів. Цей модуль здатний взаємодіяти з будь-яким обладнанням, що сумісне із специфікацією MIB II (RFC 1213, ISO 8824:1987, МСЕ-Т X.208). Інформація, яка зібрана OmniView, відображається на екрані графічного інтерфейсу системного адміністратора у вигляді діаграм, графіків та / або таблиць.

Модуль Path Trace призначений для обслуговування зв'язків між вузлами мережі. За допомогою цього модулю забезпечується діагностика серверного, клієнтського та іншого мережевого обладнання та каналів зв'язку між ними. Інформація про стан обладнання відображається у графічній формі.

Модуль Fault Summary призначений для збору інформації про збої, відмови та помилки в роботі обладнання та її обробки. Зібрана інформація відображається на екрані графічного інтерфейсу користувача модуля Fault Summary разом з рекомендаціями щодо усунення виниклих проблем. Засобами цього модулю системні адміністратори повідомляються про виникнення нештатних ситуацій в мережі (електронною поштою та/або через мережі персонального радіовиклику).

Модуль Expanded View відображає на екрані графічного інтерфейсу користувача інформацію про поточний стан конкретних мережних пристроїв, дозволяє їх моніторинг, конфігурування, збір статистики тощо. Керування магістральною мережею IP виконується централізовано за допомогою програмно-апаратних засобів відповідних ЦК (основного – на ЦВ ТЛК-системи та резервного – на РТВ). За допомогою засобів цих ЦК здійснюється контроль та керування маршрутизаторами ядра IP-мережі. Зокрема, виконується керування конфігурацією обладнання та маршрутизацією трафіку, збір статистичної інформації і генерація звітів, обробка збоїв і відмов у роботі обладнання тощо.

За допомогою спеціалізованого ПЗ системні адміністратори центрів керування контролюють маршрутизатори ядра IP-мережі.

У глобальних розгалужених ТЛК-системах, як правило, використовуються централізовані та децентралізовані (локальні) схеми ТЕ ТЛК-обладнання. Під час побудови схем ТЕ мають на увазі, що трудовитрати при централізованому обслуговуванні у середньому не перевищують 0,05 людино/годин на одне еквівалентне PVC-з'єднання на рік, у той час як при локальній схемі обслуговування цей показник може зрости до 0,4 людино / годин на одне еквівалентне PVC-з'єднання на рік. Тому, щонайменше, функції контролю стану та конфігурування ТЛК-обладнання, що розміщується на вузлах мережі, здійснюється централізованим способом. Для цього використовується окрема фізично або логічно виділена мережа керування. В центрі керування інсталюється спеціалізована програмна або програмно-апаратна система, що виконує функції головного менеджера усієї ТЛК-системи. Іншими словами, робоче місце головного адміністратора об'єкту експлуатації (ТЛК-системи) знаходиться за терміналом центра керування. Саме із цього робочого місця головний адміністратор реалізує функції контролю стану та конфігурування обладнання, що розташовано на всіх вузлах ТЛК-системи. Паралельно ці ж, а також усі інші функції ТЕ можуть здійснюватися персоналом безпосередньо на вузлах за допомогою локальних систем керування ТЛК-обладнанням. У разі порушення зв'язку із центром керування локальні системи керування забезпечують накопичення і збереження тарифної, аварійної, діагностичної та статистичної інформації, а також інших важливих даних.

В останній час в глобальних мережах національного рівню намітилась тенденція до повної централізації функцій керування так, щоби усі ці функції здійснювались засобами центру керування. Це дозволяє суттєво скоротити персонал вузлового обладнання та підвищити рівень керованості мережі (рис. 2.4).

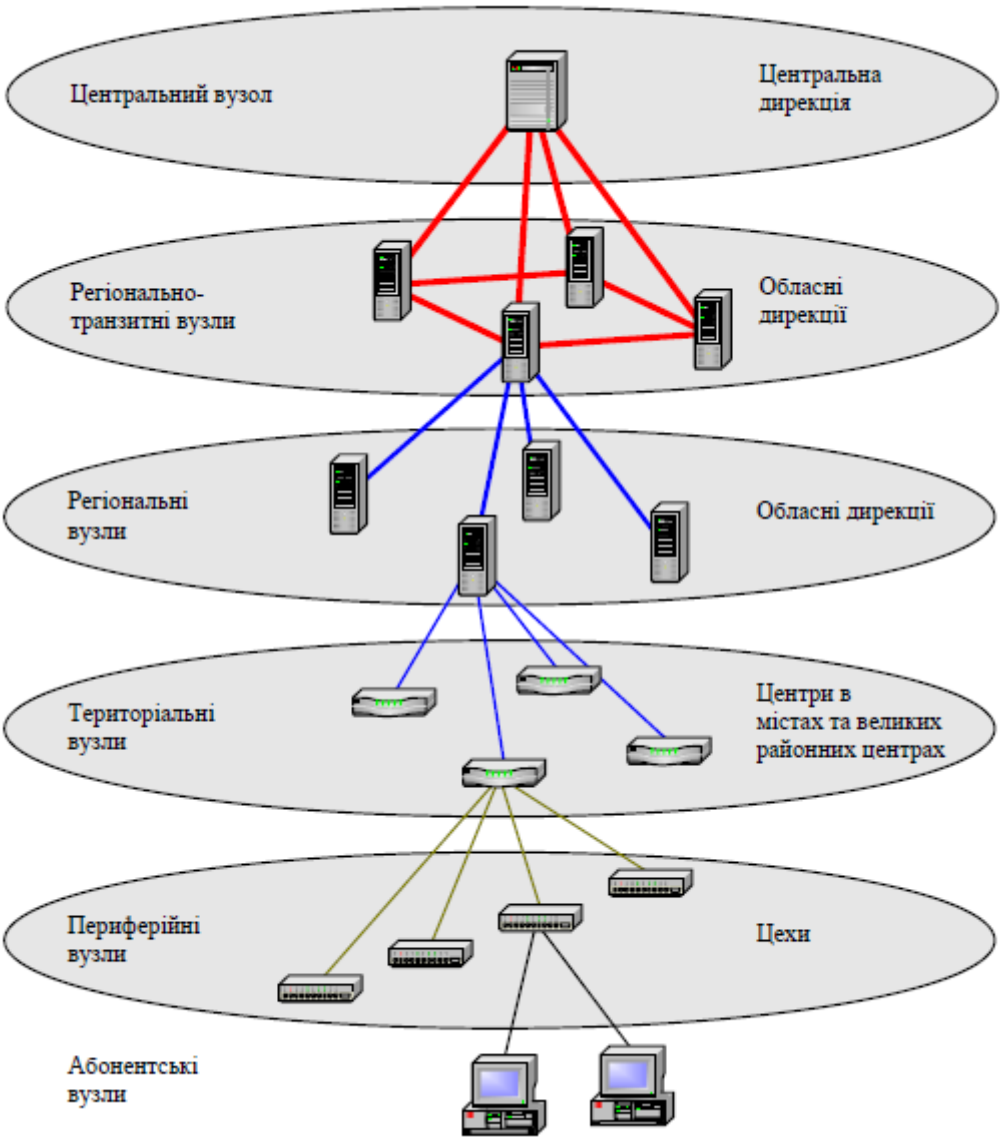


Рисунок 2.4 – Ієрархія вузлів моделі об’єкту експлуатації

Штатне обладнання ТЛК-систем для забезпечення функцій ТЕ у більшості випадків спроможне, щонайменше, реалізовувати наступні системні функції:

1) видача повідомлень про стан обладнання підсистем керування;
2) видача аварійних повідомлень;
3) локалізація пошкоджень;
4) функціональне тестування після відновлювальних робіт;
5) перевірка несуперечності даних;
6) ініціювання перезапуску;
7) заміна вмісту пам’яті;
8) видача дампу пам’яті в цілях техобслуговування;
9) управління параметрами навантаження;
10) обмеження обслуговування низькопріоритетних користувачів.

Експлуатаційний персонал, як правило, має можливість запитувати стан елементів обладнання. У відповідь на запити видається вже оброблена засобами ТЛК-системи узагальнена інформація. Існує також можливість шляхом ініціювання додаткових запитів отримувати більш детальну інформацію щодо стану обладнання.

Забезпечується обробка та відповідь на принаймні наступні запити:

1) конфігураційна інформація;

2) узагальнений стан контрольованого обладнання (включаючи аварійну та попереджувальну інформацію);

3) діагностична інформація (детальний стан функціонального модулю, підсистеми керування тощо);

4) детальний стан каналів та портів обладнання;

5) параметри якості обслуговування;

6) параметри навантаження;

7) тарифікаційна інформація;

8) підтвердження виконання команд управління.

Система діагностики ТЛК-обладнання здійснює виявлення та локалізацію проблем в експлуатації цього обладнання, його тестування після ремонту. Наприклад, сучасне ТЛК-обладнання за допомогою засобів системи діагностики забезпечує можливістьавтоматичного виявлення проблем при несправностях в одному ТЕЗі з ймовірністю 0,75, а при несправностях одночасно від одного до трьох ТЕЗів з ймовірністю 0,95. В інших 5% випадків місце несправності має визначатися експлуатаційним персоналом.

Вище вказувалось, що прийнята модель об’єкту експлуатації (тобто, ТЛК-мережі) має ієрархічну функціонально-організаційну структуру. Як приклад на рисунку 2.4 зображена ієрархія вузлів моделі.

Як бачимо, в залежності від виконуваних функцій, типу обладнання, його ємності та умов використання всі вузли моделі поділені на шість рівнів.

Роботи з технічного обслуговування та ремонту (ТОР) ТЛК-обладнання доцільно структурувати згідно рисунку 2.4, тобто організаційна структура системи ТЕ має відображати функціональну (та топологічну) структуру об’єкта експлуатації. Проте розподіл обов’язків між персоналом центру керування мережею та персоналом вузлів залежить від ступеню централізації функцій керування. Із рис. 2.1 та рис. 2.4 витікає, що конкретний зміст задач ТОР, а також вибір методів та процедур їхнього вирішення напряму залежить від:

1) організаційної структури кадрового ресурсу, що забезпечує експлуатацію обладнання ТЛК-системи;

2) виду телекомунікаційної технології, яка реалізується ТЛК-обладнанням;

3) виду технічного обслуговування та ремонту, що виконується експлуатаційним персоналом (поточне, планово-періодичне);

4) рівня вузла в ієрархічній структурі багаторівневих ТЛК-систем;

5) методу експлуатації, що використовуються для вирішення задач ТОР;

6) виду процедури, що застосовується для реалізації обраного методу експлуатації.

Структуризація робіт з ТОР ТЛК-обладнання у типовій моделі ТЛК-системи надана на рисунку 2.5.

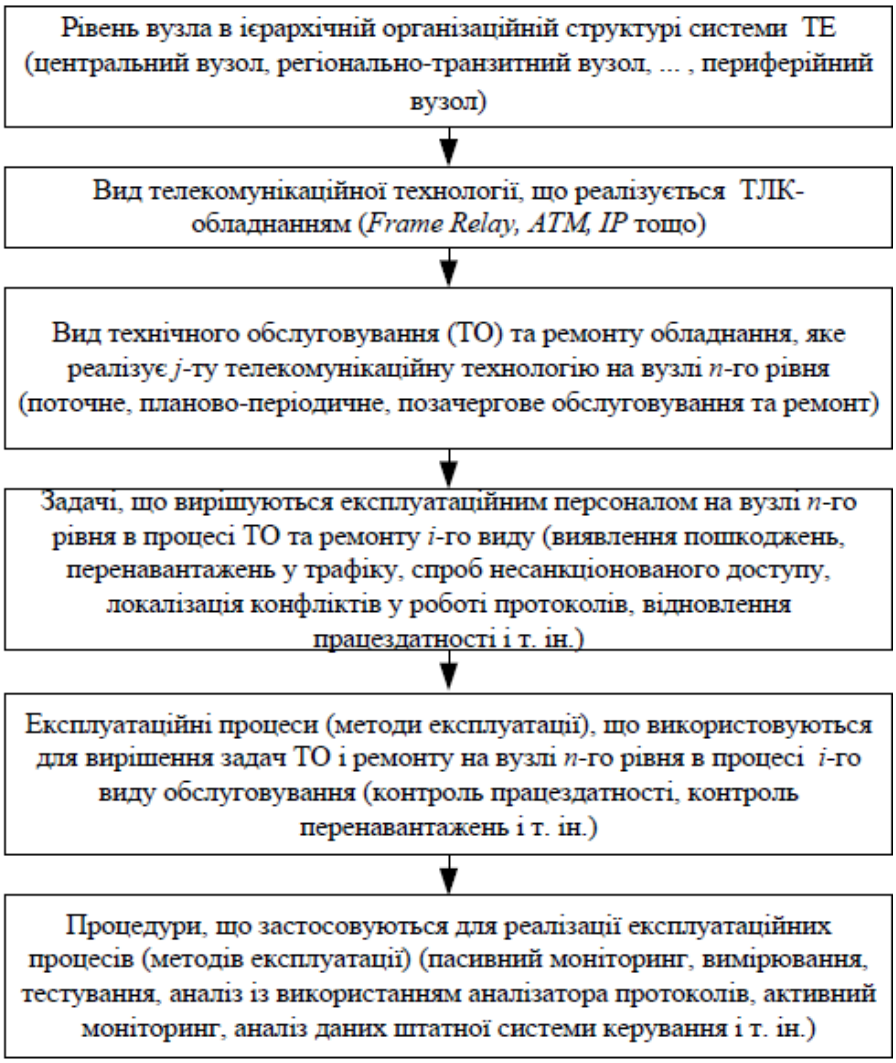


Рисунок 2.5 – Структуризація робіт з технічного обслуговування та ремонту обладнання у типовій моделі ТЛК-системи

## 2.4 Організаційне забезпечення технічної експлуатації

Система ТЕ ТЛК-систем складається із спеціально підготовленого адміністративно-технічного персоналу, спеціально підібраних інструментальних програмно-апаратних засобів технічного забезпечення ТЕ (включаючи тестове забезпечення), відповідної технічної експлуатаційної документації та організаційно-розпорядницької документації, що необхідна для підтримки та відновлювання обладнання.

Організаційна структура експлуатаційних підрозділів повторює ієрархічну функціональну структуру вузлів моделі експлуатації (рис. 2.4).

В процесі ТЕ адміністративно-технічний персонал (експлуатаційний персонал) здійснює наступні функції:

1) технічне обслуговування (ТО) обладнання ТЛК-систем;

2) ремонт обладнання ТЛК-систем;

3) утримання та поновлення комплектів запасних частин, інструментів, приладів та матеріалів (ЗІП);

4) роботи із запровадження нової техніки;

5) рекламаційна робота;

6) ведення експлуатаційно-технічної та облікової документації;

7) збір та узагальнення статистичних даних щодо технічного стану та ушкодження обладнання, а також щодо витрат ЗІП;

8) облік та аналіз показників ТЕ, розробка та впровадження пропозицій щодо її удосконалення.

Персонал, що здійснює ТЕ обладнання транспортування інформації, взаємодіє із експлуатаційними підрозділами первинних ТЛК-мереж з питань:

– зміни структури ТЛК-систем (підключення нових каналів або їх відключення, введення в дію нових вузлів);

– зміни режимів функціонування обладнання;

– узгодження планів виконання ремонтних робіт;

– обміну інформацією щодо стану обладнання, якості обслуговування користувачів (особливо, під час вирішення виниклих проблем щодо працездатності обладнання).

Більшість глобальних ТЛК-систем має ієрархічну мережну структуру, тобто існує центр керування системою, що розташований, як правило, на центральному вузлі цієї системи, та підпорядковані центру сукупності вузлів більш нижчих рівнів ієрархії. Організаційна структура взаємодії підрозділів, що здійснюють надання ТЛК-послуг, адміністративне та технічне обслуговування ТЛК-систем, відображає структуру цих систем та побудована, як правило, за принципами спеціалізації та подвійної підпорядкованості. Це сприяє раціональному використанню кадрового потенціалу оператора електрозв’язку, зменшенню експлуатаційних витрат, підвищенню надійності функціонування обладнання та якості надання послуг користувачам, спрощенню вирішення питань щодо захисту ТЛК-систем від несанкціонованого доступу.

Подвійна підпорядкованість передбачає, що функції безпосереднього адміністрування експлуатаційним персоналом здійснює керівництво вузлів ТЛК-системи, в той час як у сфері забезпечення технологічної дисципліни і здійснення процесів ТЕ цей персонал підпорядковується відповідним підрозділам центру керування ТЛК-системою.

Персонал верхніх рівнів організаційної структури, окрім забезпечення виконання експлуатаційних функцій на своїх рівнях організаційної структури, виконують також функції оперативного управління вузлами більш нижчого ієрархічного рівня, які до них приєднані.

З метою зменшення запасного майна і приладів (ЗІП) та експлуатаційних витрат здійснення функцій ТЕ зосереджується з максимально можливим ступенем централізації. На периферійних вузлах нижнього рівня штат експлуатаційного персоналу є мінімізованим – лише для забезпечення нормативу на середній час відновлення працездатності обладнання цих вузлів та мережевого обладнання користувачів.

На мережах передачі даних (МПД) оперативно-технічне керівництво роботами під час аварій, у тому числі непроходженні сигналів через канали зв’язку, а також під час уведення або виведення каналів, здійснюється так званими керівними вузлами. Центральний вузол МПД є керівним вузлом на прямих зв’язках з будь-якими іншими вузлами, які під’єднані до його портів. Вузол більш високого рівня здійснює оперативне керівництво вузлами більш низького рівнів, що під’єднані до його портів.

Обов’язки експлуатаційного персоналу. На кожному вузлі існують посадові інструкції для експлуатаційного персоналу, що розроблені з урахуванням організаційної структури підприємства. З метою безперебійного поточного обслуговування обладнання протягом доби може бути організовано чергування персоналу. У цьому випадку персонал розподіляється за трьома робочими змінами. Між взаємодіючими службами вузлів і посадовими особами змін організується службовий зв’язок. Основні аспекти такої взаємодії документуються. Старший технічний керівник зміни вузла повинний:

а) здійснювати оперативно-технічне керівництво роботою персоналу зміни всіх технічних підрозділів вузла;

б) контролювати роботу чергового персоналу, надавати йому необхідну допомогу у вирішенні виникаючих проблем; у разі тривалих порушень працездатності обладнання особисто брати участь у відновленні його дії;

в) забезпечувати своєчасну організацію обхідних напрямків за умов ушкодження основних;

г) повідомляти головного інженера або начальника вузла про всі аварії, тривалі порушення працездатності обладнання і прийняті заходи щодо його відновлення;

д) вести запис всіх повідомлень, що відносяться до аварійних ситуацій, у робочому журналі, а після ліквідації аварії або відновлення роботи обладнання оповіщати керівництво про час відновлення і виявлені причини порушень працездатності ТЛК-системи;

е) виявляти нестійкі працюючі з’єднання і вносити пропозиції керівництву вузла щодо поліпшення їхньої роботи;

ж) забезпечувати правильне розміщення персоналу відповідно до його службових обов’язків, стежити за виробничою дисципліною в зміні;

з) удосконалювати свої технічні знання і ділові якості, сприяти підвищенню кваліфікації працівників;

і) сприяти впровадженню й удосконалюванню прогресивних методів праці і поширенню передового досвіду.

Персонал вузла зобов’язаний:

а) добре знати побудову, принцип дії і методи ТЕ устаткування на ділянці, що обслуговується;

б) постійно вести спостереження за роботою дорученого устаткування, своєчасно і у повному обсязі проводити відповідні профілактичні заходи;

в) у випадку порушення нормальної роботи обладнання із технічних причин вживати негайних заходів до швидшого усунення виниклих проблем;

г) виконувати вимоги правил і інструкцій із технічної експлуатації, правила техніки безпеки, промсанітарії і протипожежних заходів, сумлінно виконувати свої обов’язки відповідно до посадової інструкції.

У випадку зникнення або невідповідності нормам живлячих напруг на устаткуванні вузла персонал, що здійснює його технічну експлуатацію, повинний негайно сповістити про це відповідну службу, а також старшого технічного керівника зміни вузла. Про несправності в обладнанні службового зв’язку експлуатаційний персонал повинний негайно повідомляти про це службу, що здійснює обслуговування і ремонт обладнання службового зв’язку, а про несправності вимірювальної апаратури – персонал метрологічної служби.

Черговий персонал зобов’язаний безвідлучно знаходитися на своїй ділянці, безупинно спостерігати за процесом функціонування обладнання, а у разі необхідності втручатися у цей процес, намагаючись забезпечити роботу обладнання із заданою якістю. Черговий працівник може залишити своє робоче місце тільки з дозволу свого керівника.

До часу здавання чергування черговий працівник повинен перевірити наявність і стан резервної апаратури, інструмента, запасних частин, приладів, матеріалів, схем і інструкцій, виконати усі дії, які регламентовані правилами документообігу та упорядкувати робоче місце.

Під час здавання зміни черговий працівник зобов’язаний інформувати працівника, що приймає чергування, про стан устаткування і його роботу за час чергування, про одержані оперативні вказівки і розпорядження, що стосуються організації й експлуатації обладнання, яке є об’єктом контролю.

Працівник, що приймає чергування, зобов’язаний:

а) перевірити наявність і стан резервної апаратури, інструмента, запасних частин, приладів, матеріалів, документації (схем і інструкцій), санітарний стан робочих місць;

б) ознайомитися із записами у технічних журналах з метою виявлення можливих невідповідностей у цих записах.

Працівники оформляють здавання і приймання чергування шляхом накладення власноручних підписів у технічному журналі або в іншому документі, який призначений для цієї мети. Про результати прийому чергування працівник доповідає старшому технічному керівнику, після чого приймає зміну.

Кваліфікація працівників, які здійснюють ТЕ, має бути достатньою для виконання ними своїх службових обов’язків, що зафіксовані у відповідних внутрішньокорпоративних документах. Експлуатаційний персонал повинен проходити спеціалізоване навчання за учбовими програмами, що структуровані відповідно до організаційної структури системи ТЕ. Працівники допускаються до роботи з обладнанням тільки при позитивних результатах атестації їхніх знань після навчання.

## 2.5 Технічне забезпечення технічної експлуатації

Увесь широкий спектр робіт з експлуатації різноманітного ТЛК-обладнання (якщо мова йде про оператора чи провайдера телекомунікаційних послуг національного масштабу) майже неможливо охопити у рамках однієї організаційної структури експлуатаційного персоналу. Тому експлуатаційні організації спеціалізуються за видами ТЛК-обладнання. В основі спеціалізації лежить семирівнева модель взаємодії відкритих інформаційних систем згідно з ГОСТ 28906, що стандартизована ISO 7498. На практиці експлуатаційні організації, що спеціалізуються на експлуатації обладнання фізичного рівня (згідно семирівневої моделі), виділяються в окрему групу – операторів первинних мереж та систем передачі (Дирекція первинних мереж Укртелекому). Другу групу складають телекомунікаційні оператори та провайдери, що спеціалізуються на експлуатації обладнання транспортування інформації (це обладнання реалізує інтерфейси і протоколи від канального до сеансового рівнів). Третя група складається із провайдерів інформаційних сервісів, що експлуатують обладнання від сеансового до прикладного рівнів.

Розглянемо технічне забезпечення експлуатації обладнання транспортування інформації. Для здійснення функцій ТЕ цього обладнання експлуатаційні підрозділи ТЛК-оператора використовують наступні групи технічних (програмно-технічних) засобів:

1) засоби технічного обслуговування і ремонту (ТОР) основного технологічного обладнання ТЛК-систем;

2) засоби спостереження і контролю навантаження (тобто, засоби контролю трафіка);

3) засоби оперативного керування конфігурацією програмно-апаратних компонентів та ТЛК-систем у цілому;

4) засоби контролю стана обладнання захисту від фізичних ушкоджень та розкрадань;

5) засоби отримання і зберігання запасних частин, матеріалів та комплектуючих;

6) засоби планування запасів матеріальних ресурсів;

7) засоби обліку та виконання правил документообігу.

*Примітка 7. Слід мати на увазі, що більшість провайдерів не забезпечує свої експлуатаційні підрозділи спеціалізованими технічними засобами виконання таких видів робіт як:*

*– ТО і ремонт засобів технічного захисту інформації (ТЗІ);*

*– контроль конфігурації середовища експлуатації ТЛК-систем;*

*– контроль стану засобів довкілля;*

*– здавання відходів в утиль;*

*– ремонт із залученням сторонніх організацій.*

Для виконання перерахованих вище робіт вважається за доцільне користуватися послугами сторонніх спеціалізованих організацій.

Група технічних засобів ТОР основного технологічного обладнання складається із:

1) програмних і апаратних модулів, що входять у штатні комплекти поставок обладнання спеціалізованих систем централізованого керування ТЛК-системами;

2) програмних і апаратних модулів, що входять у штатні комплекти поставок обладнання вузлів локального керування (зокрема, серверів віддаленого доступу (RAS), серверів RADIUS PROXY та NFC тощо);

3) програмних і, можливо, апаратних модулів, що входять у штатні комплекти поставок міжмережних екранів (файєрволів);

4) програмних і апаратних модулів, що входять у штатні комплекти поставок магістральних і граничних Ethernet/ATM/FR-комутаторів;

5) програмних і апаратних модулів, що входять у штатні комплекти поставок магістральних IP-маршрутизаторів та IP-маршрутизаторів абонентського доступу;

6) програмних і апаратних модулів, що входять у штатні комплекти поставок шлюзового обладнання;

7) спеціалізованого багатофункціонального програмно-апаратного пристрою для аналізу телекомунікаційних протоколів типа HPJ2300D (HP Internet Advisor) виробництва компанії Agilent Techologies (США).

Вищеназване обладнання використовується в процесах ТЕ мереж передачі даних (МПД) у якості засобів вимірювань, тестування, моніторингу, логічного аналізу, обробки даних, експертного аналізу, а також для автоматизації процесів ТЕ МПД.

Група технічних засобів спостереження і контролю навантаження має склад обладнання, що співпадає із складом попередньої групи технічних засобів. Група засобів оперативного керування конфігурацією складається із програмних і апаратних модулів, що входять у штатні комплекти поставок обладнання централізованої і локальних систем керування. Група технічних засобів контролю стану обладнання захисту від фізичних ушкоджень та розкрадань складається із: елементів системи охоронно-пожежної сигналізації, що контролюють стан цих систем; засобів відеонагляду; допоміжних спеціалізованих систем проводового та радіозв'язку для оснащення працівників служби охорони. Група технічних засобів отримання і зберігання запасних частин, матеріалів та комплектуючих складається із транспортних засобів для перевезення вантажів та спеціалізованих засобів зберігання запасного майна (сейфи, шафи, холодильники, кондиціонери). До складу технічних засобів контролю конфігурації середовища експлуатації МПД, засобів планування запасів матеріальних ресурсів і засобів обліку та виконання правил документообігу відноситься комп'ютерна та інша оргтехніка, а також відповідне спеціалізоване ПЗ.

## 2.6 Інформаційне забезпечення технічної експлуатації

ТЕ телекомунікаційних систем пов'язана не тільки із особливостями використання програмно-технічних засобів та із задіяними адміністративно-організаційними заходами, що спрямовані на досягнення визначених цілей експлуатації. Необхідно мати чітке уявлення про множину експлуатаційних процесів та процедур, які необхідно здійснювати на стадії експлуатації цих систем. Іншими словами, необхідно мати моделі експлуатаційних процесів, реалізація котрих на практиці дозволить досягти визначені цілі експлуатації. Окрім того, необхідно знати структуру взаємозв'язків між службами та процесами обслуговування, множину параметрів, що впливають на працездатність обладнання, а також норми на припустимі діапазони значень цих параметрів. Вищенаведені дані складають зміст інформаційного забезпечення прийнятих технологій ТЕ.

## 2.7 Метрологічне забезпечення технічної експлуатації

Технічна експлуатація ТЛК-обладнання передбачає необхідність широкого застосування інструментальних засобів випробувань, вимірювань та контролю (надалі – засобів вимірювань або інструментальних засобів). Ці засоби повинні не тільки справно виконувати покладені на них функції, але і протягом періоду їхньої експлуатації не погіршувати свої технічні характеристики, зокрема характеристики точності. Внаслідок об'єктивних причин (зокрема, через природнє старіння компонентів вимірювальних систем, схованих відмов, нештатних ситуацій у середовищі експлуатації і) характеристики будь-якого інструментального засобу рано чи пізно, але можуть відхилитися від номінальних значень, що вказані у його технічному паспорті. Якщо не вживати відповідних заходів із метрологічного забезпечення експлуатаційних робіт, то може так трапитися, що події відхилення характеристик вимірювальних приладів від номінальних значень, зокрема характеристик точності, будуть не помічені експлуатаційним персоналом. Зрозуміло, що користування приладами, які неадекватно відображають реальність, може призвести до негативних наслідків. Тому необхідно мати гарантії, що характеристики

усіх засобів вимірювань, що застосовуються під час експлуатаційних робіт, своєчасно атестовані, тобто перевірені кваліфікованими спеціалістами за допомогою надійних методик, а результати атестації відповідають номінальним значенням. Зміст робіт із метрологічного забезпечення як раз і полягає у періодичних повірках і, у разі необхідності, відповідних настройках інструментальних засобів ТЕ.

В Україні, як і в багатьох інших країнах, проблема підтримки коректного функціонування засобів вимірювань, враховуючи її важливість, вирішується на державному рівні. Створена національна мережа метрологічних служб, що надає послуги з атестації засобів вимірювань згідно заявок клієнтів. Розроблені нормативні документи (НД), зокрема Держстандартом України, що регламентують усі аспекти метрологічних робіт.

Метрологічне забезпечення ТЕ ТЛК-обладнання має відповідати вимогам НД, чинним в Україні, а засоби вимірювань мають пройти метрологічну атестацію згідно з ДСТУ 3215 та повірку згідно з ДСТУ 2708. Забороняється використання засобів вимірювань, що не пройшли атестацію (повірку) у встановлені строки.

Відповідно до чинного законодавства уся множина параметрів ТЛК-обладнання розділена на три групи:

1) група параметрів, для вимірювання котрих в умовах експлуатації ТЛК-обладнання мають використовуватися засоби вимірювань, які підлягають обов’язковому державному метрологічному контролю та нагляду;

2) група об’єктів телекомунікаційної галузі, параметри та характеристики котрих не підпадають під сферу розповсюдження державного метрологічного контролю та нагляду (а серед них – більшість параметрів та характеристик, що пов’язані із якістю функціонування ТЛК-обладнання), проте правила та умови вимірювань цих параметрів та характеристик визначаються органами відомчого метрологічного контролю та нагляду;

3) група всіх інших об’єктів телекомунікаційної галузі, правила та умови вимірювань параметрів котрих визначаються власниками об’єктів експлуатації.

До номенклатури параметрів, для вимірювання котрих мають використовуватися засоби вимірювань, які підлягають обов’язковому державному метрологічному контролю та нагляду, входять:

1) параметри каналів ТЧ і аналогових трактів первинної мережі (залишкове затухання або підсилення, нерівномірність амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) залишкового затухання, параметри завадостійкості);

2) параметри цифрових каналів та трактів (швидкість передавання цифрових сигналів, параметри імпульсів, показники помилок);

3) параметри металічних кабелів зв’язку (електричний опір ізоляції, випробувальна напруга, перехідне затухання або захищеність, частотна характеристика, відстань до обривів та неоднорідностей);

4) параметри волоконно-оптичних систем передачі (довжина хвилі оптичного випромінювання; рівень середньої потужності оптичного сигналу; чутливість оптичного приймача; затухання регенераційної секції оптичного кабелю; дисперсія; відстань до обривів та неоднорідностей);

5) деякі параметри систем обліку обсягів надання клієнтам мережних послуг.

*Примітка 8. Обов’язковому державному контролю та нагляду підлягають засоби вимірювань параметрів також деяких інших систем та каналів передачі, які використовуються у якості транспортного або синхронізуючого середовища на*

*мережах передачі даних (зокрема, параметри апаратури радіорелейних та супутникових систем передачі, параметри тактової мережевої сигналізації).*

До номенклатури параметрів, для вимірювання котрих в умовах експлуатації ТЛК-обладнання мають використовуватися засоби вимірювань, які підлягають відомчому метрологічному контролю та нагляду, входять:

1) параметри обладнання Frame Relay;

2) параметри обладнання ATM:

параметри обладнання IP.

Це дуже широкий перелік параметрів, з котрим корисно ознайомитись звернувшись до сайтів Мінінфраструктури. Наприклад, відомчому метрологічному контролю підлягають наступні параметри IP-обладнання:

– кількість октетів, що прийняті портом за час спостереження (байт);

– кількість пакетів із індивідуальними (unicast) IP-адресами одержувачів, які надійшли до порту і були доставлені протоколам верхніх рівнів за час спостереження [пакетів];

– кількість пакетів із широкомовними (broadcast) та груповими (multicast) IP-адресами одержувачів, які надійшли до порту і були доставлені протоколам верхніх рівнів за час спостереження (пакетів);

– кількість пакетів, які надійшли до порту і були відкинуті (дискартовані) за час спостереження (пакетів);

– кількість пакетів, які мали помилки, що завадили доставці даних цих пакетів протоколам верхніх рівнів за час спостереження (пакетів);

– кількість пакетів, які надійшли до порту і були відкинуті (дискартовані) через те, що програмно-апаратним засобам контрольованого IP-обладнання, які реалізують стек протоколів TCP/IP, не вдалося визначити протокол верхнього рівня, якому необхідно доставити дані цього пакета (пакетів);

– кількість октетів, що були передані портом за час спостереження (байт);

– кількість пакетів із індивідуальними (unicast) IP-адресами одержувачів, які були відправлені портом за час спостереження (пакетів);

– кількість пакетів із широкомовними (broadcast) та груповими (multicast) IP-адресами одержувачів, які були відправлені портом за час спостереження (пакетів);

– кількість пакетів, які були відкинуті (дискартовані) за час спостереження (пакетів);

– кількість пакетів, які мали помилки, що завадили відправці цих пакетів за час спостереження (пакетів);

– середній час затримки передачі пакетів, варіація часу затримки (с);

– продуктивність інтерфейсу в байтах, тобто число октетів, які були передані та прийняті інтерфейсом за одиницю часу (байт / с);

– продуктивність інтерфейсу в протокольних блоках даних, тобто число протокольних блоків даних, переданих та прийнятих інтерфейсом за одиницю часу (пакетів / с);

– коефіцієнт використання пропускної здатності інтерфейсу, тобто відношення числа октетів, що були передані та прийняті інтерфейсом за час спостереження, до максимальної пропускної здатності цього інтерфейсу (%);

– загальна кількість помилкових пакетів, тобто загальна кількість протокольних блоків даних, які не були доставлені протоколу вищого рівня (пакетів);

– коефіцієнт помилкових пакетів, тобто відношення кількості помилкових пакетів до загальної кількості пакетів, що були передані та прийняті інтерфейсом за час спостереження (%);

– довжина вихідної черги пакетів (пакетів).

Усі перераховані вище параметри фіксуються, як правило, штатними засобами будь-якого сучасного магістрального маршрутизатора.

Слід наголосити, що в експлуатаційній практиці трапляються ситуації, коли вимірювання одних тих самих параметрів за допомогою двох різних методик дають неоднакові результати. Виробники вимірювальної техніки, як правило, намагаються застосовувати методики, що рекомендуються Держстандартом. Щоб уникнути можливих похибок, експлуатаційникам теж слід намагатися користуватися методиками вимірювань, що рекомендовані Держстандартом. Тому фахівці, що професійно займаються експлуатацією ТЛК-обладнання, повинні постійно відвідувати відповідні сайти Держстандарту та Мінінфраструктури з тим, щоб своєчасно отримувати інформацію щодо змін у нормативній базі з питань метрологічного забезпечення.

## Питання для контролю

1. Чим відрізняється поняття «технічна експлуатація» від поняття «технічне обслуговування»?
2. Що таке «ремонт обладнання»?
3. Яка основна ціль технічної експлуатації ?
4. У чому полягають функції технічної експлуатації ?
5. Назвіть основні принципи побудови систем технічної експлуатації.
6. Назвіть основні функції адміністративно-технічного персоналу ТЛК-систем.
7. Які основні обов’язки експлуатаційного персоналу ТЛК-систем?
8. Які основні вимоги щодо кваліфікації персоналу?
9. Яким чином здійснюється технічне забезпечення експлуатації обладнання транспортування інформації?
10. Що таке метрологічне забезпечення експлуатації ТЛК-систем?
11. У чому полягає зміст робіт із метрологічного забезпечення експлуатації?

## Література

1. Про затвердження Правил здійснення діяльності у сфері телекомунікацій: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1309-19#Text (дата звернення: 28.01.2025 р.).

2. Ghafoor S., Rehmani M.H. Green Machine Learning Protocols for Future Communication Networks. Boca Raton: CRC Press, 2024. 223 p.

# ТЕМА 3
# ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМ ОБЛАДНАННЯМ

## 3.1 Загальна характеристика систем керування

Будь-яка ТЛК-система, а тим більш складна та територіально розгалужена програмно-апаратна система, що функціонує у режимі реального часу, потребує керування. Тобто, має існувати система керування ТЛК-системою, яка була б здатна забезпечити її нормальне функціонування. Якщо така система керування реалізована штатними засобами керованої ТЛК-системи, то її логічно назвати підсистемою керування, що функціонує у складі ТЛК-системи. Проте на практиці функціонують також системи керування, що є фізично відокремленими від штатних засобів керованої ТЛК-системи. У цьому випадку основну частину спеціалізованого обладнання, що здійснює функції керування, розміщають на спеціально виділеному вузлі керування, а інші частини цього обладнання інсталюють безпосередньо на вузлах керованої ТЛК-системи. Такі системи керування називають централізованими. Розосереджений характер будь-якої великої глобальної мережі робить неможливою її підтримку без централізованої системи керування (яка має англомовну назву NMS – Network Management System). Використовуються також і комбіновані системи керування, коли частина управлінських функцій виконуються штатними (як, іноді, кажуть – локальними) засобами керування, а інша частина управлінських функцій реалізуються централізованою системою керування.

Локальні механізми керування (тобто, ті механізми, що функціонують у складі штатного обладнання окремих активних елементів ТЛК-системи – комутаторів, маршрутизаторів, шлюзів тощо), як правило, реалізуються засобами операційних систем (ОС), що інстальовані локально на цих складових елементах обладнання ТЛК-системи.

*Примітка 1. Наразі практично будь-який окремий активний елемент, що входить до складу сучасних ТЛК-мереж, являє собою комп'ютеризовану систему із власним програмним забезпеченням (ПЗ), що знаходиться під керуванням спеціалізованої або широкорозповсюдженої ОС (типу Unix, Windows).*

Використовуються також окремі локально інстальовані програми керування. Цим програмам притаманний більш високий рівень функціональності щодо вирішення задач керування у порівнянні із функціональністю штатних засобів ОС, проте і він (тобто, рівень) у багатьох випадках не є достатнім, щоб здійснювати ефективне керування глобальною багатовузловою ТЛК-системою.

Зазвичай кожний активний елемент ТЛК-системи має власну штатну підсистему керування. Наприклад, якщо розглядати структуру типової мережі стільникового зв'язку, то неважко упевнитись, що, зокрема, кожна із базових станцій має власну підсистему керування, контролери базових станцій також мають власні підсистеми керування, вузли комутації каналів мають свої штатні підсистеми керування. щодо кожного активного елементу цієї мережі. Якщо ТЛК-система складається із невеликої кількості вузлів, то на практиці зазвичай обмежуються застосуванням лише локальних засобів керування, а узгодження сумісної роботи цих вузлів здійснюється адміністраторами за допомогою звичайного телефонного зв'язку. Однак щоб керувати ТЛК-системою більш-менш значних розмірів як єдиним діючим цілим, необхідно використовувати централізоване керування.

Обладнання ядра централізованої системи керування однорідною мережею (що, як вже вказувалось, зазвичай розташоване на окремо виділеному вузлі керування) являє собою більш-менш просту програмно-апаратну систему. Однак для керування великими неоднорідними ТЛК-мережами, на вузлах котрих інстальовані неоднотипні локальні засоби керування (такі мережі іноді називають гетерогенними), доводиться застосовувати складні програмно-апаратні комплекси засобів, що у сукупності утворюють так звані інтегровані системи керування.

Зазвичай NMS функціонує в автоматизованому режимі, виконуючи типові однозначно визначені управлінські дії автоматично, у той час як логічно більш складні завдання, що потребують застосування інтелекту людини, мають вирішувати адміністратори ТЛК-системи. Адміністратори усієї ТЛК-системи здійснюють керування системою за допомогою системних терміналів вузла керування. На цьому вузлі в автоматичному режимі у реальному часі збираються різнорідні дані про стан обладнання у кожному вузлі ТЛК-системи та стан трафіку у кожному каналі. Усі ці дані проходять обробку на вузлі керування та в узагальненому вигляді надаються адміністраторам мережі.

### 3.2 Багаторівневе представлення задач керування

Керування сучасними ТЛК-системами – одна з основних груп технологічних процесів, що впроваджені в експлуатаційну практику завдяки зусиллям як багатьох провідних ТЛК-корпорацій, так і міжнародних організацій, що регламентують діяльність у сфері телекомунікацій. Запропоновано кілька моделей систем керування ТЛК-системами, щодо котрих інтерес викликають, перш за все, такі категорії як архітектура та протоколи системи керування.

У рамках моделі TMN розроблено Рекомендацію ITU-T X.700 та міжнародний стандарт ISO 7498-4, згідно з якими уся сукупність задач керування поділена, перш за все, на п’ять функціональних груп. Декомпозиція функціональності керування виконана таким чином, що в кожну із цих груп увійшли задачі керування приблизно однакового функціонального призначення, а саме:

1) Керування конфігурацією параметрів ТЛК-обладнання та найменуванням (Configuration Management).

Конфігуруються параметри як окремих компонентів, так і ТЛК-системи у цілому. Визначаються мережні адреси, ідентифікатори (імена) об’єктів керування, їх географічне розташування тощо. Якщо ТЛК-система має мережну структуру, то вирішується задача побудови так званої мапи мережі, тобто відображення реальних зв’язків між елементами мережі, відображення на карті фізичних та логічних каналів, побудова таблиць комутації та маршрутизації. Побудова та підтримка у реальному часі мапи мережі вважається складною та відповідальною задачею. Її вирішення може здійснюватися у ручному, автоматичному (шляхом зондажу) та напівавтоматичному режимах. Методи побудови мапи зв’язків мережі – це фірмові розробки, які не знайшли широкого висвітлення у спеціалізованій літературі. Налаштування (настройка) комутаторів та маршрутизаторів на підтримку маршрутів та логічних віртуальних каналів – це те ж задача, що відноситься до функціональної групи Configuration Management.

2) Виявлення та знешкодження збоїв та помилок у роботі ТЛК-обладнання (Fault Management).

У рамках цієї функціональної групи задач виконується реєстрація помилок, повідомлення про помилки, фільтрація повідомлень (наприклад, надсилаються на адресу адміністратора тільки найбільш важливі повідомлення), маршрутизація повідомлень до необхідних підсистем системи керування, кореляційний аналіз виявлених помилок на основі певним чином вибраної кореляційної моделі з метою виявлення причин помилок. Вирішуються також проблеми невідповідності параметрів нормам, аналіз телекомунікаційних протоколів, діагностика та ремонт ТЛК-обладнання.

3) Забезпечення продуктивності та надійності роботи ТЛК-обладнання (Performance Management).

Вирішуються задачі інженерії трафіка з метою підтримки заданих значень параметрів якості надання послуг (параметри QoS) та параметрів мережевої досконалості (параметри NP), зокрема коефіцієнту готовності обладнання (інтегральний показник надійності обладнання) та коефіцієнту використання обладнання (інтегральний показник ефективності використання обладнання). До групи Performance Management відносяться також задачі побудови процедур резервування обладнання та задачі поточного контролю виконання положень укладених сервісних угод (SLA) і оперативного усунення виявлених порушень цих угод.

У процесі експлуатації ТЛК-системи накоплюється статистика щодо таких параметрів як час реакції системи, затримки у передаванні інформації, інтенсивність трафіку, коефіцієнт готовності обладнання тощо. Ці статистичні дані потрібні для прогнозування роботи системи та підготовки необхідних управлінських рішень щодо оптимізації її параметрів. Збір статистичних даних та їхня обробка також здійснюються у рамках вирішення задач Performance Management.

4) Підтримка прийнятої політики забезпечення захисту інформаційних ресурсів ТЛК-системи (Security Management).

До цієї функціональної групи відносяться, перш за все, задачі розмежування доступу до ресурсів ТЛК-системи, забезпечення цілісності даних, ідентифікації, автентифікації та авторизації суб’єктів та об’єктів доступу, фільтрації, тунелювання та шифрування інформації, розподілу ключів шифрів.

*Примітка 2. Для конкретних умов використання ТЛК-системи зазвичай розроблюється стратегія (політика) забезпечення захисту її інформаційних ресурсів. Однак на практиці трапляється, що штатні функції захисту інформації, котрі реалізовані у складі підсистеми керування не дозволяють забезпечити у повній мірі прийняту політику інформаційної безпеки. У цьому випадку ТЛК-обладнання дооснащується закупними спеціалізованими продуктами захисту інформації.*

5) Облік використаних ресурсів ТЛК-системи на визначених інтервалах часу (Accounting Management).

Реєстрація часу використання ресурсів мережі: каналів, маршрутизаторів, комутаторів тощо. Визначення плати за використані ресурси – білінг.

*Примітка 3. Якщо порівняти вищенаведений класифікатор функціональності керування (в котрому маємо п’ять функціональних груп) із класифікатором функціональності експлуатації, де маємо 16 функціональних груп, то слід зробити висновок: задачі керування з точки зору їхньої функціональності є підмножиною задач експлуатації.*

По-друге, у склад моделі TMN входить ще один класифікатор задач керування, однак вже не за ознакою функціональності, а за ступенем агрегованості (деталізації)

елементів об’єкту керування. Зокрема, за цією ознакою прийнято наступне ієрархічне п’ятирівневе представлення задач керування: рівень елементів мережі, рівень управління елементами мережі, рівень керування всією мережею, рівень керування мережними послугами та рівень бізнес-керування. Як бачимо, в якості самого дрібного рівня агрегованості ТЛК-системи узято рівень її складових елементів (це можуть бути задачі підтримки найбільш дрібних елементів обладнання ТЛК-системи – наприклад індикаторних та / або виконавчих механізмів, що інстальовані у складі комутатора, маршрутизатора, шлюзу тощо або задачі підтримки більш агрегованих елементів обладнання – комутаторів, маршрутизаторів, шлюзів тощо або, навіть, усього обладнання окремого вузла ТЛК-мережі), а в якості найбільш агрегованого об’єкту керування пропонується розглядати бізнес-керування ТЛК-системою. Проміжні рівні агрегованості згідно цієї моделі керування – рівень управління елементом системи (це – задачі управління механізмами комутатора або маршрутизатора або шлюзу або вузлового обладнання і), рівень керування всією ТЛК-системою (це, як правило, задачі централізованого керування) та рівень керування наданням послуг (це – задачі служби QoS). Тобто, маємо розбивку (декомпозицію) усіх задач керування на п’ять функціональних груп, а для кожної групи – на п’ять рівнів агрегованості представлення елементів об’єкту керування. Візуально взаємозв’язок задач керування згідно з моделлю TMN нагадує піраміду, що представлена на рисунку 3.1.


Рисунок 3.1 – Взаємозв’язок задач керування згідно з моделлю TMN

На рисунку 3.1 прийняті наступні позначки: 1 – управління конфігурацією; 2 – управління усуненням недоліків; 3 – управління якістю передавання; 4 – управління розрахунками; 5 – управління захистом інформації.

### 3.3 Архітектура систем керування

В основі архітектури систем керування сучасними ТЛК-системами, як правило, лежить так звана схема «менеджер – агент». Використання цієї схеми, а також відповідним чином побудованої моделі керованого об’єкту (МКО) дозволяє автоматизувати процес керування.

Схема керування виду «менеджер – агент». Найбільш простий варіант архітектури автоматизованої системи керування представляється у вигляді сукупності двох підсистем – керуючої та керованої, що знаходяться між собою у стані постійної інформаційної взаємодії. Об’єкт, що підлягає керуванню, знаходиться у складі керованої підсистеми, а менеджер, тобто суб’єкт (людина) або об’єкт (автомат), що

повинен приймати управлінські рішення та ініціювати команди відповідно до цілей керування, знаходиться у складі керуючої підсистеми. В якості керованого об’єкту може розглядатися будь-який елемент ТЛК-системи будь-якого рівня агрегованості. Цілеспрямоване керування може здійснюватися лише на основі певних знань про стан керованого об’єкту. Ці знання черпаються менеджером із моделі керованого об’єкту (МКО). МКО є спрощеним (утисненим) відображенням реального об’єкту, що підлягає керуванню, оскільки у цій моделі відображаються лише ті і саме ті характеристики (параметри) реального об’єкту, що мають безпосереднє відношення до ефективності процесу керування. Характеристики керованого об’єкту у реальному масштабі часу, як правило, змінюються. Для того, щоб ці зміни адекватно відображалися у МКО, необхідно вимірювати показники характеристик керованого об’єкту і на основі отриманих результатів змінювати МКО синхронно із змінами його стану. В якості організатора вищеназваних процесів у реальному часі виступає представник менеджера, тобто його агент, котрий безпосередньо знаходиться у місці розташування керованого об’єкту і має змогу, з одного боку, підтримувати актуальність МКО, а з другого боку, виконувати команди, що надходять від менеджера. Таким чином, у складі керуючої підсистеми знаходиться менеджер, що у реальному часі отримує інформацію із МКО про стан керованого об’єкту і на основі цієї інформації приймає управлінські рішення. А інформацію для менеджера на стороні керованої підсистеми добуває (також у реальному часі) агент. Агент безпосередньо взаємодіє із всілякими фізичними давальниками та лічильниками, обчислювачами визначальних параметрів якості функціонування ТЛК-обладнання та якості надання послуг, вимірювачами трафікових навантажень, виявлячами та фільтрувальниками системних подій, пороговими схемами та виконавчими механізмами, будь-якими іншими контролюючими та виконавчими механізмами, що здатні напряму контролювати роботу керованого об’єкту та змінювати його стан у бажаному напрямі згідно із цілями керування.

Більш конкретно принцип взаємодії менеджера з агентом під час керування будь-яким елементом ТЛК-системи будь-якого рівня агрегованості (іншими словами, під час керування будь-яким ресурсом ТЛК-системи) пояснюється за допомогою схеми, що відображена рисунку 3.2.

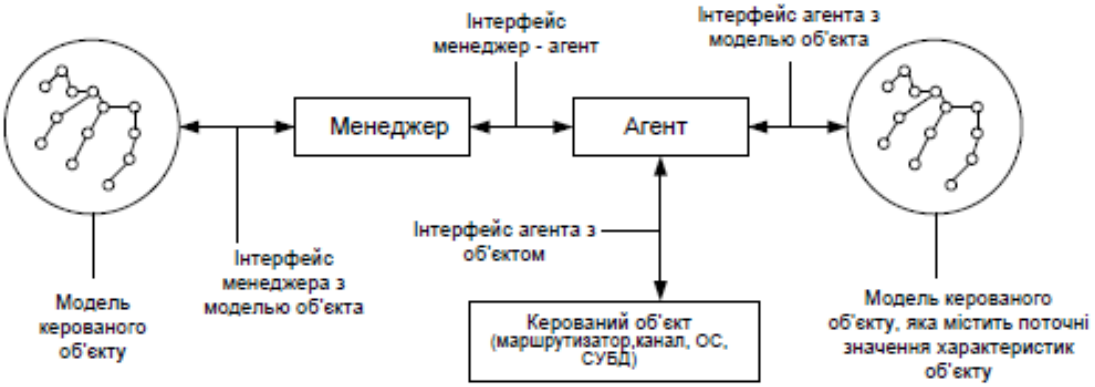


Рисунок 3.2 – Схема взаємодії менеджера, агента та керованого об’єкту

Як бачимо, поряд з агентом та менеджером у схему взаємодії включена також модель керованого об’єкту (МКО). МКО присутня на схемі як на стороні керованої підсистеми, так і на стороні керуючої підсистеми. Тобто, і менеджер і агент працюють

із відображеннями однієї і тієї ж моделі керованого об’єкту. Проте у відображенні цієї моделі на різних сторонах схеми «менеджер – агент», а також у використанні цієї моделі менеджером і агентом існують суттєві відмінності.

Перш за все, важливо підкреслити, що у рамках архітектури керування за схемою «менеджер – агент» відображенням моделі керованого об’єкту є так звана база даних керуючої інформації (Management Information Base, MIB).

Відображення МКО на стороні керованої підсистеми назвемо базою MIB агента, а відображення МКО на стороні керуючої підсистеми назвемо базою MIB менеджера. База MIB агента являє собою сукупності поточних значень показників характеристик керованого об’єкту, що були виміряні та, можливо, пройшли попередню обробку у реальному часі за допомогою спеціалізованих інструментальних засобів на стороні керованої підсистеми. Іншими словами, поточний стан керованого об’єкту відображається у базі MIB агента у вигляді сукупностей поточних значень показників характеристик цього об’єкту. Саме тих показників, що використовуються у якості вихідних даних у задачах керування. Якщо керований об’єкт внаслідок будь-яких причин у реальному часі постійно змінює свій стан, то і база MIB агента має знаходитись у стані постійного оновлення. Інформація щодо змін у стані керованого об’єкту заноситься у базу MIB агента під безпосереднім керуванням цього агента з тим чи іншим інтервалом оновлення даних. Менеджеру же для ефективного керування у реальному масштабі часу (у відповідності із прийнятою стратегією або метою керування) необхідно володіти не усією поточною інформацією, що накопичується у базі MIB агента, а тільки тою її частиною, що відображає реальний стан керованого об’єкту у моменти прийняття управлінських рішень. Тому база MIB менеджера не є точною копією бази MIB агента. Як правило, база MIB менеджера – більш компактна, у ній зосереджується лише та інформація, що безпосередньо використовується для формування управлінських рішень. Зрозуміло, що ця інформація має бути якомога достовірнішою і не запізнілою з урахуванням швидкості змін характеристик керованого об’єкту. Нюанс полягає у тому, що дані у MIB оновлюються агентом на стороні керованої підсистеми, в той час як менеджер користується даними MIB на стороні керуючої підсистеми. Тому одне із завдань, що вирішується системою керування – це синхронізація стану баз MIB на обох сторонах схеми «менеджер – агент». Вкрай бажано, щоб дані бази MIB, якою користується менеджер, були у моменти прийняття управлінських рішень ідентичними даним бази MIB, яка оновлюється на стороні агента. Проте зрозуміло, що досягнення ідеальної синхронізації стану вищеназваних баз даних не є можливим хоча б тому, що потрібен деякий час на їхню синхронізацію.

Таким чином, керування за схемою «менеджер – агент» полягає у наступному (рис. 3.2). Агент наповнює MIB керованого об’єкту поточними значеннями його характеристик, а менеджер витягує із MIB, що розташована на керуючій стороні, дані, що дозволяють йому приймати обґрунтовані управлінські рішення. Окрім того, менеджер може запитувати через агента значення параметрів, що знаходяться у MIB агента, і передавати агенту інформацію, на основі котрої цей агент повинен безпосередньо керувати об’єктом. Отже, агент може розглядатися як посередник між керованим об’єктом та менеджером. Зрозуміло, що агент може поставляти менеджеру лише ті дані, що зберігаються у MIB.

Менеджер та агент взаємодіють відповідно до стандартних протоколів, що називаються протоколами керування. Менеджер розміщується, зазвичай, на окремому

комп'ютері (консолі адміністратора). Цей комп'ютер приєднується до обладнання, що потребує керування. Менеджер (зокрема, той, що функціонує у складі вузла централізованого керування) може взаємодіяти одночасно з декількома агентами. Проте у загальному випадку у складі однієї системи керування може існувати кілька керуючих підсистем та декілька керованих підсистем. Малоймовірний, але можливий випадок, коли кілька керуючих підсистем взаємодіють з однією керованою підсистемою. Більш реалістичною виглядає ситуація, коли одна керуюча підсистема одночасно взаємодіє з декількома керованими підсистемами. У будь-якому разі взаємодія здійснюється відповідно до схеми «менеджер – агент». Наразі в експлуатації знаходиться широкий спектр різноманітного ТЛК-обладнання, що використовується у різноманітних умовах застосування. Тому і функціональні та інтелектуальні можливості агентів, що функціонують у рамках створених систем керування, можуть бути самими різними. Наприклад, примітивний агент здатний лише підраховувати кількість інформаційних блоків, що перетинають визначену точку контролю. У той час як інтелектуально розвинений агент здатний виконувати складні логічні дії, що пов'язані із автоматизацією побудови мапи мережі, оптимізацією маршрутів просування протокольних блоків даних, прогнозуванням поведінки трафікового навантаження, фільтрацією системних подій, класифікацією виниклих помилок під час роботи обладнання. Інтерфейси між агентами та керованим обладнанням – не стандартизовані (через велику кількість та різноманітність типів об'єктів, що потребують керування). Це суттєво утруднює створення універсальних засобів керування.

У більшості випадків на практиці агенти вбудовують напряму в апаратні та / або програмні елементи керованого обладнання. Зрозуміло, що у цьому разі агентам необхідно присвоїти окремі мережні адреси та / або забезпечити їх фізично або логічно виділеними портами, через котрі має здійснюватися їхня інформаційна взаємодія із менеджерами. Щодо менеджерів то вони реалізуються як програмними, так і спеціалізованими апаратними засобами. У разі централізованого керування вони входять до складу окремо виділених вузлів керування. Менеджери також можуть входити до складу засобів локального керування елементом ТЛК-мережі.

Мережі внутрішньосмугового та позасмугового керування. Інформаційна взаємодія менеджерів з агентами може здійснюватися як через окремо виділені канали зв'язку, так і в загальному потоці інформаційних сигналів, спільних для користувацьких даних та сигналів керування. У цьому контексті розрізняють внутрішньосмугове керування (або керування типу In-band) та позасмугове керування (або керування типу Out-of-band). Якщо керуючі сигнали проходять через той же канал, що і користувацькі дані (наприклад, повідомлення протоколу керування, згідно з котрим взаємодіють агенти з менеджером, транспортуються тими ж каналами IP-мережі, що і пакети користувачів цієї мережі), то маємо справу із внутрішньосмуговим керуванням. Якщо ж менеджер вузла керування контролює IP-маршрутизатор і взаємодіє із своїми агентами, що в нього вбудовані, через канали окремої спеціально виділеної мережі керування, то маємо справу із позасмуговим керуванням. Зрозуміло, що на створення окремої мережі керування потрібні значні фінансові ресурси. Проте позасмугове керування є набагато більш надійнішим і захищеним від несанкціонованого доступу.

Схема «менеджер – агент» має застосування також і у тих випадках, коли необхідно побудувати розподілені системи керування. Наприклад такі, що відображені на рис. 3.3 – 3.5.

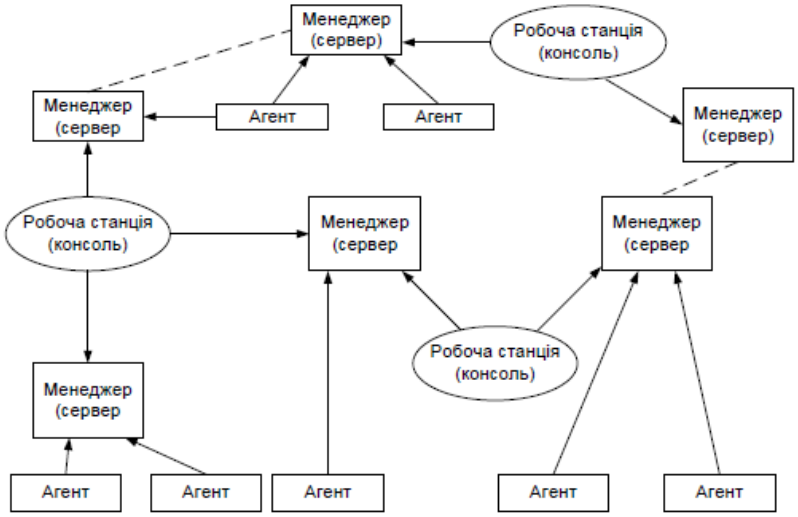


Рисунок 3.3 – Розподілена система керування на базі кількох менеджерів та робочих станцій

Кожний агент, що відображений на цих рисунках, керує певним мережним елементом (NE, Network Element). Виміряні поточні значення параметрів контрольованого NE агент поміщає у свою базу MIB (на рисунках ці бази не відображені). Менеджери вилучають дані із баз MIB своїх агентів, відповідним чином оброблюють їх і оброблені дані поміщають у свої бази даних, тобто у бази MIB менеджерів. На основі цих даних менеджери у відповідності із своїми управляючими програмами, що закладені у їхню пам’ять, здійснюють процес автоматичного керування (і контролю) тими NE, що їм підпорядковані.

Адміністратори ТЛК-системи, що працюють за клавіатурами робочих станцій, мають можливість підключитися до будь-якого менеджера (або до кількох менеджерів одразу) і за допомогою графічного інтерфейсу оглянути дані щодо поточного стану об’єкту керування, а також видати менеджерам певні директиви з метою оптимізації роботи цього об’єкту або його окремих елементів. Включення у систему керування кількох менеджерів дозволяє розділити між ними навантаження із обробки даних керування та забезпечити масштабованість системи. Здебільшого використовуються два типи зв’язків між менеджерами – одноранговий та ієрархічний. У випадку однорангових зв’язків (рис. 3.4) маємо децентралізовану систему керування.

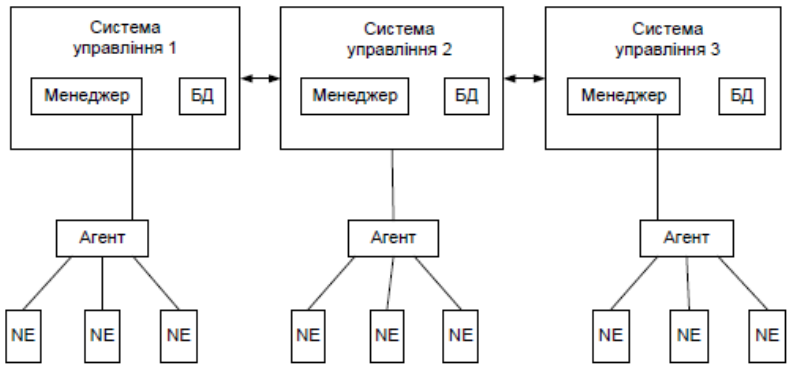


Рисунок 3.4 – Однорангові зв’язки між менеджерами

Кожен із менеджерів вирішує свою групу управлінських завдань і користується інформацією тільки від тих агентів, що йому підпорядковані. Менеджери є незалежними один від одного, а координація їхньої роботи досягається за рахунок обміну інформацією між базами даних менеджерів. Ієрархічна структура зв'язків між менеджерами, що відображена на рисунку 3.5, є більш гнучкою. Гнучкість забезпечується тим, що кожен менеджер більш низького рівня у той же час виконує функції агента для менеджера більш вищого рівня. Як наслідок, у бази MIB менеджерів більш вищих рівнів заноситься тільки та інформація, котра вже цілеспрямовано оброблена менеджерами більш низьких рівнів. Це підвищує якість та гнучкість керування, а також суттєво скорочує обсяги інформації, що циркулює між різними рівнями системи керування.

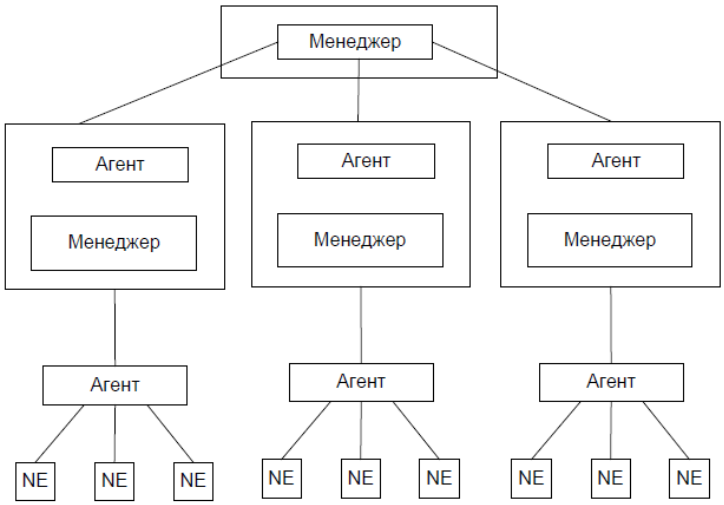


Рисунок 3.5 – Ієрархічні зв'язки між менеджерами

Система управління мережею. Схема «менеджер – агент» лежить в основі найбільш поширених стандартів мережевого керування на основі протоколів SNMP та CMIP. Міжнародні організації ISO та ITU-T у рамках моделі TMN підтримують протокол керування CMIP (Common Management Information Protocol), що придатний для використання при побудові системи керування ТЛК-системою будь-якого ступеню складності. CMIP – це повнофункціональний спеціалізований протокол, орієнтований на керування великими територіально розгалуженими ТЛК-системами (тобто, ТЛК-мережами). Проте протокол CMIP є дуже складним у реалізації. Тому для керування не дуже складними і не дуже великорозмірними ТЛК-системами застосовують більш прості протоколи. Одним із таких простих протоколів, що широко використовуються для керування мережами Інтернет є протокол SNMP (Simple Network Management Protocol).

### 3.4 Стандарти протоколу керування SNMP

Основна перевага протоколу керування SNMP – це його простота. Що і обумовило його поширеність, популярність та довготривалість застосування, особливо в мережах, що побудовані на стеку протоколів TCP/IP.

Примітиви протоколу SNMP. SNMP – це протокол прикладного рівня, що реалізує схему керування типу «менеджер – агент», тобто на кожний запит, що

надійшов від менеджера у формі команди, агент має сформувати та передати відповідь. Протокол дозволяє оперувати менеджеру та агенту усього із кількома командами, а саме:

1) команда Get-request («отримай запит») використовується менеджером для отримання від агента значень показників певного об'єкту за його іменем;

2) команда GetNext-request («отримай наступний запит») використовується менеджером для отримання від агента відповіді щодо значень показників наступного об'єкту у випадках, коли здійснюється послідовний перегляд таблиці об'єктів;

3) команда Get-response («отримай відповідь») – відповідь агента, що надсилається на адресу менеджера, як реакція на команду Get-request або GetNext-request;

4) команда Set («установити») дозволяє менеджеру встановлювати або змінювати значення показника якогось об'єкту, а також задавати умови, у разі виконання котрих агент повинен надіслати менеджеру відповідне повідомлення (зокрема, за допомогою цієї команди менеджер може отримати інформацію про такі системні події, як втрата зв'язку, відновлення зв'язку, некоректна автентифікація, рестарт агента, розірвання віртуального каналу тощо: якщо виникає будь-яка із названих подій, то агент ініціалізує відповідне переривання процесу функціонування обладнання, яке фіксується менеджером);

5) команда Trap («зловлено») використовується агентом для повідомлення на адресу менеджера про виникнення особливої події;

6) команда GetBulk дозволяє менеджеру запитувати кілька значень показника певного об'єкту або кількох об'єктів (ця команда у першій версії протоколу SNMP – відсутня).

Зрозуміло, що у будь-якому разі агент повинен «розуміти» імена об'єктів, що він отримує від менеджера, і на основі цих даних здійснювати реальні керуючі впливи – переключати порти, активізовувати канали, запускати процеси авторизації.

У загальному випадку бажано формалізувати наступні аспекти функціонування схеми «менеджер – агент»:

– протокол взаємодії агента з менеджером;
– інтерфейс «агент-керований ресурс»;
– інтерфейс «агент-модель керованого ресурсу»;
– інтерфейс «менеджер-модель керованого ресурсу»;
– довідкова служба щодо розташування агентів та менеджерів;
– мова опису моделей керованих ресурсів, тобто мова опису бази MIB;
– дерево наступництва, що дозволяє будувати нові моделі на основі більш узагальнених моделей;
– дерево включення, що відображає взаємозв'язок між елементами реальної системи.

Однак із усіх цих аспектів функціонування схеми «менеджер – агент» у рамках протоколу SNMP стандартизовано лише необхідний мінімум: протокол взаємодії «агент-менеджер», абстрактну мову опису бази MIB (так звану мову абстрактної синтаксичної нотації ASN.1, що підтримується рекомендацією MCE-T X.208) та конкретні версії наступних чотирьох моделей бази MIB – MIB-1, MIB-2, RMON та RMON2. Щодо цих моделей то стандарти визначають лише структуру баз MIB, набір типів та імен їхніх об'єктів, а також дозволені операції над ними. Усе інше – не

стандартизовано, і, отже, має розроблюватися виробниками засобів SNMP за власним розсудом.

Структура SNMP MIB. У рамках протоколу керування SNMP наразі стандартизовано наступні моделі бази MIB:

1) MIB1 та MIB2 – для використання в задачах локального керування за схемою «менеджер – агент»;

2) RMON та RMON2 для використання в задачах віддаленого керування;

3) спеціалізовані MIB для ТЛК-обладнання конкретного типу (для концентраторів, для модемів);

4) бази MIB конкретних постачальників ТЛК-обладнання.

Модель бази MIB1 – це найбільш спрощена модель бази MIB. Вона припускає користування лише командами Get-request та Get-response. Ця модель розроблювалася з метою її використання для керування пакетними комутаторами та маршрутизаторами, що реалізують стек протоколів TCP / IP. Специфікація MIB1 (в інтерпретації Комісії із регулювання зв'язку США RFC 1156) визначає 114 стандартних об'єктів, що поділені на наступні вісім груп:

1) група System – загальні дані про обладнання, що підлягає керуванню (наприклад, ідентифікатор постачальника обладнання, номер версії ПЗ, момент останньої ініціалізації тощо).

2) група Interfaces – характеристики інтерфейсів обладнання (зокрема, їхня кількість, назва, типи, інтенсивність та інші параметри інформаційних потоків, що через них проходять, тощо).

3) група Address Translation Table – ідентифікація параметрів відповідності між мережними та фізичними адресами, зокрема згідно з протоколом ARP.

4) група Internet Protocol – дані протоколу IP (IP-адреси шлюзів, хостів, серверів, статистичні дані проходження пакетів IP через ту чи іншу точку контролю).

5) група ICMP – дані протоколу обміну керуючими повідомленнями ICMP.

6) група TCP – дані про TCP-з'єднання.

7) група UDP – дані про UDP–дейтаграми (їх кількість, що прийнята з помилками, що втрачена).

8) група EGP – дані протоколу EGP.

Модель бази MIB2 – є подальшим удосконаленням моделі MIB1. Специфікація MIB2 (в інтерпретації RFC 1213) визначає 185 стандартних об'єктів, що поділені на 10 груп.

Як база MIB1, так і база MIB2 мають деревоподібну структуру. Для прикладу на рисунку 3.6 показана деревоподібна структура двох (із 10 можливих) груп стандартних об'єктів бази MIB2, а саме: група об'єктів System та група об'єктів Interfaces. Імена об'єктів групи System починаються із префікса Sys, а групи Interfaces – із префікса If .

Об'єкт SysDescr містить опис керованої системи. Об'єкт SysObjectID – це ідентифікатор одного із керованих пристроїв (наприклад, шлюзу). Група об'єктів Interfaces представлена двома підгрупами об'єктів: IfTable та IfNumber. Об'єкт IfTable визначає усі стандартні об'єкти одного із конкретних інтерфейсів керованої системи, що представляються у табличній формі. Об'єкт IfEntry визначає вхід до множини цих таблиць, тобто є вершиною піддерева таблиць, що описують цей інтерфейс.

Розглянемо значення стандартних об’єктів, що показані на рисунку 3.6. Об’єкт SysUpTime із групи System містить значення тривалості часу роботи керованої системи, починаючи із моменту останнього перезавантаження.

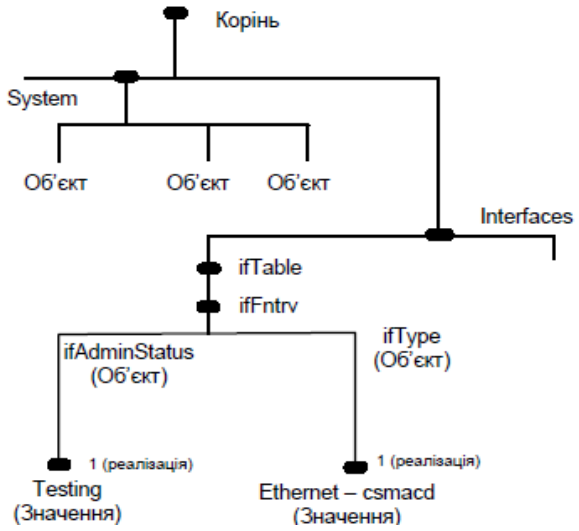


Рисунок 3.6 – Стандартне дерево об’єктів бази MIB2

Піддерево IfTable складається із двох гілок: IfAdminStatus та IfType, котрі визначають відповідно стан та тип у даному випадку інтерфейса Ethernet. Стандартні об’єкти, що входять до складу цих гілок, мають наступні значення:

IfType – визначає тип протоколу, що підтримується інтерфейсом (у даному випадку інтерфейсом Ethernet). Цей об’єкт може приймати значення будь-якого із інтерфейсів канального рівня, наприклад Ethernet-csmacd, rfc877-x25, iso88025-tocenRing;

IfMtu – визначає максимальний розмір мережевого пакету, що може бути переданий через цей інтерфейс;

IfSpeed – пропускна здатність інтерфейса, що вимірюється у мегабітах за секунду;

IfPhyzAddress – фізична адреса порта (для протоколів Ethernet – це MAC-адреса);

IfAdminStatus – визначає стан порта щодо готовності функціонувати у штатних режимах (up – готовий передавати пакети, down – не готовий передавати пакети, testing – знаходиться у режимі тестування);

IfOperStatus – визначає поточний стан порта та має ті ж самі значення параметрів, що і об’єкт IfAdminStatus;

IfInOctets – загальна кількість байтів (включаючи службові), що прийнята портом з моменту останньої ініціалізації SNMP-агента;

IfInUcasPkts – кількість пакетів з індивідуальною адресою порта даного інтерфейсу, що були доставлені протоколу верхнього рівня;

IfInNUcasPkts – кількість пакетів з груповою або широкомовною адресою порта даного інтерфейсу, що були доставлені протоколу верхнього рівня;

IfInDiscards – кількість коректно прийнятих пакетів, але не доставлених протоколу верхнього рівня (зокрема, через переповнення буферу пакетів);

IfInErrors – кількість пакетів, що були прийняті з помилками і тому не переданих протоколу верхнього рівня.

Поряд з об’єктами, що відображають статистику роботи контрольованого інтерфейсу щодо вхідних пакетів структура бази MIB2 передбачає також стандартизацію аналогічних об’єктів щодо вихідних пакетів.

Аналізуючи структуру бази MIB2, можливо стверджувати, що вона за багатьма аспектами не дає детального опису контрольованого об’єкту. Зокрема, вона не дає детальної статистики щодо помилок у кадрах Ethernet (що вкрай важливо для системного адміністратора). Окрім цього, вона не відображає у наглядній формі зміни у параметрах контрольованого об’єкту у реальному часі. Ці недоліки були усунені завдяки уведенню в дію стандарту RMON MIB, котрий спеціально був орієнтований на збирання детальної статистики про роботу протоколу Ethernet.

Зокрема можливості RMON MIB передбачають побудову часових залежностей значень параметрів протоколу Ethernet. Для ідентифікації об’єктів бази RMON MIB та визначення формату їхнього представлення уведена специфікація структури керуючої інформації, що називається SMI (Structure of Management Information).

Наприклад, для найменування адреси IP обрано ім’я IpAddress, а формат цього стандартного об’єкту визначено як рядок довжиною 4 байти. Різного роду лічильники іменуються як Counter, для котрих задається формат у вигляді цілого числа у діапазоні від 0 до 232. Імена змінних можуть представлятися як у символьних, так і у числових форматах.

Символьному імені SysDescr відповідває складове число (тобто, число, що складається через крапки із певної кількості цілих чисел) 1.3.6.1.2.1.1.1. Символьний формат використовується для представлення змінних у текстових документах та на екранах моніторів, а числовий формат – у повідомленнях протоколу SNMP. Корисно знати, що розробники протоколу SNMP зареєстрували стандартні об’єкти MIB не в якості стандартів Інтернет (котрі публікуються як документи RFC), а в якості стандартів ISO. Складове числове ім’я об’єкту MIB SNMP відповідає імені цього об’єкту у так званому всесвітньому дереві реєстрації об’єктів, що стандартизоване ISO. Це дерево показане на рисунку 3.7.

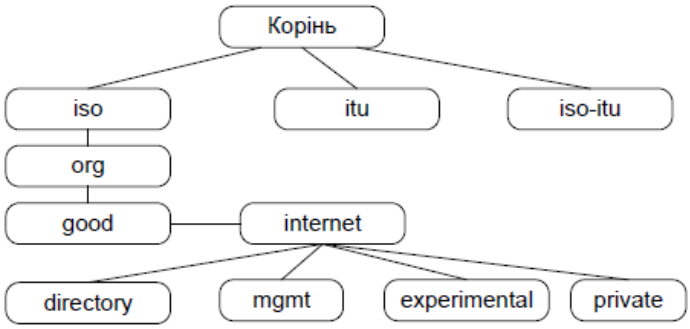


Рисунок 3.7 – Простір імен стандартизованих об’єктів ISO

На рисунку 3.7 відображена лише частина верхньої частини всесвітнього дерева стандартних імен ISO. Однак це дозволяє визначити повне числове ім’я об’єкту MIB. Як бачимо на рисунку 3.7, від кореня дерева відходять три гілки, що відповідають стандартам ISO, ITU та спільним стандартам ISO/ITU. У свою чергу, організація ISO створила гілку org для стандартів, що розроблені національними та іншими (окрім ISO) міжнародними організаціями із стандартизації. У цю гілку входить підгілка DoD – стандартів, що створювались під егідою Міністерства оборони США. Тому група стандартів керування мережами Інтернет має повне символьне ім’я

ISO.org.DoD.Internet.mgmt, а повне символьне ім'я об'єкту MIB – ISO.org.DoD.Internet.mgmt.MIB. Символьні імена об'єктів надаються у стандартах ISO. Проте у повідомленнях протоколу SNMP використовуються не символьні імена, а числова форма їхнього представлення. Для знаходження відповідності між символьними та числовими формами представлення імен слід пам'ятати, що у дереві імен ISO кожна гілка нумерується цілими числами зліва направо. Якщо б на рисунку 3.7 було представлено у повній мірі дерево стандартних імен, то було б легко визначити, що повному символьному імені об'єкта MIB відповідає повне числове ім'я 1.3.6.1.2.1.

Група об'єктів private зареєстрована за стандартами недержавних корпорацій, таких як Cisco, Nortel.

Важливо знати, що це ж саме дерево реєстрації імен ISO використано для найменування стандартних об'єктів протоколів CMIP та TMN.

Протокол SNMP, що обслуговує процес передавання повідомлень між агентами та менеджерами, використовує ненадійний дейтаграмний спосіб транспортування службових пакетів, заснований на протоколі UDP. Керуюча інформація, що передається каналами IP у вигляді дейтаграмних повідомлень, може легко загубитися або бути перехопленою чи модифікованою несанкціонованою особою, що не має повноважень на право керування ТЛК-системою. З іншого боку, в умовах такого простого способу передавання ресурси керованого об'єкту не завантажуються необхідністю обробки великої кількості службової інформації, що мало б місце, якщо б для транспортування службових пакетів використовувався стек протоколів TCP/IP. У кінці 80-х років минулого сторіччя (коли розроблювалися протоколи SNMP) ТЛК-обладнання було не таке продуктивне, як зараз, і застосування протоколу TCP для цих цілей з економічної точки зору було невиправданим. Формат SNMP-повідомлень не передбачає заголовків із фіксованими полями та складається із довільної кількості службових полів. Кожне поле починається із опису його типу та розміру. Будь-яке SNMP-повідомлення розбивається на три частини: версії протоколу, ідентифікатора спільності та області даних.

Ідентифікатор спільності (community string) використовується для групування пристроїв, що мають керуватися певним менеджером. Цей ідентифікатор фактично є аналогом паролю, оскільки для того, щоб певна група пристроїв мала можливість взаємодіяти згідно з протоколом SNMP, усі ці пристрої повинні мати одне і те ж значення ідентифікатора спільності. За умовчанням цей ідентифікатор має значення public.

Область даних (data) містить інформацію про команди протоколу SNMP (ті, що були розглянуті вище), зокрема імена їхніх об'єктів (із бази MIB) та конкретні значення параметрів цих об'єктів. В області data містяться один або кілька протокольних блоків даних (protocol data unit, PDU). Кожний із цих PDU може відноситися до одного із п'яти можливих типів PDU. У свою чергу, кожен тип PDU узгоджений за форматом із відповідною командою протоколу SNMP: Get-request-PDU, GetNext-request-PDU, Get-response-PDU, Set-PDU, Trap-PDU. Наприклад, формат блоку Get-request-PDU включає у себе такі поля як ідентифікатор запиту, статус помилки (вона є чи її немає), індекс помилки (тобто, тип помилки, якщо вона виникла), список імен об'єктів MIB SNMP, що включені до запиту.

На рисунку 3.8 в якості прикладу показано повідомлення протоколу SNMP, що представляє собою запит про значення об’єкту SysDescr (його повне числове ім’я – 1.3.6.1.2.1.1.1).

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 30 | 22 | 02 | 01 | 00 | | | |
| | SEQUENCE | lon=41 | INTEGER | lon =1 | vers =0 | | | |
| 2 | 04 | 06 | 70 | 75 | 62 | 60 | 69 | 63 |
| | string | lon=6 | P | u | b | l | i | c |
| 3 | A0 | 1C | 02 | 04 | 05 | AE | 56 | 02 |
| | getreq | lon=26 | INTEGER | lon =4 | ---- | requested ID | --- | --- |
| 4 | 02 | 01 | 00 | 02 | 01 | 00 | | |
| | INTEGER | lon=1 | Status | INTEGER | lon=1 | emor | index | |
| 5 | 30 | OE | 30 | OC | 08 | 08 | | |
| | SEQUENCE | lon=14 | SEQUENCE | lon =12 | objectid | lon= 8 | | |
| 6 | 28 | 06 | 01 | 02 | 01 | 01 | 01 | 00 |
| | 1,3 | 6 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 7 | 05 | 00 | | | | | | |
| | null | lon=0 | | | | | | |

Рисунок 3.8 – Приклад повідомлення протоколу SNMP

Як бачимо із рисунку 3.8, це повідомлення складається із семи рядків кодових слів. Під кожним кодовим словом наведений його символьний аналог (так що на рис. 3.8 усього маємо чотирнадцять рядків). Повідомлення слід читати зліва направо (спочатку перший рядок, потім другий рядок). Повідомлення починається із кодового слова 30 (усі коди – шістнадцятизначні), що відповідає ключовому слову SEQUENCE (послідовність). Це означає, що повідомлення складається не з одного поля, а з певної послідовності полів. Довжина послідовності вказується у наступному байті. Це кодове слово 22 (бачимо, що ця довжина дорівнює 41 байту). Далі вказується версія протоколу SNMP, тобто використовується специфікація MIB1 чи MIB2. Для цього спочатку наводиться код (02) слова INTEGER (тобто, далі буде ціле число). Вказується (01), що цьому числу виділяється один байт. І далі безпосередньо вказується версія MIB протоколу SNMP: якщо vers = 0 (як вказано у таблиці), то маємо справу із MIB1; якщо було б вказано vers = 1, то ми мали б справу із MIB2. Далі читаємо другий рядок повідомлення. Код 04 означає, що поле ідентифікатора спільності має тип string (тобто, рядок) довжиною (код 06) 6 байт з ключовим словом public. Далі читаємо третій рядок повідомлення. З нього починається протокольний блок даних типу Get-request-PDU. Те, що маємо справу саме із командою Get-request говорить код A0 (його символьний аналог вказаний у таблиці безпосередньо знизу цього коду, тобто слово getreq). Далі бачимо, що довжина цього PDU складає 28 байтів (якщо рахувати також перші два байти заголовка цього PDU).

Далі йдуть два кодових слова 02 та 04, що означає виділення чотирьох байтів для цілого числа. Це ціле 4-х байтове число має значення 05 AE 56 02. Символьна розшифровка цього числа означає поле ідентифікатору запиту. Далі у четвертому рядку повідомлення бачимо два однобайтових цілих числа, що означають відповідно статус та індекс помилки. Вони встановлені у нуль. Це значить, що помилка не виявлена. Починаючи з п’ятого рядка, маємо список імен об’єктів, значення котрих

запитуються командою Get-request. Цей список у даному випадку складається із однієї змінної, що має числове ім'я 1.3.6.1.2.1.1.1.0, що відповідає символьному імені групи об'єктів SysDescr. Ознака null (якій відповідає числове ім'я 05) означає кінець повідомлення.

Модель бази RMON MIB. До появи специфікацій бази RMON MIB протокол SNMP використовувався лише у цілях локального адміністрування ТЛК-обладнання, що підтримувало протоколи стеку TCP/IP. Специфікації RMON (Remote Maintenance and Operation Network) розширили функціональні можливості протоколу SNMP, дозволяючи здійснювати віддалену взаємодію з базою MIB і не тільки в мережах TCP/IP. База RMON MIB містить агреговану інформацію щодо керованого пристрою і тому не потребує передавання через мережу великих обсягів службової інформації. Специфікації RMON MIB у порівнянні із MIB1 або MIB2 визначають додаткові стандартні об'єкти. Зокрема, такі як додаткові лічильники помилок у пакетах, більш гнучкі засоби аналізу трендів і статистичних даних, більш продуктивні засоби фільтрації для захоплення та аналізу окремих пакетів, а також більш деталізовані умови встановлення порогів для формування сигналів тривожної сигналізації. Агенти RMON у порівнянні із агентами MIB1 або MIB2 мають більш високий рівень інтелектуальних можливостей, що дозволяє їм брати на себе значний обсяг обчислювальних робіт і, тим самим, розвантажувати ресурси менеджерів. На практиці обладнання агентів монтується у складі керованих об'єктів (комутаторів, маршрутизаторів, шлюзів) або виконується у вигляді окремих програмних модулів, що завантажуються у ПК або ноутбуки.

Стандартному об'єкту RMON у наборі об'єктів MIB присвоєно номер 16, котрий, у свою чергу, об'єднує близько 200 об'єктів, котрі об'єднані у 10 груп об'єктів більш низького рівня у деревоподібній структурі об'єктів цієї бази. Специфікації цих груп об'єктів відрізняються від розглянутих вище специфікацій груп об'єктів бази MIB2 і виглядають наступним чином:

1) Statistics (1) – поточні накопичені поточні дані про характеристики пакетів, кількості колізій;

2) History (2) – статистичні дані, що зібрані через визначені проміжки часу і зберігаються для наступного аналізу тенденцій у їхніх змінах;

3) Alarms (3) – порогові значення статистичних показників, при перевищенні котрих агенти мають надсилати відповідні повідомлення на адресу менеджерів;

4) Hosts (4) – дані про мережні хости та їхні MAC-адреси;

5) Host TopN (5) – таблиця найбільш завантажених хостів мережі;

6) Traffic Matrix (6) – матриця завантаженості каналів між кожною парою хостів у мережі;

7) Filter (7) – умови фільтрації пакетів;

8) Packet Capture (8) – умови захоплення пакетів;

9) Event (9) – умови реєстрації та генерації подій;

10) Token Ring (10) - спеціальні об'єкти протоколу Token Ring.

Порядок визначення числових імен об'єктів MIB розглядався раніше. Наприклад, числове ім'я групи Hosts має вигляд 1.3.6.1.2.1.16.4.

Специфікації RMON MIB зафіксовані у двох документах: RFC 1271 (для мереж Ethernet) та RFC 1513 (для мереж Token Ring).

Розглянемо більш детально групу Statistics, що визначає, яку саме інформацію здатний предоставити агент RMON щодо кадрів Ethernet (у специфікаціях RFC ці

кадри називаються пакетами). Звернемо увагу, що група History заснована на об’єктах групи Statistics, оскільки об’єкти групи History призначені для побудови часових рядів об’єктів групи Statistics.

У групу Statistics входять наступні об’єкти:

– etherStatsDropEvents – загальна кількість подій, коли пакети були проігноровані агентом через дефіцит його ресурсів (при цьому самі ці пакети, можливо, коректно просунулись через інтерфейс);

– etherStatsOctets – загальна кількість прийнятих байтів (тобто, усіх байтів, що пройшли через визначену точку контролю, за виключенням преамбули; байти полів контрольних сум та помилкових пакетів враховуються);

– etherStatsPkts – загальна кількість отриманих пакетів (помилкових);

– etherStatsBroadcastPkts – загальна кількість коректно прийнятих широкомовних пакетів;

– etherStatsMulticastPkts – загальна кількість коректно прийнятих пакетів за груповою адресою;

– etherStatsCRCAlignErrors – загальна кількість отриманих пакетів, що мали невірну контрольну суму;

– etherStatsUndersizePkts – загальна кількість отриманих пакетів, що мали неприпустимо малу довжину (тобто, були меншими, ніж 64 байти);

– etherStatsOversizePkts – загальна кількість отриманих пакетів, що мали неприпустимо велику довжину (тобто, були довшими, ніж 1518 байтів);

– etherStatsFragments – загальна кількість невірно отриманих пакетів (тобто, вони або складалися не із цілого числа байтів, або мали невірну контрольну суму, або мали неприпустимо малу довжину);

– etherStatsJabbers – загальна кількість невірно отриманих пакетів (тобто, вони або складалися не із цілого числа байтів, або мали невірну контрольну суму, або мали неприпустимо велику довжину);

– etherStatsColizions – найбільш ймовірна кількість колізій, що мали місце у контрольованому сегменті Ethernet;

– etherStatsPkts64Octets – загальна кількість отриманих пакетів (помилкових) розміром 64 байти;

– etherStatsPkts65to127Octets – загальна кількість отриманих пакетів (помилкових) розміром від 65 до 127 байтів;

– etherStatsPkts128to255Octets – загальна кількість отриманих пакетів (помилкових) розміром від 128 до 255 байтів;

– etherStats256to511Octets – загальна кількість отриманих пакетів (помилкових) розміром від 256 до 511 байтів;

– etherStats512to1023Octets – загальна кількість отриманих пакетів (помилкових) розміром від 512 до 1023 байтів;

– etherStats1024to1518Octets – загальна кількість отриманих пакетів (помилкових) розміром від 1024 до 1518 байтів.

Як бачимо із вищенаведеного, за допомогою агента RMON, вбудованого у будь-який засіб пакетної комутації, існує можливість здійснити тонкий аналіз роботи сегменту Ethernet. Спочатку можливо отримати дані щодо типів виниклих помилок у кадрах. Потім побудувати залежності інтенсивності цих помилок у часі (для цього використати об’єкти групи History). За результатами аналізу часових залежностей з’явиться можливість зробити певні попередні висновки щодо подальших дій із

пошуку джерела виниклої проблеми і сформулювати більш тонкі і деталізовані умови захоплення кадрів. Специфічні ознаки цих умов є можливим задати за допомогою об'єктів групи Filters. Після відповідної фільтрації кадрів відкривається можливість провести ще більш тонкий аналіз проблеми шляхом вивчення захоплених (за допомогою групи Packets Capture) кадрів.

Таким чином, застосування моделі RMON MIB дозволяє вирішувати широкий спектр задач керування об'єктами телекомунікаційної техніки. Проте слід зазначити, що на сьогоднішній день стандартизовано удосконалений варіант цієї моделі під назвою RMON2. Удосконалення дозволили розповсюдити функціональність RMON MIB на протоколи верхніх рівнів (тобто, не тільки на кадри Ethernet). От же обладнання, що реалізує специфікації RMON2, є здатним виконувати функції сучасних аналізаторів протоколів.

### 3.5 Недоліки протоколу SNMP

Протокол знайшов широке застосування у сучасних системах керування ТЛК-обладнанням. Проте через притаманні йому принципові недоліки він не є основним засобом керування об'єктами телекомунікаційної техніки. Слід вказати на два основних недоліки цього протоколу: орієнтованість на використання ненадійного транспортного протоколу UDP (на що вже зверталась увага) та відсутність засобів взаємної автентифікації агентів із менеджерами.

Єдиним стандартизованим механізмом протоколу SNMP будь-яких версій, котрий лише умовно можливо віднести до засобу автентифікації, слід вважати так званий рядок спільності (community string) у форматі повідомлень SNMP. Цей ідентифікатор, як вже вказувалось, слугує основою для об'єднання агентів і менеджерів: агент взаємодіє лише з тими менеджерами, що мають із ним однаковий рядок спільності. На жаль, цей рядок передається каналами мережі у відкритій формі і, отже, не забезпечує прийнятний рівень інформаційної безпеки. Деякі розробники засобів SNMP MIB2 доповнили функціональність цього протоколу додатковими механізмами автентифікації, проте вони не є стандартизованими і тому не обов'язкові для реалізації.

Щодо роботи через ненадійний протокол UDP, то, на жаль, він є джерелом неякісного адміністрування ТЛК-обладнання, зокрема його застосування призводить до загублень службових пакетів в каналах взаємодії агентів з менеджерами, не говорячи вже про те, що ці пакети являються легкою здобиччю всілякого роду зловмисників та хакерів. Протокол SNMP є дуже простий у реалізації, на його основі розроблено безліч різноманітних агентів. Тому від цього протоколу ТЛК-оператори не поспішають відмовлятися. Робляться спроби його удосконалення таким чином, щоб ці удосконалення не торкались роботи агентів. Зокрема у системі керування HP OV Telecom DM TMN (це одна із основних сучасних платформ, що використовується для створення багаторівневих систем адміністрування у рамках стандартів ISO) механізми протоколу SNMP удосконалені таким чином, що загублені службові пакети відновлюються за рахунок їхньої повторної передачі. Однак в багатьох випадках використання ТЛК-обладнання функціональність протоколу SNMP не є достатньою. Тому за допомогою протоколу SNMP у сучасних телекомунікаціях вирішується лише обмежене коло локальних завдань адміністрування. У відповідальних випадках транспортування службових пакетів із керуючою інформацією здійснюють за

допомогою більш надійних транспортних протоколів із установленням з'єднань. Зокрема, використовують протокол TCP. Якщо ж виникає потреба забезпечити не тільки надійність передавання службових пакетів, але ще і їхню захищеність від несанкціонованого доступу (НСД) з боку неавторизованих осіб або процесів, то між агентами та менеджерами утворюють так звані захищені канали (фізичні або логічні), а самі службові пакети шифрують за допомогою сучасних методів криптографії.

## Питання для контролю

1. Які системи керування називають централізованими?
2. Що таке локальні механізми керування?
3. Що таке вузол керування?
4. Надайте узагальнену характеристику моделі керування TMN?
5. Як структурується сукупність задач керування згідно стандарту ISO 7498-4?
6. Надайте характеристику групі задач Configuration Management.
7. Надайте характеристику групі задач Fault Management.
8. Надайте характеристику групі задач Performance Management.
9. Надайте характеристику групі задач Security Management.
10. Надайте характеристику групі задач Accounting Management.
11. Що таке білінг?
12. Надайте характеристику схемі керування типу «менеджер – агент».
13. Що таке модель керованого об'єкту у схемі «менеджер – агент»?
14. Що таке база MIB у схемі «менеджер – агент»?
15. Чим відрізняються мережі внутрішньосмугового керування від мереж позасмугового керування?
16. Чим відрізняється одноранговий тип зв'язків між менеджерами від ієрархічного?
17. Які протоколи керування підтримує ISO/ITU-T у рамках моделі TMN?
18. Яка основна перевага протоколу керування SNMP?
19. Назвіть примітиви протоколу SNMP.
20. Надайте характеристику структурі SNMP MIB.
21. Надайте характеристику моделі бази MIB1.
22. Надайте характеристику моделі бази MIB2.
23. Який формат SNMP-повідомлень?

## Література

1. ETSI EN 300 462-2-1: «Transmission and Multiplexing (TM); Generic requirements for synchronization networks; Part 2-1: Synchronization network architecture based on SDH networks».
2. ETSI EN 300 166: «Transmission and Multiplexing (TM); Physical and electrical characteristics of hierarchical digital interfaces for equipment using the 2 048 kbit/s – based plesiochronous or synchronous digital hierarchies».
3. MCE-T G.703: «Physical / electrical characteristics of hierarchical digital interfaces».
4. ITU-T G.8261, «Timing and synchronization aspects in packet networks», 03/2024.

# ТЕМА 4
# ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ НА МЕРЕЖЕВОМУ РІВНІ ВЗАЄМОДІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

## 4.1 Вимірювання параметрів обладнання транспортних мереж IP

Більшість сучасних пакетних мереж для надання послуг із транспортування інформації основана на використанні обладнання, що реалізують телекомунікаційний протокол IP. У цьому підрозділі мова йде лише про глобальну транспортну мережу IP.

4.1.1 Схеми організації вимірювань

Послуга із транспортування пакетів IP-каналами транспортної мережі надається оператором IP-мережі у двох модифікаціях: для наскрізних з'єднань типу «точка – точка» (коли обладнання абонентського IP-доступу знаходиться у зоні відповідальності оператора електрозв'язку) та для наскрізних з'єднань типу «споживач – споживач» (коли обладнання абонентського IP-доступу знаходиться у зоні відповідальності споживачів). Для організації вимірювань зазвичай використовується шлейфова схема як при з'єднаннях типу «точка – точка» (рис. 4.1), так і при з'єднаннях типу «споживач – споживач» (рис. 4.2).

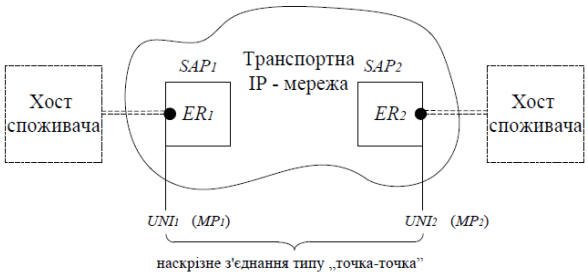


Рисунок 4.1 – Схема організації вимірювань параметрів обладнання транспортної IP-мережі при наскрізному з'єднанні типу «точка –точка»

SAP (Service Access Point) – точка доступу до транспортної послуги. Це фізична та / або логічна точка на структурній схемі організації інформаційної взаємодії елементів транспортної мережі (зокрема, на структурній схемі з'єднань відповідного телекомунікаційного обладнання), стосовно котрої діють норми на показники параметрів транспортного обслуговування. На мережевому рівні взаємодії SAP розглядається як логічна точка, доступ до котрої забезпечується за допомогою програмних засобів хоста та / або граничного комутатора / маршрутизатора. На рисунку 4.2 показана схема організації вимірювань параметрів обладнання IP при наскрізному з'єднанні типу «користувач – користувач».

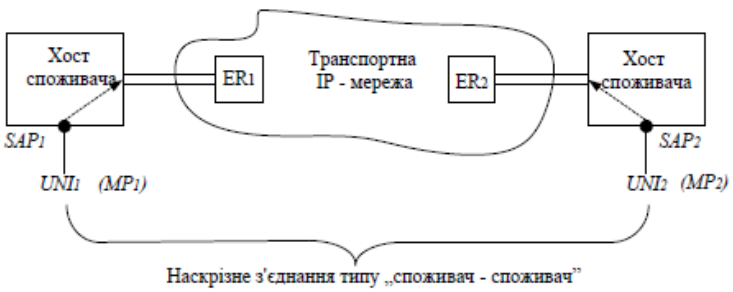


Рисунок 4.2 – Схема організації вимірювань параметрів обладнання IP-мережі при наскрізному з'єднанні типу «споживач-споживач»

Як бачимо, за цією схемою у ланцюг вимірювань включені також канали абонентського доступу користувачів до найближчих граничних маршрутизаторів ER (Edge Router) транспортної IP-мережі.

4.1.2 Вимірювані параметри

1) Параметри функціональності послуг із транспортування пакетів – *IPTS'*, $IPTS'_{max}$, $IPTS_{0max}$, $B_c$, $B_e$.

Характеристики швидкості передавання пакетів:

*IPTS'* – миттєва швидкість передавання пакетів IP через вимірювальну точку. Вимірюється, як правило, у кількості транспортованих через канал IP-пакетів протягом 1 секунди.

$IPTS'_{max}$ – припустиме максимальне значення миттєвої швидкості передавання пакетів IP через вимірювальну точку.

$IPTS^0_{max}$ – припустиме максимальне значення усередненого на інтервалі сеансу вимірювань значення *IPTS'*. Інтервал сеансу вимірювання прийнято (але не завжди) обирати на рівні 1година.

Характеристики обсягу транспортованого трафіку

$B_c$ – максимальна кількість байтів, яка гарантовано транспортується впродовж визначеного проміжку часу T (параметр Bc прийнято називати узгодженим або обов'язковим обсягом пульсацій трафіку).

$B_e$ – максимальна кількість байтів, яка транспортується «з максимальними зусиллями» впродовж визначеного проміжку часу T (додатковий обсяг пульсації).

*Примітка 1. Значення T визначається умовами сервісної угоди оператора з клієнтом (Service Level Agreement, SLA).*

2) Параметри якості транспортування пакетів

У таблиці 4.1 надано класифікатор параметрів якості транспортування IP-пакетів з використанням мереж пакетної комутації, технічна та організаційна підтримка котрих забезпечується більшістю операторів глобальних IP-мереж. Конкретні визначення цих параметрів надано нижче.

Таблиця 4.1 – Класифікатор параметрів якості обслуговування при наданні послуг із транспортування пакетів каналами транспортної IP-мережі

| Параметри якості обслуговування | | |
|---|---|---|
| мережево-орієнтовані (параметри NP) | сервіс-орієнтовані (параметри QoS) | мережево / сервіс незалежні |
| 1. $IPLR_{max}$;<br>2. I$PSLBR_{max}$;<br>3. $IPER_{max}$;<br>4. $K'_{зав0max}$(*IP*);<br>5. $Кг_{min}$ | 1. $IPTD_{max}$;<br>2. $IPDV_{max}$;<br>3. $P_{max}$ ($IPTD_{max}$);<br>4. $PIPSA_{min}$ (*PIA*);<br>5. $TIPU_{max}$ (*TIU*) | 1. $RP_{max}$;<br>2. $MTTR_{max}$ |

*Примітка 2. Набір параметрів послуги із транспортування пакетів IP вибрано однаковим: для з'єднань типу "точка – точка"; для з'єднань типу "споживач – споживач"; для абонентського доступу до магістральної IP-мережі.*

*Примітка 3. Параметр PIPSA в літературі часто позначають як PIA, а параметр TIPU – як TIU. Пояснення щодо цих параметрів надано далі за текстом.*

Характеристики втрат пакетів:

*IPLR* (IP loss ratio) – коефіцієнт втрат пакетів. Параметр, що характеризує втрати пакетів під час їхнього передавання через вимірювальну секцію між вхідною та вихідною точками вимірювань. Визначається як відношення загальної кількості втрачених (відкинутих) пакетів до загальної кількості переданих пакетів протягом одного сеансу вимірювань.

$IPLR_0$ – усереднене на сумарному інтервалі визначеної серії сеансів вимірювань значення *IPLR*.

$IPLR_{max}$ – максимально припустиме значення коефіцієнту втрат пакетів.

*IPSLBR* (IP severe loss block ratio) – коефіцієнт втрат блоків пакетів. Параметр, що характеризує втрати блоків пакетів під час їхнього передавання через вимірювальну секцію між вхідною та вихідною точками вимірювань. Визначається як відношення загальної кількості втрачених (відкинутих) блоків пакетів до загальної кількості переданих блоків пакетів протягом однієї серії сеансів вимірювань.

*Примітка 4. Серія сеансів вимірювань складається із сеансів тривалістю Ts. І якщо кількість втрачених пакетів на проміжку Ts перевищить поріг s1, то всі пакети на цьому проміжку відкидаються, а цей блок пакетів вважається втраченим.*

$IPSLBR_{max}$ – верхня припустима межа (максимально припустиме значення) IPSLBR (для визначених *Ts* та *s*1). Цей показник іноді нормується.

Характеристики затримки пакетів

*IPTD* (IP time delay) – час затримки пакетів. Параметр, що характеризує проміжок часу, протягом котрого пакети просуваються через вимірювальну секцію між вхідною та вихідною точками вимірювань.

$IPTD_{max}$ – максимально припустиме усереднене значення затримки пакетів. Затримки пакетів усереднюються на певним чином обраному інтервалі сеансу вимірювань. $IPTD_{max}$ визначається як середнє арифметичне усіх виміряних значень IPTD за виключенням 10% мінімальних та 10% максимальних значень цього показника в інтервалі даного сеансу вимірювань.

*P* ($IPTD_{max}$) – ймовірність (частість) перевищення $IPTD_{max}$. Визначається як відношення кількості подій перевищення значення $IPTD_{max}$ до загальної кількості усіх виміряних значень величини *IPTD* протягом однієї години.

$P_{max}$ ($IPTD_{max}$) – припустиме максимальне значення ймовірності перевищення величини $IPTD_{max}$. Цей показник в багатьох випадках нормується.

Характеристики варіації затримки пакетів

*IPDV* (IP delay variation) – параметр, що характеризує відхилення у затримці пакетів відносно $IPTD_0$ під час його передавання через вимірювальну секцію між вхідною та вихідною точками вимірювань. Так, якщо затримку k-го пакета у потоці пакетів позначити як $IPTD_k$:

$$IPDV_k = / IPTD_k - IPTD_0, \tag{4.1}$$

де $IPDV_0$ – усереднене на інтервалі сеансу вимірювань значення.

*IPDV* (варіація затримки або джитер затримки пакетів). Визначається як середнє арифметичне усіх виміряних значень $IPDV_k$ за виключенням 10% мінімальних та 10% максимальних значень цього показника в інтервалі даного сеансу вимірювань. Варіація затримки визначається для всіх пакетів, що пройшли через вимірювальну секцію: як коректно транспортованих, так і з помилками.

$IPDV_{max}$ – верхня припустима межа $IPDV_0$ (тобто, припустимий максимальний діапазон відхилення *IPTD* від $IPTD_0$). Цей показник у більшості випадків нормується.

Характеристика некоректного транспортування пакетів (IPER).

*IPER* (IP error ratio) – коефіцієнт некоректно транспортованих пакетів. Параметр, що характеризує кількість пакетів, що були ушкоджені під час їхнього передавання через вимірювальну секцію між вхідною та вихідною точками вимірювань. Під ушкодженням розуміється будь-яка невідповідність вмісту інформаційних полів пакетів. Визначається як відношення загальної кількості некоректно транспортованих пакетів до загальної кількості переданих пакетів протягом одного сеансу вимірювань.

$IPER_0$ – усереднене на сумарному інтервалі визначеної серії сеансів вимірювань значення *IPER*.

$IPER_{max}$ – максимально припустиме значення $IPER_0$.

Показники доступності транспортної послуги:

*IPAF* (IP availability function) – функція доступності послуги із транспортування пакетів. Характеризує співвідношення між проміжками часу, коли послуга є доступною для споживачів, і проміжками часу, коли ця послуга є недоступною. Визначається наступним чином. Узгоджений між постачальником та споживачем графік надання транспортної послуги (за звичайних умов, такий графік охоплює проміжок часу в одну добу і передбачає режим цілодобового безперервного обслуговування) розбивається на часові проміжки $T_{av}$.

*Примітка 5. Кількість таких часових проміжків в рамках графіка надання послуги має бути обґрунтована.*

Визначається критерій доступності послуги на проміжку $T_{av}$. В якості такого критерію вибирається показник $IPLR_0$ або $IPER_0$ (або обидва разом). Визначається поріг доступності послуги у метриці вибраного показника – $c_1$ або $c_2$. Якщо на проміжку $T_{av}$ $IPLR_0 > c_1$ або (та) $IPER_0 > c_2$, то послуга на цьому проміжку вважається недоступною. В протилежному випадку (коли $IPLR_0 \le c_1$ або (та) $IPER_0 \le c_2$ ) послуга на проміжку $T_{av}$ вважається доступною.

*Примітка 6. Вибір набору критеріїв доступності послуги та значення порогів $c_1$ або (та) $c_2$ мають бути обґрунтовані. Таким чином, в процесі обслуговування може бути k1 часових інтервалів тривалістю $T_{av}$, коли послуга є доступною, та k2 часових інтервалів, коли послуга – недоступна (при загальній кількості можливих інтервалів у графіку обслуговування k = k1 +k2).*

*PIPSA* (percent IP service availability) – відсоток (коефіцієнт) доступності послуги із транспортування пакетів. Характеризує відсоток часу відносно загального часу обслуговування (який, як правило, узгоджується у сервісній угоді SLA), коли існує можливість користуватися послугою. Визначається як відсоток часових інтервалів тривалістю $T_{av}$, коли послуга є доступною, до загальної кількості часових інтервалів, що визначені у графіку обслуговування. Параметр *PIPSA* в літературі часто позначають як *PIA*.

*Примітка 7. Відсоток недоступності послуги $P_{IP}SU$ (percent IP service unavailability) визначається як $P_{IP}SU = 100 – P_{IP}SA$.*

$P_{IP}SA_{min}$ – припустиме мінімальне значення коефіцієнта доступності $P_{IP}SA$.

$T_{IP}U$ (Time IP service unavailability) – сумарна кількість годин протягом року, коли відсутня можливість користуватися послугою із транспортування пакетів. Параметр $T_{IP}U$ в літературі часто позначають як *TIU*.

$T_{IP}U_{max}$ – припустиме максимальне значення *TIPU*.

Показники доступності мережевого обладнання.

Доступність ресурсів мережевого обладнання напряму пов'язана із двома факторами (якщо не рахувати проблем з інформаційною безпекою): рівнем завантаження цього обладнання користувацьким трафіком та рівнем експлуатаційної надійності мережевого обладнання. При перевищенні певного рівня завантаженості мережні ресурси внаслідок неприпустимого погіршення їхньої якості можуть стати недоступними для користувачів. Зрозуміло також, що у випадку відмови обладнання його ресурси становляться недоступними для користувачів. Отже, показники доступності мережевого обладнання мають визначатися як характеристиками навантаження на IP-обладнання, так і характеристиками його експлуатаційної надійності.

Характеристика навантаження на IP- обладнання.

$K_{зав}$ – коефіцієнт завантаження обладнання. Характеризує ступінь завантаження мережевогоо обладнання пакетним трафіком, який циркулює через це обладнання. Визначається як відношення швидкості передавання пакетів через обладнання, завантаження котрого розглядається, до його пропускної здатності. Підкреслимо, що коефіцієнт завантаження обладнання пакетним трафіком визначається відношенням реально досягнутої швидкості передавання пакетів IP на певним чином обраному проміжку часу до пропускної здатності обладнання. Оскільки зазвичай існують пульсації трафіку, то для підвищення об'єктивності вимірювань ступеню завантаженості обладнання бажано здійснювати усереднення виміряних значень коефіцієнтів завантаження на різних проміжках часу. Вибір часу усереднення – окреме питання, що вирішується з огляду на конкретні умови використання обладнання. В залежності від вибору величини інтервалу вимірювань розрізняють миттєвий та середній коефіцієнт завантаження.

$K'_{зав}$ – миттєвий коефіцієнт завантаження обладнання. Визначається як відношення миттєвої швидкості передавання пакетів (тобто, параметр IPTS', що вимірюється на інтервалі в одну секунду) через вимірювальну точку (як правило, логічну точку, яка вибирається на уводі або на виводі досліджуваного обладнання) до пропускної здатності цього обладнання.

$K'_{завmax}$ – верхня припустима межа миттєвого коефіцієнту завантаження обладнання, тобто припустиме максимальне значення $K'_{зав}$. Цей показник іноді для окремих транспортних технологій нормується.

$K'_{зав0}$ – усереднений на інтервалі сеансу вимірювань коефіцієнт завантаження обладнання, тобто усереднене на інтервалі сеансу вимірювань значення $K'_{зав}$. Тривалість сеансу вимірювань $T_0$ обумовлюється окремо у сервісних угодах SLA.

$K'_{зав0max}$ – верхня припустима межа усередненого коефіцієнту завантаження обладнання, тобто припустиме максимальне значення $K'_{зав0}$. Таким чином, $K'_{зав0max}(IP)$ – верхня припустима межа середнього коефіцієнту навантаження обладнання $IP$. Цей показник у більшості випадків нормується.

Показники експлуатаційної надійності мережевого обладнання.

$P(T_N)$ – ймовірність безвідмовної роботи мережевого обладнання на проміжку часу $T_N$. Визначається згідно з ДСТУ 2860-94 як ймовірність того, що в межах заданого напрацювання $T_N$ відмови мережевого обладнання не настануть. Цей показник щодо телекомунікаційного обладнання не нормується, але може обчислюватись з метою отримання даних щодо надійності виробів окремих постачальників обладнання.

*MTBF* (Mean Time Between Failures) – середній час між відмовами. Характеризує рівень надійності обладнання без урахування впливу на надійність цього обладнання процесів технічного обслуговування та ремонту. Визначається згідно з ДСТУ 2860-94. Цей показник щодо телекомунікаційного обладнання не нормується. Використовується для визначення коефіцієнту готовності.

*MTTR* (Mean Time To Repair) – середній час відновлення (ремонту) після відмови обладнання. Характеризує рівень досконалості служб технічного обслуговування та ремонту.

$MTTR_{max}$ – максимально припустиме значення MTTR. Цей показник, як правило, нормується.

*Кг* – коефіцієнт готовності обладнання. Комплексний показник експлуатаційної надійності мережевого обладнання, який характеризує співвідношення між *MTTR* та *MTBF* згідно з формулою:

$$Кг = MTBF/ (MTBF + MTTR), \quad (4.2)$$

де $Кг_{min}$ – мінімально припустиме значення коефіцієнту готовності. Цей показник, як правило, нормується.

Показники зручності використання транспортної послуги *RP* (Reporting Period) – інтервал звітування, тобто періодичність представлення покупцю транспортної послуги звітів про поточний стан обслуговування.

$RP_{max}$ – максимально припустиме значення *RP*, що наведене у *SLA*.

4.1.3 Нормативи на параметри якості у розрізі класів обслуговування

З метою забезпечення можливості якісного транспортування потоків пакетів IP, що наразі генеруються основною масою прикладних застосувань реальних і потенційних споживачів, усі найбільш популярні види потоків, що транспортуються каналами мереж IP, згруповані на основі визначених для них загальних ознак за шістьома класами трафіка IP (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 – Норми на параметри обладнання IP при наскрізних з'єднань типу «споживач – споживач»

| Параметри обладнання IP | Характеристика параметра | Клас 0 | Клас 1 | Клас 2 | Клас 3 | Клас 4 | Клас 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Сервіс-орієнтовані параметри | | | | | | | |
| $IPTD_{max}$ | Верхня межа щодо затримки пакетів, мс | 100 | 400 | 480 | 480 | 1000 | н/в |
| $IPDV_{max}$ | Верхня межа щодо варіації затримки, мс | 50 | 50 | 150 | н/в | н/в | н/в |
| $P_{max}$ ($IPTD_{max}$) | Поріг ймовірності перевищення $IPTD_{max}$, безрозмірний | $1 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ | н/в | н/в |

Продовження таблиці 4.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_{min}(IPDV_{max})$ | Поріг відсотка неперевищення $IPDV_{max}$, % (у відсотках) | 1,0 | 1,0 | н/в | н/в | н/в | н/в |
| $P_{IP}SA_{min}$ (*PIA*) | Нижня межа щодо відсотка часу доступності послуги, % (у відсотках) | 99 | 99 | 99 | 99 | н/в | н/в |
| $T_{IP}U_{max}$ (*TIU*) | Верхня межа щодо годин недоступності послуги, годин на рік | 88 | 88 | 88 | 88 | н/в | н/в |
| Мережо-орієнтовані параметри | | | | | | | |
| $IPLR_{max}$ | Верхня межа втрат пакетів, безрозмірна | $1\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-3}$ | $1\cdot10^{-3}$ | н/в |
| $IPER_{max}$ | Верхня межа помилкових пакетів, безрозмірна | $1\cdot10^{-4}$ | $1\cdot10^{-4}$ | $1\cdot10^{-4}$ | $1\cdot10^{-4}$ | $1\cdot10^{-3}$ | н/в |
| $Кг_{min}$ | Нижня межа коефіцієнту готовності | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | н/в |
| Сервіс/мережо-незалежні параметри | | | | | | | |
| $MTTR_{max}$ | Верхня межа середнього часу відновлення працездатності, хвилин | 300 | 300 | 300 | 300 | 500 | н/в |

Кожний клас обслуговування характеризується певним набором нормованих значень (або діапазонів значень) показників якості послуги (тобто, сервіс-орієнтованих параметрів), мережевої досконалості (мережо-орієнтованих параметрів) та сервіс / мережо-незалежних параметрів обслуговування.

*Примітка 8. Рівень якості транспортної послуги не може асоціюватися із суб'єктивними уявленнями типу «більш якісна або менш якісна послуга», а задається конкретними значеннями параметрів цієї послуги.*

*Примітка 9. Позначка «н/в» означає «не визначено».*

*Примітка 10. Нормативні визначення параметрів $IPTD_{max}$, $IPDV_{max}$, $IPLR_{max}$ та $IPER_{max}$ відповідають ITU-T Recommendation Y.1541 для наскрізного з'єднання типу*

*«споживач – споживач».*

*Примітка 11. Оцінювання параметрів $K'_{зав0}$ та $IPER_0$ в процесі поточного контролю відповідності не здійснюється. Однак в процесі пошуку вирішення проблем невідповідності необхідно упевнитися, що поточні значення цих параметрів не перевищують норми (відповідно $K'_{завmax}$ та $IPER_{max}$) на усіх вузлах (проміжних та граничних) впродовж можливих шляхів просування IP-пакетів. Дані, що є необхідними для обчислення поточних значень цих параметрів, накопичуються на вузлах у базах MIB контрольованого обладнання за допомогою механізмів протоколу SNMP.*

*Примітка 12. Значення параметру $P_{IP}SA_{min}$ (тобто, значення параметру PIA) визначається відповідно до ITU-T Recommendation Y.1541 за таких умов: інтервал вимірювань параметра – 1 доба; доступність оцінюється за параметром $IPLR_0$; поріг визначення доступності $c_1$ береться на рівні 0,01 для класів 0 та 2 і на рівні 0,005 для класів 1 та 3; проміжок часу $T_{av}$, що відведений для визначення $IPLR_0$ та порівняння з порогом $c_1$, дорівнює тривалості однієї серії сеансів вимірювань параметра $IPLR_0$. Пояснення щодо обчислення цього параметру надано вище.*

*Примітка 13. Пояснення щодо обчислення параметру TIP U (тобто, TIU) надано вище.*

*Примітка 14. Значення параметру $RP_{max}$ визначається умовами SLA.*

Для наскрізних з'єднань типу «споживач – споживач» нормовані значення показників якості транспортування IP-пакетів, що класифіковані за визначеними шістьома класами обслуговування, надані у таблиці 4.2.

Для наскрізних з'єднань типу «точка – точка» норми на показники за класами обслуговування не класифікуються, оскільки рівень якості транспортування пакетів між будь-якими двома вузлами магістральної транспортної мережі має бути однаковим.

Рекомендовані норми на показники якості обслуговування магістральною транспортною IP-мережею надані у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Норми на параметри обладнання IP при наскрізних з'єднань типу «точка – точка»

| Параметри обладнання IP | Характеристика параметра | Нормативне значення параметра |
|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| Сервіс-орієнтовані параметри | | |
| $IPTD_{max}$ | Верхня межа щодо затримки пакетів, мс | 80 |
| $IPDV_{max}$ | Верхня межа щодо варіації затримки, мс | 30 |
| $P_{max}$ ($IPTD_{max}$) | Поріг ймовірності перевищення $IPTD_{max}$, безрозмірний | $1 \cdot 10^{-2}$ |
| $P_{min}$ ($IPDV_{max}$) | Поріг відсотка неперевищення $IPDV_{max}$, % (у відсотках) | 1,0 |
| $P_{IP}SA_{min}$ (*PIA*) | Нижня межа щодо відсотка часу доступності послуги, % (у відсотках) | 99 |

Продовження таблиці 4.3

| 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|
| $T_{IP}U_{max}$ (*TIU*) | Верхня межа щодо годин недоступності послуги, годин на рік | 12 |
| Мережо-орієнтовані параметри | | |
| $IPLR_{max}$ | Верхня межа втрат пакетів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-3}$ |
| $IPER_{max}$ | Верхня межа помилкових пакетів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-4}$ |
| $Кг_{min}$ | Нижня межа коефіцієнту готовності | 0,996 |
| Сервіс/мережо-незалежні параметри | | |
| $MTTR_{max}$ | Верхня межа середнього часу відновлення працездатності, хвилин | 300 |

4.1.4 Умови, точки та порядок вимірювань параметрів наскрізних IP-з'єднань

Під час вимірювань пікове навантаження будь-якого із міжвузлових комутаторів та маршрутизаторів мережі повинно не перевищувати 90%. При піковому навантаженні будь-якого з міжвузлових каналів зв'язку та маршрутизаторів, що перевищує 90%, транспортна мережа вважається перенавантаженою і такою, що не задовольняє вимогам до якості послуг передавання інформації.

Поточні значення параметру $IPER_0$ на всіх вузлах уздовж можливих шляхів просування IP-пакетів повинно не перевищувати норму $IPER_{max}$.

Вимірювання здійснюються активним способом в режимі періодичного тестування через фіксовані інтервали часу методом «пінгування» тестових ICMP-пакетів. Використовується шлейфова схема організації вимірювань за схемами, що відображена на рисунку 4.1 (при з'єднаннях типу «точка – точка») або на рисунку 4.2 (при з'єднаннях типу «споживач – споживач»). На цих рисунках відображені відповідні точки доступу до послуги та відповідні пари вимірювальних точок.

Зокрема, підчас вимірювань при наскрізному з'єднанні типу «точка – точка» необхідно замкнути між собою (на логічному рівні) пару вимірювальних точок $MP_2$ (рис. 4.1) та здійснювати «пінгування» тестовими ICMP-пакетами через точку $MP_{egr\ 1}$, що розташована на $SAP_1$. При цьому спостереження за кореспондованими тестовими ICMP-пакетами, що просуваються каналами транспортної мережі у зворотному напрямку від $SAP_2$ до $SAP_1$, здійснюється у точці $MP_{in1}$, що розташована на $SAP_1$. Пінгування, вимірювання та обробка результатів вимірювань здійснюється штатними програмними засоби граничного маршрутизатора *ER*1, а логічне замикання точок $MP_2$ – штатними програмними засобами граничного маршрутизатора *ER*2.

*Примітка 15. Конкретні назви штатних інструментальних програмних засобів, що застосовуються під час вимірювань, та методика їхнього використання вказуються у регламентах експлуатації телекомунікаційного обладнання, що інстальовано у вузлах транспортної мережі.*

Вимірювання при наскрізному з'єднанні типу «споживач – споживач» виконуються аналогічним чином, але при цьому $SAP_1$ та $SAP_2$ (і відповідні вимірювальні точки) знаходяться на термінальних вузлах споживачів.

Зазвичай у цьому випадку для вимірювань використовуються штатні програмні засоби хостів користувачів.

Структура тестового потоку пакетів IP повинна відповідати структурі та мати наступні характеристики:

1) довжина поля даних тестових пакетів $v$ – не більша за 64 байта;

2) кількість пакетів в одній групі $N$ (тобто, в одному сеансі вимірювань) – 100;

3) періодичність генерації груп тестових пакетів $T$ – один раз кожні 6 хвилин;

4) мінімальний міжпакетний інтервал $\tau$ в рамках однієї групи пакетів – 100 мс;

5) тривалість одного сеансу вимірювань $T$ – 6 хвилин;

6) тривалість однієї серії сеансів вимірювань $T_0$ – 1 година.

Розрахунок звітних значень параметрів $IPTD_0$, $IPDV_0$, $P(IPDV_{max})$, $K'_{зав0}$ здійснюється за результатами кожного сеансу вимірювань, тобто звітний проміжок часу щодо цих параметрів дорівнює 6 хвилинам. Розрахунок звітних значень параметрів $IPLR_0$ та $P(IPTD_{max})$ – за результатами кожної серії сеансів вимірювань, тобто звітний проміжок часу для цих параметрів дорівнює 1 годині. Для параметра $P_{IP}SA$ звітний проміжок – 1 доба. Параметр $T_{IP}U$ розраховується на звітному проміжку, що дорівнює одному року. Параметри $Кг$ та $MTTR$ розраховуються після кожної події відновлення обладнання.

4.1.5 Дії у разі виявлення невідповідності

Поточний контроль якості наскрізного з'єднання виконується шляхом відслідковування поточних оцінок параметра втрат пакетів *IPLR0*. У процесі поточного контролю цього параметру може виявитись перевищення його нормованого значення $IPLR_{max}$. У цьому випадку необхідно переконатися в коректності роботи обладнання мережевого (більш високого) рівня у кінцевих вузлах контрольованого наскрізного з'єднання, наприклад шляхом відключення від нього обладнання сусідніх вузлів і «пінгування» тестовими пакетами по локальному шлейфу, що створюється як на ближньому, так і на віддаленому кінцях контрольованого з'єднання. Якщо проблем на рівні протоколу IP (і вище) на локальних шлейфах не виявлено, необхідно розпочати пошук проблем в роботі транспортної мережі.

Плановий періодичний контроль якості наскрізного з'єднання виконується шляхом відслідковування поточних оцінок усіх параметрів мережевого рівня (не тільки $IPLR_0$), нормовані значення котрих надано у таблиці 4.2. У процесі планового контролю можуть виявитися невідповідності щодо нормованих значень будь-якого із параметрів. У цьому випадку необхідно розпочати пошук проблем в роботі транспортної мережі.

У разі виявлення невідповідності щодо нормованих значень сервіс-орієнтованих параметрів необхідно розпочати пошук проблем, пов'язаних із можливими перенавантаженнями IP-трафіком каналів транспортної IP-мережі.

Пошук шляхів вирішення проблеми невідповідності на мережевому рівні здійснюють шляхом порівняльного аналізу виміряних поточних значень параметрів мережевого рівня з відповідними нормативними значеннями цих параметрів. При цьому використовується шлейфова схема організації вимірювань.

Під час пошуку проблемної ділянки на шляху просування пакетів утворюють наскрізне TCP/IP-з'єднання. В цьому випадку значення параметрів аналізуються щодо

всіх IP-маршрутизаторів, розташованих на шляху просування пакетів. Локалізація проблеми полягає у виявленні міжвузлової ділянки, де зафіксоване суттєве відхилення від норм щодо будь-якого параметра.

У разі виявлення невідповідності щодо нормативних значень мережо-орієнтованих параметрів необхідно розпочати пошук проблем, пов'язаних із відмовами в роботі мережевого обладнання згідно з положеннями регламентуючої експлуатаційної документації на мережне обладнання, що використовується.

Якщо проблем на рівні протоколів TCP та IP не виявлено, необхідно розпочати пошук проблем в роботі обладнання канального, а потім фізичного рівнів, що забезпечує транспортування пакетів IP.

## 4.2 Вимірювання параметрів абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання IP

Номенклатура параметрів якості транспортування пакетів (тобто, параметрів QoS та *NP* обладнання абонентського доступу) також співпадають із даними, що надані у таблиці 4.1.

4.2.1 Нормативи на параметри якості

Нормативи якості транспортування пакетів при наданні послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання IP, за аналогією надаються у розрізі шести класів обслуговування. З урахуванням характеристик цих класів у таблиці 4.4 надані рекомендовані нормативи відповідних показників.

Таблиця 4.4 – Норми на параметри обладнання при наданні послуг абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання IP

| Параметри обладнання IP | Характеристика параметра | Клас 0 | Клас 1 | Клас 2 | Клас 3 | Клас 4 | Клас 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Сервіс-орієнтовані параметри | | | | | | | |
| $IPTD_{max}$ | Верхня межа щодо затримки пакетів, мс | 10 | 160 | 200 | 200 | 400 | н/в |
| $IPDV_{max}$ | Верхня межа щодо варіації затримки, мс | 10 | 10 | 60 | н/в | н/в | н/в |
| $P_{max}$ ($IPTD_{max}$) | Поріг ймовірності перевищення $IPTD_{max}$, безрозмірний | $1 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ | н/в | н/в |
| $P_{min}$($IPDV_{max}$) | Поріг відсотка неперевищення $IPDV_{max}$, % (у відсотках) | 1,0 | 1,0 | н/в | н/в | н/в | н/в |

Продовження таблиці 4.4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_{IP}SA_{min}$ (*PIA*) | Нижня межа щодо відсотка часу доступності послуги, % (у відсотках) | 99 | 99 | 99 | 99 | н/в | н/в |
| $T_{IP}U_{max}$ (*TIU*) | Верхня межа щодо годин недоступності послуги, годин на рік | 38 | 38 | 38 | 38 | н/в | н/в |
| Мережо-орієнтовані параметри | | | | | | | |
| $IPLR_{max}$ | Верхня межа втрат пакетів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | н/в |
| $IPER_{max}$ | Верхня межа помилкових пакетів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | н/в |
| $Кг_{min}$ | Нижня межа коефіцієнту готовності | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | н/в |
| Сервіс/мережо-незалежні параметри | | | | | | | |
| $MTTR_{max}$ | Верхня межа середнього часу відновлення працездатності, хвилин | 150 | 150 | 150 | 150 | 300 | н/в |

4.2.2 Умови, точки та порядок вимірювань

Вимірювання параметрів послуги абонентського IP-доступу виконуються за шлейфовою схемою, що відображена на рисунку 4.3.

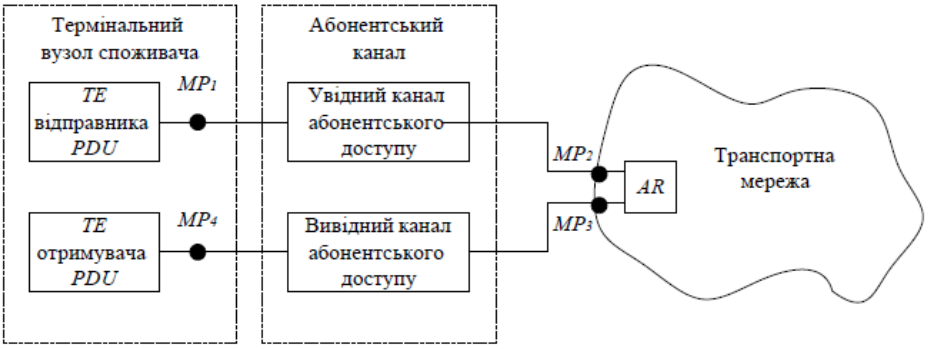


Рисунок 4.3 – Базова схема вимірювань для оцінювання параметрів абонентського IP-доступу до глобальної транспортної мережі

В процесі оцінювання параметрів якості транспортування пакетів необхідно дотримуватись загальних вимог щодо організації вимірювань, крім того, під час вимірювань пікове навантаження на граничний маршрутизатор (маршрутизатор доступу, Access Router, AR), до якого під'єднано контрольований абонентський IP-канал, повинно не перевищувати 90%. При піковому навантаженні цього маршрутизатору, що перевищує 90%, транспортна мережа вважається перенавантаженою і такою, що не задовольняє вимогам до якості послуг передавання інформації. Поточні значення параметру $IPER_0$ на граничному маршрутизаторі повинно не перевищувати норму $IPER_{max}$, тобто $1 \cdot 10^{-4}$. Зокрема, підчас вимірювань необхідно замкнути між собою (на логічному рівні) пару вимірювальних точок $MP_2$ та $MP_3$ (рис. 4.3) та здійснювати «пінгування» тестовими ICMP-пакетами через точку $MP_{egr\ 1}$, що розташована на $SAP_1$. При цьому спостереження за кореспондованими тестовими ICMP-пакетами, що просуваються каналом абонентського доступу у зворотному напрямку від $SAP_2$ до $SAP_1$, здійснюється у точці $MP_{in\ 1}$, що розташована на $SAP_1$. Пінгування, вимірювання та обробка результатів вимірювань здійснюється штатними програмними засоби хоста, а логічне замикання точок $MP_2$ та $MP_3$ – штатними програмними засобами сервера доступу вузла транспортної мережі.

*Примітка 16. Конкретні назви штатних інструментальних програмних засобів, що застосовуються під час вимірювань, та методика їхнього використання вказуються у регламентах експлуатації телекомунікаційного обладнання, що інстальовано у вузлах транспортної мережі.*

Структура тестового потоку пакетів IP повинна відповідати структурі й мати наступні характеристики:

1) довжина поля даних тестових пакетів $v$ – не більша за 64 байта;
2) кількість пакетів в одній групі $N$ (тобто, в одному сеансі вимірювань) – 100;
3) періодичність генерації груп тестових пакетів $T$ – один раз кожні 6 хвилин;
4) мінімальний міжпакетний інтервал $\tau$ в рамках однієї групи пакетів – 100 мс;
5) тривалість одного сеансу вимірювань $T$ – 6 хвилин;
6) тривалість однієї серії сеансів вимірювань $T_0$ – 1 година.

Розрахунок звітних значень параметрів $IPTD_0$, $IPDV_0$, $P(IPDV_{max})$, $K'_{зав\ 0}$ здійснюється за результатами кожного сеансу вимірювань, тобто звітний проміжок часу щодо цих параметрів дорівнює 6 хвилинам. Розрахунок звітних значень параметрів $IPLR_0$ та $P(IPTD_{max})$ – за результатами кожної серії сеансів вимірювань, тобто звітний проміжок часу для цих параметрів дорівнює 1 годині. Для параметра PIPSA звітний проміжок – 1 доба. Параметр TIPU розраховується на звітному проміжку, що дорівнює одному року. Параметри Кг та MTTR розраховуються після кожної події відновлення обладнання.

4.2.3 Дії у разі виявлення невідповідності – аналогічно тим, що розглянуті у підрозділі 4.1.5.

## 4.3 Вимірювання параметрів абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання Frame Relay

4.3.1 Параметри функціональності. Параметри функціональності трафіку IP у підрозділі 4.1.1.

4.3.2 Параметри якості транспортування фреймів (тобто, на параметри QoS та NP обладнання абонентського FR-доступу).

У таблиці 4.5 надано класифікатор параметрів якості обслуговування при наданні послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання FR. Визначення параметрів цієї послуги щодо трафіка IP надано у розділі 4.1, якщо у якості PDU розглядати IP.

Таблиця 4.5 – Класифікатор параметрів якості обслуговування при наданні послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання FR

| Параметри якості обслуговування | | |
|---|---|---|
| мережо-орієнтовані (параметри NP) | сервіс-орієнтовані (параметри QoS) | мережо/сервіс незалежні |
| 1. $IPLR_{max}$;<br>2. $IPER_{max}$;<br>3. $K'_{зав0max}(IP)$;<br>4. $Кг_{min}$;<br>5. $K'_{зав0max}(FR)$;<br>6. $FR\ LR_{max}$ ($CIR$);<br>7. $FR\ LR_{max}$ ($EIR$);<br>8. $FRER_{max}$ | 1. $IPTD_{max}$;<br>2. $IPDV_{max}$;<br>3. $P_{max}$ ($IPTD_{max}$);<br>4. $P_{min}$ ($IPDV_{max}$);<br>5. $P_{IP}SA_{min}$;<br>6. $T_{IP}U_{max}$;<br>7. $FRTD_{max}(CIR)$;<br>8. $FRTD_{max}(EIR)$ | 1. $RP_{max}$;<br>2. $MTTR_{max}$ |

*Примітка 17. Мнемонічні позначення параметрів, що наведені у таблиці 4.5, отримані шляхом заміни у позначеннях параметрів, буквосполучення «PDU» на «IP» та «FR», оскільки у даному випадку в якості PDU використовуються пакети IP та фрейми FR.*

*Примітка 18. При експлуатації обладнання FR активно використовується механізм визначення пов'язаності каналу. Однак параметр пов'язаності є інструментальним засобом спостереження за працездатністю каналу і не характеризує якість обслуговування.*

4.3.3 Нормативи на параметри якості у розрізі класів обслуговування

Рекомендовані нормативні значення показників якості обслуговування при наданні послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання FR надано у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Нормативи якості обслуговування при наданні послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання FR

| Параметри обладнання IP | Характеристика параметра | Клас 0 | Клас 1 | Клас 2 | Клас 3 | Клас 4 | Клас 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Сервіс-орієнтовані параметри | | | | | | | |
| $IPTD_{max}$ | Верхня межа щодо затримки пакетів, мс | 10 | 160 | 200 | 200 | 400 | н/в |
| $IPDV_{max}$ | Верхня межа щодо варіації затримки, мс | 10 | 10 | 60 | н/в | н/в | н/в |

Продовження таблиці 4.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $P_{max}$ ($IPTD_{max}$) | Поріг ймовірності перевищення $IPTD_{max}$, безрозмірний | $1 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ | н/в | н/в |
| $P_{min}$($IPDV_{max}$) | Поріг відсотка неперевищення $IPDV_{max}$, % (у відсотках) | 1,0 | 1,0 | н/в | н/в | н/в | н/в |
| $P_{IP}SA_{min}$ (*PIA*) | Нижня межа щодо відсотка часу доступності послуги, % (у відсотках) | 99 | 99 | 99 | 99 | н/в | н/в |
| $T_{IP}U_{max}$ (*TIU*) | Верхня межа щодо годин недоступності послуги, годин на рік | 38 | 38 | 38 | 38 | н/в | н/в |
| $FRTD_{max\ (CIR)}$ | Верхня межа щодо затримки фреймів з ознакою *DE* = 0, мс | 10 | 160 | 160 | 160 | 160 | н/в |
| $FRTD_{max\ (EIR)}$ | Верхня межа щодо затримки фреймів з ознакою *DE*=1, мс | н/в | н/в | н/в | н/в | н/в | н/в |
| Мережо-орієнтовані параметри | | | | | | | |
| $IPLR_{max}$ | Верхня межа втрат пакетів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | н/в |
| $IPER_{max}$ | Верхня межа помилкових пакетів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | н/в |
| $Кг_{min}$ | Нижня межа коефіцієнту готовності | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | н/в |

Продовження таблиці 4.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *FR* $LR_{max}$ (*CIR*) | Верхня межа втрат фреймів з ознакою *DE* = 0, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | н/в |
| $FRER_{max}$ | Верхня межа помилкових фреймів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | н/в |
| Сервіс/мережо-незалежні параметри | | | | | | | |
| $MTTR_{max}$ | Верхня межа середнього часу відновлення працездатності, хвилин | 300 | 300 | 300 | 300 | 500 | н/в |

*Примітка 19. Позначка «н/в» означає «не визначено».*

*Примітка 20. Нормативні визначення параметрів* $IPTD_{max}$, $IPDV_{max}$, $IPLR_{max}$ *та* $IPER_{max}$ *узгоджені з рекомендаціями ITU-T Recommendation Y.1541.*

*Примітка 21. Значення параметру* $P_{IP}SA_{min}$ *визначається за тими ж умовами, що і при наданні транспортної IP послуги.*

*Примітка 22. Значення параметру* $RP_{max}$ *визначається умовами SLA.*

*Примітка 23. Значення параметру MTTR враховується, починаючи з моменту фіксації стану непрацездатності обладнання.*

*Примітка 24. Параметри Кг та MTTR визначаються для усього обладнання, що використовується для надання послуги.*

4.3.4 Умови, точки та порядок вимірювань

В процесі оцінювання параметрів якості транспортування пакетів необхідно дотримуватись загальних вимог щодо організації вимірювань. Крім того, під час вимірювань пікове навантаження граничного IP-маршрутизатора (маршрутизатора доступу *AR*), через котрий забезпечується доступ до IP-мережі, повинно не перевищувати 90%, а поточні значення параметру помилок $IPER_0$ цього маршрутизатору мають бути не більшими за $IPER_{max}$. Поточні значення параметру помилок $FRER_0$ граничного FR-комутатора мають бути не більшими за $FRER_{max}$.

*Примітка 25. Дані, що є необхідними для обчислення поточних значень цих параметрів, накопичуються у базах MIB контрольованого обладнання за допомогою механізмів протоколу SNMP. Параметр FRER0 обчислюється на основі спостереження за ознакою FCS у форматі фрейму.*

Методи та порядок вимірювань параметрів якості обслуговування, що використовуються під час надання послуги абонентського FR-доступу до транспортної мережі IP, є аналогічними тим, що раніш було розглянуто, а саме, контроль якості обслуговування виконується за шлейфовою схемою на мережевому рівні, тобто встановлюється режим періодичного тестування послідовностями ICMP-пакетів через

фіксовані інтервали часу. За допомогою штатних механізмів FR-обладнання в каналі абонентського доступу утворюється PVC-з'єднання між пристроєм FRAD та граничним FR-комутатором із гарантованою швидкістю передавання даних, що дорівнює CIR. Здійснюються активні вимірювання шляхом пінгування тестовими IP-пакетами через утворене PVC-з'єднання у прямому і зворотному напрямках передавання тестових даних. Однак в залежності від того, параметри якого рівня вимірюються – мережевого чи канального – використовуються різні пари точок вимірювань. Використовується шлейфова схема організації вимірювань за схемою включення, що відображена на рисунку 4.4.

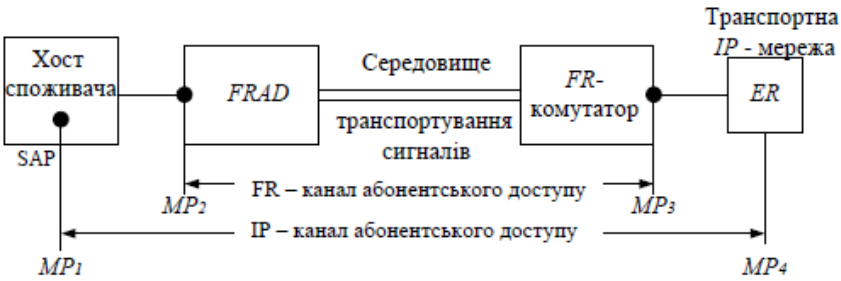


Рисунок 4.4 – Схема організації вимірювань параметрів послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання Frame Relay

На рисунку 4.4 показана точка доступу до послуги SAP та відповідні пари вимірювальних точок. Зокрема, підчас вимірювань на IP-рівні необхідно замкнути між собою пару вимірювальних точок $MP_4$ (за допомогою програмних засобів граничного IP-маршрутизатора або хоста, що до нього приєднаний) та здійснювати пінгування тестовими ICMP-пакетами через точку $MP_{egr1}$, що розташована на SAP термінального хоста. При цьому спостереження за кореспондованими тестовими ICMP-пакетами, що просуваються IP-каналом абонентського доступу у зворотному напрямку від граничного IP-маршрутизатора до SAP, здійснюється у точці $MP_{in1}$, що розташована на SAP термінального хоста. Таким чином, пінгування, вимірювання та обробка результатів вимірювань параметрів IP рівня здійснюється штатними програмними засобами термінального обладнання споживача, а логічне замикання точок $MP_4$ – штатними програмними засобами граничного IP-маршрутизатора (маршрутизатора доступу) або хоста, що до нього приєднаний.

Під час вимірювань параметрів канального рівня необхідно замкнути між собою пару вимірювальних точок $MP_3$, але на мережевому рівні (тобто, за допомогою програмних засобів спеціально виділеного хоста, що напряму без використання граничного IP-маршрутизатора приєднується до комутатора) та здійснювати пінгування тестовими ICMP-пакетами через точку $MP_{egr1}$, що розташована на SAP термінального хоста або через точку $MP_{egr2}$ за допомогою спеціально виділеного хоста (у випадку виникнення проблем з хостом споживача). При цьому спостереження за кореспондованими тестовими пакетами, що просуваються абонентським FR-каналом у зворотному напрямку від граничного FR-комутатора до FRAD, здійснюється у точці $MPin_2$, що створюється програмними засобами спеціально виділеного хоста.

*Примітка 26. На практиці існує можливість здійснювати вимірювання з боку граничного вузла IP-мережі. В цьому випадку замикання шлейфу робиться парою*

*точок $MP_1$, а пінгування та обробка результатів вимірювань виконується за допомогою програмних засобів граничного вузла.*

Параметри процесу тестування (тобто, структура тестового потоку ICMP-пакетів, періодичність звітування тощо) – згідно п. 4.1.4.

В процесі вимірювань мають виконуватися такі дві умови:

1) в кожен один тестовий фрейм необхідно упаковувати лише один пакет;

2) уся тестова послідовність ICMP-пакетів має упаковуватися у тестовий потік фреймів з ознакою *DE* = 0, тобто у потік CIR.

За цих умов поточні оцінки вимірювальних параметрів та норми на параметри якості обслуговування щодо потоків *FR* та *IP* співпадають. Це надає можливість виконати оцінювання параметрів послуги із транспортування потоків фреймів на відповідність нормам шляхом вимірювань та відповідних розрахунків параметрів мережевого рівня.

Розрахунок звітних значень параметра $FRTD_0$ здійснюється за результатами кожного сеансу вимірювань, параметрів $FRLR_{0(CIR)}$, $FRLR_{0(EIR)}$ – за результатами кожної серії сеансів вимірювань. Параметр $FRER_0$ розраховується на звітному проміжку, що дорівнює 1 добі.

4.3.5 Дії у разі виявлення невідповідності

В процесі надання послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання Frame Relay здійснюється постійний контроль поточного стану обслуговування на рівні IP. Такий контроль виконується шляхом відслідковування поточних оцінок параметра втрат пакетів $IPLR_0$. У процесі поточного контролю цього параметру може виявитись перевищення його нормативного значення IPLRmax. У цьому випадку необхідно переконатися в коректності роботи обладнання мережевого рівня (кінцевого хоста та граничного IP-маршрутизатора), наприклад шляхом відключення від нього канального FR-обладнання і пінгування тестовими пакетами по локальним шлейфам кінцевого хоста та граничного IP-маршрутизатора, що створюються як на ближньому, так і на віддаленому кінцях контрольованого PVC-з'єднання.

Плановий періодичний контроль параметрів якості надання послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання Frame Relay виконується шляхом відслідковування поточних оцінок усіх параметрів мережевого рівня (не тільки $IPLR_0$), які мають співпадати з оцінками параметрів канального рівня. У процесі планового контролю може виявитись перевищення будь-якого із нормованих значень параметрів. У цьому випадку необхідно переконатися в коректності роботи обладнання мережевого рівня.

*Примітка 27. Пошук шляхів вирішення проблем невідповідності на канальному рівні щодо контрольованого PVC-з'єднання має сенс лише для потоку тестових фреймів с ознакою DE = 0, швидкість котрого встановлюється на рівні CIR.*

*Примітка 28. Пінгування ICMP-пакетами в потоці фреймів з ознакою DE=1 (тобто, організація тестових EIR-потоків) здійснюється з метою оцінки ненормованого параметра $FRLR_{0\ (EIR)}$ в процесі визначення рівня завантаженості граничного FR-комутатора, через який здійснюється абонентський доступ.*

У разі виявлення перевищень нормованих значень мережо-орієнтованих параметрів розпочинають пошук проблем, пов'язаних із відмовами в роботі мережевого обладнання згідно з положеннями регламентуючої експлуатаційної документації на мережне обладнання, що використовується.

## 4.4 Вимірювання параметрів абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання xDSL

Структурна схема обладнання xDSL, параметри котрого мають бути охоплені контролем під час надання послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання xDSL, відображена на рисунку 4.5.

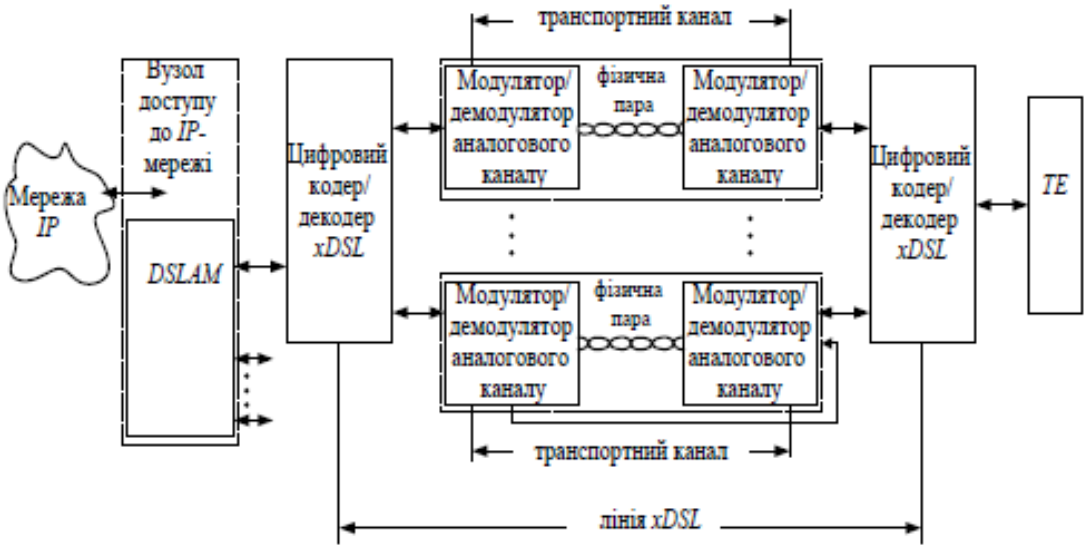


Рисунок 4.5 – Структурна схема абонентського доступу з використанням обладнання

Як бачимо, одна лінія зв'язку xDSL може включати у себе від одного до трьох аналогових транспортних каналів, тобто від одної до трьох пар фізичних проводів абонентських ліній телефонного зв'язку. На вузлі доступу до IP-мережі лінія xDSL приєднується до мультиплексора абонентського доступу xDSL, тобто до DSLAM (Digital Subscribe Access Multiplexor). Цей мультиплексор може бути конструктивно виконаний у вигляді окремого пристрою або входити до складу серверу абонентського доступу AS або до складу маршрутизатору абонентського доступу AR.

4.4.1 Параметри функціональності

Параметри функціональності щодо трафіка xDSL (це – параметри $RL_{AD}$, $RC_{AD}$, $RL_{AR}$, $RC_{AR}$). Зокрема, це бітова швидкість передавання даних:

– у дуплексній лінії xDSL – RL (Rate line);

– у дуплексному аналоговому транспортному каналі, який утворений на основі однієї із фізичних пар телефонних проводів, що прокладена між споживачем мережних послуг і вузлом електрозв'язку – RC (Rate channel).

Зрозуміло, що слід відрізняти параметри швидкості для лінії xDSL від параметрів швидкості для транспортного каналу, утвореного на базі однієї із телефонних пар.

$RL_{AD}$ – швидкість передавання даних у прямому напрямку передачі через абонентську лінію xDSL (тобто, від вузла зв'язку до покупця послуги), що вимірюється у біт/с (bps – bits per second).

$RC_{AD}$ – швидкість передавання даних у прямому напрямку передачі через транспортний канал xDSL, що вимірюється у біт/с.

4.4.2 Параметри якості транспортування фреймів xDSL

На параметри QoS та NP обладнання абонентського xDSL-доступу. Класифікатор параметрів якості обслуговування при наданні послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання xDSL, технічна та організаційна підтримка котрих має забезпечуватися операторами електрозв'язку, містить дві підмножини параметрів. Перша підмножина характеризує якість обслуговування на рівні використання обладнання IP. Визначення параметрів цієї підмножини надано у розділі 4.1.

4.4.3 Нормативи на параметри якості у розрізі класів обслуговування

Рекомендовані норми на показники якості обслуговування, що стосуються мережевого рівня (тобто, рівня IP) надання послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання xDSL, наведені у таблиці 4.7.

Експлуатаційні норми на параметри якості обслуговування канального рівня при наданні послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання xDSL наведені у таблиці 4.8.

Таблиця 4.7 – Нормативні значення показників якості обслуговування мережевого рівня при наданні послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання xDSL

| Параметри обладнання IP | Характеристика параметра | Клас 0 | Клас 1 | Клас 2 | Клас 3 | Клас 4 | Клас 5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| Сервіс-орієнтовані параметри | | | | | | | |
| $IPTD_{max}$ | Верхня межа щодо затримки пакетів, мс | 10 | 160 | 200 | 200 | 400 | н/в |
| $IPDV_{max}$ | Верхня межа щодо варіації затримки, мс | 10 | 10 | 60 | н/в | н/в | н/в |
| $P_{max}$ ($IPTD_{max}$) | Поріг ймовірності перевищення $IPTD_{max}$, безрозмірний | $1 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $1 \cdot 10^{-2}$ | $5 \cdot 10^{-2}$ | н/в | н/в |
| $P_{min}(IPDV_{max})$ | Поріг відсотка неперевищення $IPDV_{max}$, % (у відсотках) | 1,0 | 1,0 | н/в | н/в | н/в | н/в |
| $P_{IP}SA_{min}$ (*PIA*) | Нижня межа щодо відсотка часу доступності послуги, % (у відсотках) | 99 | 99 | 99 | 99 | н/в | н/в |

Продовження таблиці 4.7

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $T_{IP}U_{max}$ (*TIU*) | Верхня межа щодо годин недоступності послуги, годин на рік | 38 | 38 | 38 | 38 | н/в | н/в |
| Мережо-орієнтовані параметри | | | | | | | |
| $IPLR_{max}$ | Верхня межа втрат пакетів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | $1 \cdot 10^{-3}$ | н/в |
| $IPER_{max}$ | Верхня межа помилкових пакетів, безрозмірна | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | $1 \cdot 10^{-4}$ | н/в |
| $Кг_{min}$ | Нижня межа коефіцієнту готовності | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | 0,996 | н/в |
| Сервіс/мережо-незалежні параметри | | | | | | | |
| $MTTR_{max}$ | Верхня межа середнього часу відновлення працездатності, хвилин | 300 | 300 | 300 | 300 | 500 | н/в |

*Примітка 29. Позначка «н/в» означає «не визначено».*

*Примітка 30. Нормативні визначення параметрів $IPTD_{max}$, $IPDV_{max}$, $IPLR_{max}$ та $IPER_{max}$ узгоджені з рекомендаціями ITU-T Recommendation Y.1541.*

*Примітка 31. Значення параметру $P_{IP}SA_{min}$ визначається за тими ж умовами, що і при наданні транспортної IP -послуги.*

*Примітка 32. Значення параметру $RP_{max}$ визначається умовами SLA.*

*Примітка 33. Значення параметру $MTTR_{max}$ враховується, починаючи з моменту фіксації стану непрацездатності обладнання.*

Таблиця 4.8 – Експлуатаційні норми на параметри канального рівня при наданні послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання xDSL

| Довгострокові норми | | Оперативні норми | |
|---|---|---|---|
| ESR | SESR | ESR | SESR |
| 0,012 | 0,0002 | 0,006 | 0,0001 |

*Примітка 34. Із всієї множини параметрів xDSL канального рівня нормуються лише параметри ESR та SESR. Нагадаємо, що ES (errors seconds) – це проміжок часу (виміряний у секундах), впродовж котрого спостерігаються помилки усіх видів у каналі, котрий знаходиться у стані готовності. Тобто, ES – це кількість секунд з помилками, що виявлені серед усіх секунд готовності каналу AS. Секунди з помилками,*

*що виявлені у стані неготовності каналу UAS, не враховуються. ESR (errors seconds rate) – коефіцієнт помилок щодо секунд з помилками (безрозмірна величина) – це відносна кількість секунд з помилками ES щодо загальної кількості секунд у AS.*

*Примітка 35. Підрахунок ES та SES під час визначення ESR та SESR здійснюється тільки на інтервалах придатності лінії xDSL до користування, тобто секунди UAS не враховуються.*

*Примітка 36. У рекомендації G.821 надані норми щодо повного міжнародного ISDN-з'єднання: для ESR < 0,08 і для SESR< 0,002. У цій рекомендації надано також розподіл цих норм між трьома визначеними дільницями такого з'єднання. Для дільниці абонентського доступу визначені наступні норми: ESR < 0,012, SESR< 0,0002. Саме ці значення вибрані у якості норм для лінії xDSL, що використовується для абонентського доступу.*

*Примітка 37. Значення нормованих показників ESR та SESR для оперативних норм відповідно до рекомендації G.821 удвічі менші значень цих показників для довгострокових норм.*

4.4.4 Умови, точки та порядок вимірювань

Структурна схема організації вимірювань параметрів якості обслуговування при наданні послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання xDSL, відповідні точки доступу до послуги та пари вимірювальних точок відображені на рисунку 4.6.

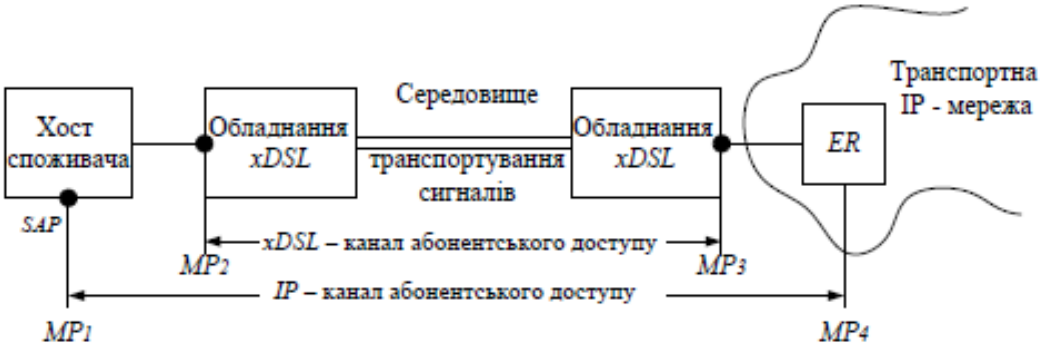


Рисунок 4.6 – Схема вимірювань параметрів послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання xDSL

Обладнання xDSL передбачає вимірювання лише параметрів ESR та SESR. Ці вимірювання здійснюються у реальному часі у фоновому режимі за схемою «точка – точка» без відключення корисного навантаження на лінію xDSL. Період одного сеансу вимірювань під час контролю – 15 хвилин.

4.4.5 Дії у разі виявлення невідповідності

В процесі надання послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання xDSL здійснюється постійний контроль поточного стану обслуговування на рівні IP. Такий контроль виконується шляхом відслідковування поточних оцінок параметра втрат пакетів $IPLR_0$. У процесі поточного контролю цього параметру може виявитись перевищення його нормативної межі IPLRmax. У цьому випадку необхідно переконатися в коректності роботи обладнання мережевого рівня, наприклад шляхом відключення від нього канального xDSL-обладнання і «пінгування» тестовими пакетами по локальному шлейфу, що створюється як на ближньому, так і на віддаленому кінцях абонентського каналу. Якщо проблем на рівні

протоколу IP (і вище) на локальних шлейфах не виявлено, необхідно розпочати пошук проблем в роботі xDSL-обладнання.

Плановий періодичний контроль параметрів якості надання послуги абонентського доступу до транспортної мережі IP з використанням обладнання xDSL виконується шляхом відслідковування поточних оцінок усіх параметрів мережевого рівня (усіх параметрів із табл. 4.7, не тільки $IPLR_0$) за умов, коли в кожен один тестовий фрейм xDSL упаковується лише один пакет IP. У процесі планового контролю може виявитись перевищення будь-якого із нормативних значень параметрів.

У разі виявлення перевищень нормативних значень мережо-орієнтованих параметрів на шлейфі, побудованому згідно рисунку 4.6 між парами вимірювальних точок $MP_1$ та $MP_4$, розпочинають пошук проблем, пов'язаних із відмовами в роботі мережевого обладнання згідно з положеннями регламентуючої експлуатаційної документації на мережне обладнання, що використовується. Від оперативного експлуатаційного контролю відповідності параметрів, що надані в табл. 4.7, переходять до системних вимірювань канального рівня (починаючи із вимірювань параметрів, що зазначені у таблиці 4.8).

*Примітка 38. У ряді випадків такі вимірювання потребують відключення корисного навантаження від проблемної лінії xDSL або проблемного транспортного каналу xDSL.*

## Питання для контролю

1. Що таке наскрізне з'єднання типу «точка – точка»?
2. Наведіть та поясніть схему організації вимірювань параметрів обладнання транспортної IP-мережі при наскрізному з'єднанні типу «точка –точка».
3. Що таке SAP (Service Access Point)?
4. Наведіть та поясніть схему організації вимірювань параметрів обладнання транспортної IP-мережі при наскрізному з'єднанні типу «споживач-споживач».
5. Надайте характеристики параметрам функціональності послуг із транспортування пакетів.
6. Надайте характеристики параметрам якості транспортування пакетів.
7. Які показники доступності транспортної послуги Ви знаєте?
8. Які показники доступності мережевого обладнання Ви знаєте?
9. Які показники експлуатаційної надійності Ви знаєте?
10. Що таке клас обслуговування?
11. Який існує порядок вимірювань параметрів наскрізних IP-з'єднань?
12. Яка має бути структура тестового потоку пакетів IP при вимірюваннях параметрів наскрізного IP-з'єднання?
13. Які дії має виконувати експлуатаційний персонал у разі виявлення невідповідності під час поточного контролю якості наскрізного з'єднання?
14. Наведіть та поясніть базову схему вимірювань для оцінювання параметрів абонентського IP-доступу до глобальної транспортної мережі.
15. Наведіть та поясніть схему організації вимірювань параметрів послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання Frame Relay.

16. Надайте характеристики параметрам послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання Frame Relay.

17. Які мають бути параметри процесу тестування під час вимірювань параметрів послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання Frame Relay?

18. Які дії має виконувати експлуатаційний персонал у разі виявлення невідповідності під час поточного контролю параметрів послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання Frame Relay?

19. Наведіть та поясніть схему організації вимірювань параметрів послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання xDSL.

20. Надайте характеристики параметрам послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання xDSL.

21. Які мають бути параметри процесу тестування під час вимірювань параметрів послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання xDSL?

22. Які дії має виконувати експлуатаційний персонал у разі виявлення невідповідності під час поточного контролю параметрів послуги абонентського доступу до транспортної IP-мережі з використанням обладнання xDSL?

## Література

1. A. Brian. Rust for Network Programming and Automation: Learn to Design and Automate Networks, Performance Optimization, and Packet Analysis with low-level Rust. Independently published, 2023. 211 p.

2. Song J., Wang Z., Niu Y. Protocol-Based Sliding Mode Control: 1D and 2D System Cases. CRC Press, 2023. 299 p.

# ТЕМА 5
# ОЦІНЮВАННЯ СТАНУ ОБЛАДНАННЯ. ВИРІШЕННЯ ПРОБЛЕМ НЕВІДПОВІДНОСТІ

## 5.1 Контроль відповідності параметрів обладнання

Визначення поняття «Контроль відповідності». Експлуатаційний персонал має здійснювати взаємо узгоджений комплекс організаційно-технічних заходів, що називається «контроль відповідності».

Контроль відповідності будемо розглядати як одну із основних груп потоків процесів експлуатації ТЛК-обладнання, змістом якого є визначення (оцінювання) ступеню узгодженості параметрів та характеристик стану елементів обладнання або технологічних процесів, які ними здійснюються, із унормованими значеннями цих параметрів та унормованими специфікаціями цих характеристик, що вказані:

– у ДСТУ або НД профільного міністерства (або державного комітету) у галузі електрозв'язку;

– у штатній або супроводжувальній технічній документації, яка містить вимоги до параметрів та характеристик стану елементів і фрагментів обладнання або технологічних процесів, що підлягають контролю, за умов, коли відповідних вимог щодо потрібних значень контрольованих параметрів або унормованих специфікацій характеристик об'єктів контролю у чинних НД України не існує;

– у міжнародних базових та функціональних стандартах і профілях впливових міжнародних організацій в галузі телекомунікацій, таких як МСЕ-Т (ITU-T), ISO, FR-форум, АТМ-форум тощо за умов, коли відповідних вказівок ні в НД України, ні в супроводжувальний та / або штатній технічній документації щодо контрольованих елементів чи технологічних процесів не існує.

З метою підвищення точності відображення правил експлуатації обладнання уточнимо поняття «параметр» та «характеристика». Поняття «параметр» будемо відносити до вимірюваних величин. Параметр може мати певний діапазон значень величин, що визначаються на кількісному рівні. Поняття «характеристика» будемо пов'язувати з певним елементом логічної структури об'єкту, що характеризується – технологічного процесу або телекомунікаційного протоколу. Характеристики об'єктів будемо відображати за допомогою специфікацій.

Мета організації процесів контролю відповідності – отримати відповіді на питання, чи знаходиться обладнання або певна частина цього обладнання у працездатному стані, чи у повній мірі ресурси обладнання використовуються для надання послуг клієнтам, чи функціонує воно відповідно до вимог документів, які регламентують потоки процесів технічної експлуатації (ТЕ), і чи здатне це обладнання до коректної взаємодії з іншими частинами телекомунікаційної системи.

Документи, які регламентують контроль відповідності:

1) технічні паспорти, формуляри та технічні умови на обладнання, що експлуатується;

2) дані паспортизації фізичних ліній, каналів зв'язку та трактів, що знаходяться у користуванні;

3) регламенти та інструкції з експлуатації обладнання;

4) комплекти штатної експлуатаційно-технічної документації;

5) документи на поставку іноземного обладнання;

6) внутрішньо корпоративні організаційно-технічні документи оператора електрозв'язку з питань експлуатації ТЛК-обладнання;

7) вітчизняні, міждержавні та міжнародні нормативні документи (НД) – ДСТУ, КНДУ, НД галузевого міністерства, міждержавні стандарти, міжнародні стандарти та рекомендації ISO, МСЕ-Т, ANSI, ETSI та ін., що стосується напрямку телекомунікацій та захисту інформації;

8) проектна документація на ТЛК-систему та її фрагменти.

Вимоги (норми) до специфікацій характеристик або значень параметрів, на відповідність котрим здійснюють контроль стану обладнання, будемо поділяти на:

– обов'язкові, що мають виконуватися без будь-яких виключень;

– умовні, що мають виконуватися при певних умовах, які визначені у відповідних специфікаціях контрольованих характеристик стану обладнання та режимів його функціонування;

– додаткові, що, можливо, і не нормуються у визначених документах, але контролюються експлуатаційним персоналом оператора електрозв'язку у рамках прийнятої ним політики ТЕ.

За функціональною ознакою вимоги (норми) підрозділяють на дві групи (згідно з рекомендаціями МСЕ-Т Х.290 – Х.296):

– вимоги відповідності за статикою (за цими вимогами здійснюється функціональний контроль обладнання);

– вимоги відповідності за динамікою (за цими вимогами здійснюється контроль взаємодії елементів обладнання).

Вимоги відповідності за статикою визначають сукупність припустимих функціональних характеристик елемента обладнання, який підлягає контролю. Цей контрольований елемент обладнання позначають як IUT – Implementation Under Test, в той час як усе контрольоване обладнання позначають як SUT – System Under Test. Вимоги відповідності за статикою являють собою мінімально припустимий набір контрольованих параметрів та специфікацій, який у змозі забезпечити процес функціонування обладнання. Наприклад, вимоги за статикою визначають мінімальний набір функцій певного протоколу, які мають бути перевірені шляхом його тестування в процесі аналізу коректності реалізації контрольованого протоколу на N-му та (N-1)-му рівнях семирівневої моделі OSI.

Вимоги відповідності за динамікою визначають сукупність припустимих режимів та процесів взаємодії елементів реальної системи, які підлягають контролю, і являють собою найбільш повний набір параметрів та характеристик контрольованихелементів, що повністю визначають процес їхнього коректного функціонування. Наприклад, вимоги за динамікою можуть задавати вичерпні специфікації телекомунікаційного протоколу – умови його використання, формат протокольного блоку даних (PDU), перехідні стани, правила встановлення з'єднань тощо.

Виходячи із вищезазначеного, можливо стверджувати, що відповідне обладнання SUT – це таке обладнання, яке задовольняє вимогам відповідності і за статикою і за динамікою для всієї визначеної сукупності IUT і протоколів їхньої взаємодії.

Показники відповідності для ТЛК-обладнання стосовно канального та мережевого рівнів моделі OSI у НД України наразі не нормовані. Тому деякі оператори електрозв'язку ці показники визначають окремо для кожної

телекомунікаційної технології, що ними використовується, шляхом конкретизації узагальнених мережних характеристик, які наведені у таблиці 5.1 у розрізі фаз встановлення / розривання з'єднань. Множина цих узагальнених характеристик структурована згідно із рекомендацією МСЕ-Т Х.140, а також із урахуванням положень, що визначені у рекомендаціях МСЕ-Т Е.430 та Е.800.

Таблиця 5.1 – Узагальнені мережні характеристики, що використовуються операторами електрозв'язку для визначення показників контролю відповідності

| Фази з'єднань: | Узагальнені мережні характеристики: | | |
|---|---|---|---|
| | характеристики швидкості | характеристики точності | характеристики гарантованості |
| фаза встановлення з'єднання | затримка в установленні з'єднання | ймовірність організації помилкового з'єднання | ймовірність відмови в установленні з'єднання |
| фаза передачі даних | 1) швидкість передачі даних;<br>2) затримка у доставці даних | 1) імовірність виникнення помилок в даних;<br>2) імовірність отримання зайвих даних;<br>3) імовірність не точного з'єднання | імовірність втрати даних |
| фаза розриву з'єднання | затримка у звільненні мережевого з'єднання | імовірність відмови у роз'єднанні | |

Шляхи реалізації контролю відповідності. Контроль відповідності здійснюється шляхом реалізації наперед визначених комбінацій процедур вимірювань, аналізу, тестування та моніторингу об'єктів контролю. Конкретне визначення цих процедур у процесах контролю стану ТЛК-обладнання має міститися у відповідних документах – інструкціях, методиках та / або регламентах ТО елементів та фрагментів обладнання. Ці документи у сукупності становлять внутрішньо корпоративну базу нормативно-технічної документації (НТД), що регламентує процеси ТЕ оператора електрозв'язку.

Методи та умови проведення контролю відповідності обладнання мають враховувати:

– можливий гетерогенний (неоднорідний) характер мереж, де використовується ТЛК-обладнання, тобто той факт, що мережне обладнання може функціонувати із використанням не одного, а кількох стеків телекомунікаційних протоколів, які, в свою чергу, реалізують багаторівневі моделі взаємодії мережних елементів, як правило, за ідеологією відкритих інформаційних систем;

– можливий нерегулярний характер топологічної схеми розташування вузлів ТЛК-мережі та характеристик потоків інформації як від абонентів, так і за напрямками встановлених з'єднань;

– можливий мультисервісний характер надання послуг з використанням ресурсів ТЛК-обладнання;

– можливість використання обладнання різних постачальників, котрі, зокрема, не у повній мірі додержуються стандартів та рекомендацій впливових міжнародних організацій у сфері телекомунікацій, тим більш національних стандартів України.

Кадрове забезпечення контролю відповідності. Контроль відповідності здійснюється з урахуванням існуючої ієрархічної структури кадрового забезпечення експлуатаційних робіт, а також функціональної структури вузлів мереж та каналів передачі даних. Якщо реалізована схема централізованого керування ТЛК-мережею, то контроль відповідності здійснюється адміністраторами вузла централізованого керування. У випадку децентралізованого керування контроль відповідності виконується силами персоналу вузлів ТЛК-мережі.

За ступенем автоматизації розрізняють наступні можливі режими виконання контролю:

– ручний, що здійснюється тільки безпосередньо технічним персоналом;

– автоматизований за умов часткової участі персоналу;

– автоматичний, повністю без участі персоналу.

В залежності від режимів роботи обладнання контроль виконується:

– без зупинки в наданні послуг користувачам (у так званому фоновому режимі контролю);

– з частковими обмеженнями в обслуговуванні користувачів;

– з перервами у наданні послуг.

За часовою координатою розрізняють і використовують на практиці наступні види контролю:

– поточний безперервний (у фоновому режимі);

– планово-періодичний;

– позачерговий.

Поточний профілактичний контроль здійснюється персоналом регулярно без зупинок в наданні послуг користувачам шляхом відтворення постійно активізованих процедур контролю на фоні роботи обладнання за основним призначенням і за умов, коли контрольоване обладнання виконує свої функції нормально і відсутні будь-які ознаки змін у його стані

Планово-періодичний контроль виконується персоналом згідно із затвердженими графіками проведення експлуатаційних робіт відповідно до вимог документів, що регламентують процеси ТО контрольованого обладнання.

Позачерговий контроль проводиться персоналом у разі виникнення проблем у процесі експлуатації контрольованого обладнання (під час переконфігурування цього обладнання), проведення позачергових перевірок стану обладнання з ініціативи керівництва оператора електрозв’язку або уповноважених органів, отримання обґрунтованих заявок-прохань з боку користувачів на виконання позачергового контролю.

При цьому слід зауважити, що ми не розглядаємо процедури здійснення інсталяційного контролю, який проводиться під час первісного налагоджування обладнання мереж або в період приймально-здавальних випробувань. Правила виконання інсталяційного контролю не регламентується експлуатаційними документами. А стресовий контроль на стадії експлуатації ТЛК-обладнання, зазвичай, не проводиться.

Вибір співвідношення вищезазначених видів контролю в конкретних умовах експлуатації ТЛК-обладнання залежить від багатьох чинників (зокрема, від

характеристик обладнання, топології мережі, набору надаваних послуг, рівнів попиту на ці послуги тощо). Зазвичай це співвідношення визначається виходячи із прагнень мінімізувати вартість ТЕ, забезпечивши при цьому необхідні номенклатуру та рівень якості надаваних користувачам телекомунікаційних послуг. У будь-яких випадках персонал повинен забезпечити можливість контролю стану обладнання вузлів та міжвузлових з'єднань усіх рівнів ієрархічної структури ТЛК-мереж, усіх типів абонентського доступу до магістральних мереж та Інтернет, а також контролю наскрізних характеристик обладнання мереж.

Вимоги до організації контролю відповідності. Контроль відповідності має бути організованим таким чином, щоб забезпечувати:

– повторюваність результатів контролю, тобто результат будь-якої процедури контролю в однакових умовах його проведення має бути незмінним незалежно від часу виконання цієї процедури;

– зіставимість (порівнювальність) результатів контролю незалежно від того, хто саме його здійснює – персонал оператора електрозв'язку, постачальника обладнання або незалежної організації, що здійснює сертифікацію (для забезпечення зіставимості необхідно, щоб існували однозначно визначені специфікації процедур контролю);

– доступність процедур та результатів контролю, тобто достатня ступінь деталізації задокументованої інформації щодо характеристик використання процедур контролю і результатів контролю (інформації про всі вхідні / вихідні дані контролю, виниклі тестові події).

Умови здійснення процедур контролю (кліматичні, метрологічні, енергозабезпечення, безпеки тощо) мають відповідати наведеним у діючій експлуатаційно-технічній документації на штатне ТЛК-обладнання. Під діючою експлуатаційно-технічною документацією розуміють таку, що відповідним чином кодифікована, ідентифікована, зареєстрована і включена до множини об'єктів конфігураційного контролю середовища експлуатації ТЛК-системи.

Аналіз результатів контролю відповідності, як правило, здійснюється в наступних випадках:

– в період експлуатації ТЛК-обладнання за призначенням згідно із затвердженими графіками виконання експлуатаційних робіт відповідно до вимог документів, які регламентують експлуатаційні процеси у розрізі видів вузлів мереж та типів обладнання, яке на цих вузлах використовується;

– після проведення ремонту обладнання або профілактичних заходів ТО;

– під час планових або позачергових перевірок стану обладнання;

– при введенні (запуску) нового або модернізованого елемента або фрагмента ТЛК-системи в експлуатацію;

– за заявами користувачів.

За ступенем глибини (ретельності) здійснення контролю процеси контролю відповідності підрозділяють на:

1) поточний профілактичний контроль (визначення котрого надано вище);

2) тестування відповідності, яке виконується персоналом шляхом активізації на контрольованому обладнанні спеціалізованих програмних тестових засобів, що входять до комплекту поставок цього контрольованого обладнання;

3) аналіз протоколів, яке виконується персоналом за допомогою програмно-апаратних інструментальних засобів, що не входять до комплектів поставок

контрольованого обладнання (головним чином, із використанням спеціальних пристроїв, що називають аналізаторами протоколів).

### 5.2 Поточний профілактичний контроль

Процес функціонування ТЛК-обладнання має знаходитися під постійним контролем експлуатаційного персоналу. Якщо контрольоване обладнання виконує свої функції нормально і відсутні зовнішні ознаки негативних змін у його стані, то під час поточного контролю достатньо обмежитися пасивним спостереженням у реальному часі за ходою функціонування обладнання шляхом аналізу інтегральних показників такого функціонування, які, як правило, відображаються на системних консолях центрів керування вузлами та / або фрагментів мереж.

Сучасні системи управління та контролю у ТЛК-системах побудовані на основі схеми “агент/менеджер” з використанням для агрегації отриманих даних механізмів експертних систем і дозволяють забезпечити досить високу ступінь глибини контролю в автоматичному режимі роботи обладнання. Вбудовані засоби контролю на фоні роботи обладнання за основним призначенням здійснюють збір та первинну обробку необхідних даних для оцінки працездатності контрольованого обладнання, транспортування цієї інформації до центрів її структуризації та агрегації, інтелектуальну її обробку з метою виявлення невідповідностей в роботі задіяних телекомунікаційних протоколів та генерації тривожних сигналів. Зрозуміло, що правила прийняття рішень, які реалізуються автоматичними засобами контролю, є формалізованими. Вони не враховують тонку структуру умов виникнення невідповідностей в роботі обладнання і тому поступаються за глибиною аналізу тестуванню відповідності або аналізу за допомогою аналізаторів протоколів. Тому в процесі поточного контролю існує необхідність в постійному експрес-аналізі поточного стану обладнання з боку експлуатаційного персоналу. Такий експрес-аналіз виконується на основі інтегральних характеристик функціонування обладнання, які надаються персоналу засобами вбудованого контролю.

Поточний профілактичний контроль – це, як правило, пасивний контроль, який виконується у фоновому режимі шляхом спостерігання за ходою функціонування обладнання без здійснення будь-яких змін в його структурі (тобто, без проведення переключень, перекомутацій, переконфігурацій, змін у режимах роботи, генерації додаткових сигналів).

Поточний контроль здійснюється штатними засобами контролю, які, як правило, інстальовані у складі штатних підсистем керування контрольованим обладнанням та / або у складі централізованих систем керування мережами. Поточний контроль забезпечує базовий (найменший) рівень глибини контролю і потребує найменшу кількість ресурсів для його здійснення. В процесі поточного контролю проводиться спостереження за відносно невеликою кількістю контрольованих параметрів та характеристик обладнання, які, як правило, мають інтегрований (узагальнюючий) характер.

### 5.3 Тестування відповідності

Більш високу ступінь глибини контролю (у порівнянні із поточним контролем) забезпечує так зване тестування відповідності. В процесі тестування відповідності

використовується тільки штатне обладнання і штатні (головним чином, стандартизовані) тестові засоби, які відповідним чином зафіксовані у документах, що відображають комплекти поставок контрольованого обладнання. Тестування відповідності засновано на використанні активних методів контролю і забезпечує достатню для цілей експлуатації глибину контролю, але за умов, коли програмно-апаратні засоби здійснення тестування правильно інстальовані і знаходяться у працездатному стані, а самі тести є коректними і вичерпними.

Тестування відповідності розглядається як один із методів контролю стану обладнання і, головним чином, полягає в тестуванні відповідних протоколів канального рівня і вище. Реалізуються процедури активного контролю, коли в процесі тестування протоколів використовуються зовнішні впливи із наперед визначеними характеристиками.

В залежності від ступеню (глибини) контролю передбачають використання процедур тестування наступних чотирьох типів:

1) тестування характеристик (функціональне тестування) контрольованого елемента обладнання (IUT), коли перевіряється ствердження, що функціональні характеристики IUT задовольняють вимогам відповідності за статикою, які заявлені у спеціальному документі із нормуючими специфікаціями, що має назву «звіт відповідності виконання протоколу» (PICS);

*Примітка 1. Технологія тестування із використанням бланку PICS визначена рекомендаціями MCE-T CCITT X.290-X.296.*

2) базове тестування взаємодії контрольованого елемента обладнання (IUT), котре забезпечує доказ відповідності (IUT) у разі відсутності доказів протилежних стверджень;

3) тестування поведінки (тобто, більш глибоке тестування взаємодії), котре забезпечує вичерпне тестування в межах характеристик IUT у розрізі вимог тестування за динамікою;

4) оцінка порогу визначеності, котра дозволяє визначити стан контрольованого елемента обладнання відносно певних вимог відповідності, що є специфічними для конкретних, як правило, не стандартизованих реалізацій протоколів.

Політика ТЕ оператора електрозв’язку має передбачати постійне у часі циклічне базове тестування взаємодії всіх основних елементів обладнання ТЛК-системи на фоні його роботи за основним призначенням з метою підтвердження достатньої відповідності за умов, коли обладнання працює нормально і відсутні будь-які ознаки можливості змін у стані. Базове тестування здійснюється за допомогою так званих базових тестів взаємодії (BIT). BIT не використовуються для знаходження причин ушкоджень в обладнанні в процесі його діагностики або ремонту.

У випадках, коли в рамках аналізу коректності реалізації певного телекомунікаційного протоколу необхідно виконати повну перевірку узгодженості між реальними функціональними характеристиками IUT і тими нормованими характеристиками, що внесені в бланк PICS, експлуатаційний персонал має здійснювати тестування на відповідність вимогам за статикою усіх функціональних характеристик IUT, які відображені у PICS. Процедури тестування функціональних характеристик основних елементів сучасного ТЛК-обладнання, здебільшого, є стандартизованими. Для них визначені стандартизовані абстрактні тестові послідовності (ATS).

У випадках, коли необхідно виконати перевірку узгодженості у всьому діапазоні вимог відповідності за динамікою, здійснюють тестування так званої поведінки IUT, специфікації котрої відображені у PICS. Процедури тестування поведінки основних елементів сучасного ТЛК-обладнання також, здебільшого, є стандартизованими. Для них визначені стандартизовані ATS, а також так звані тести дійсної поведінки IUT, тобто стандартні реакції IUT у відповідь на дійсну і недійсну поведінку засобу тестування.

Функціональне тестування та тестування поведінки можуть виконуватись сумісно або у вигляді окремих груп тестів, але вони не можуть застосовуватися для вирішення виникаючих проблем, коли інші тести вказують на можливу невідповідність, навіть якщо результати тестування характеристик або поведінки виявились задовільними.

Експлуатаційний персонал має здійснювати функціональне тестування та тестування поведінки у випадках, що передбачені у попередньому підрозділі.

У випадках, коли стандартизовані процедури абстрактного тестування не у повній мірі охоплюють усі аспекти функціонування якогось IUT, експлуатаційний персонал має здійснювати оцінку порога визначеності цього IUT, тобто запускати на виконання залежні від структури SUT нестандартизовані тести, які мають доповнювати стандартизовані тести, що використовуються в процесі оцінки відповідності. При цьому методи тестування вибираються таким чином, щоб забезпечувалась можливість тестування тих аспектів оцінюваного IUT (зокрема, протоколу), які неможливо перевірити за допомогою стандартизованих ATS.

Оцінка порогу визначеності здійснюється для:

1) реалізації стандартизованих цілей тестування, коли через неможливість перевірки вимоги відповідності або обмеженість вибраного методу тестування задіяні процедури тестування не можуть бути включені в стандартизовану ATS;

2) отримання відповіді типу «так/ні» в чітко визначеній ситуації;

3) дослідження проблем, що виникають в процесі виконання стандартизованої ATS.

Але в будь-яких випадках отримана оцінка порогу визначеності не може бути використана в якості висновку про повну відповідність результатів тестування.

Процедура тестування IUT на відповідність вимогам нормуючих специфікацій здійснюється за схемою, що відображена на рис.10.1. Ця процедура реалізується головним чином під час планово-періодичного або позачергового контролю і полягає у послідовному виконанні наступних трьох етапів її здійснення:

1) підготовка до тестування;

2) проведення тестування;

3) підготовка звітів із результатами тестування.

В процесі підготовки до тестування необхідно:

– вибрати із множини можливих IUT, які моделюють SUT, для визначеного телекомунікаційного протоколу той елемент контрольованого обладнання, що має бути охоплений тестуванням у даному акті тестування;

– вибрати із множини штатних PICS або створити новий PICS шляхом формулювання відповідей на перелік питань, що відображені у стандартизованому бланку PICS (бланк PICS являє собою набір питань у формі запитувача або таблиці, пов’язаних із можливостями протоколу, які сформульовані у вигляді вимог відповідності за статикою та динамікою);

– виходячи із специфікацій вибраного PICS вибрати конкретний тест з метою подальшого його запуску в даному акті тестування (що фактично означає вибір методу абстрактного тестування та стандартизованої ATS);

– підготувати обладнання (тобто, SUT) та інструментальні засоби (як програмні, так і, можливо, апаратні) для тестування.

Щоб протестувати процес виконання телекомунікаційного протоколу з урахуванням специфічних особливостей функціонування ТЛК-системи в умовах діяльності оператора електрозв'язку, потрібна інформація щодо IUT та середовища тестування як додаток до інформації, яка відображена у PICS (рис. 5.1).

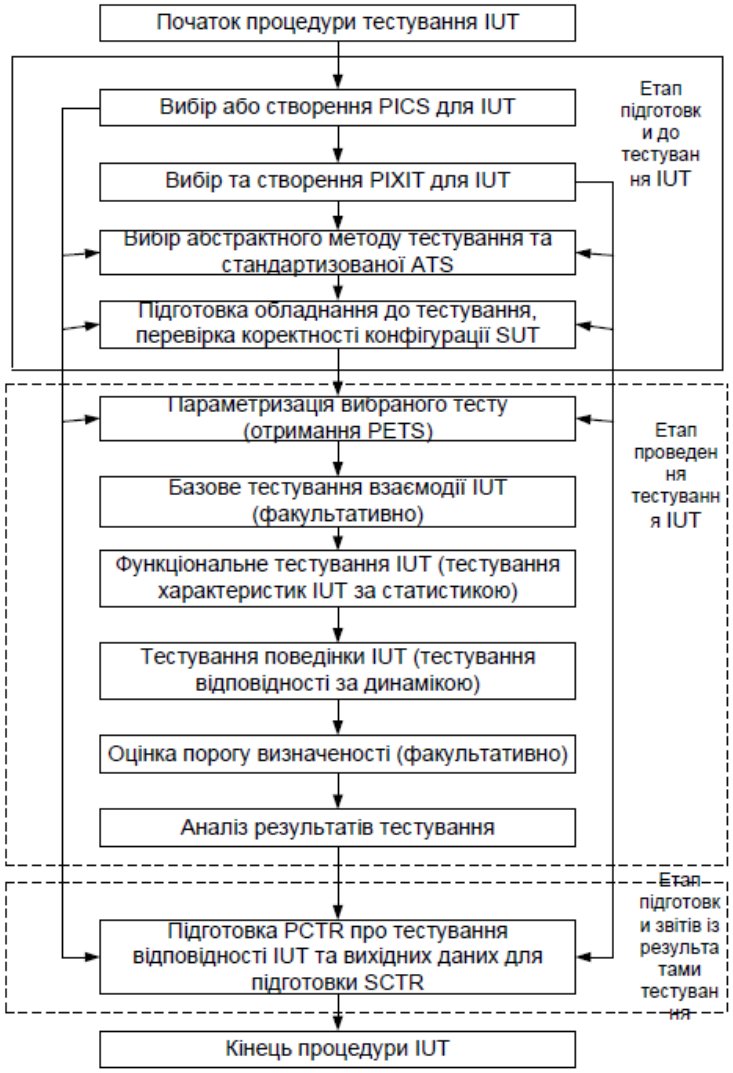


Рисунок 5.1 – Процедура тестування IUT на відповідність вимогам нормуючих специфікацій

Ця додаткова інформація вноситься у бланк PIXIT, який після заповнення має містити інструкцію:

– котра уточнює дані , що відображені у PICS (наприклад, PIXIT може вказувати на конкретні значення певного параметра, діапазон значень якого заданий у PICS);

– котрі із характеристик, що заявлені у PICS, мають бути перевірені, а котрі – ні;

– про обладнання, що має бути охоплене тестуванням (наприклад, адресна інформація, інформація про засоби тестування верхнього рівня);

– необхідну для ідентифікації IUT, посилання на інші суміжні PICS тощо.

PIXIT повинна не суперечити PICS. Для кожної ATS має існувати лише один PIXIT. Процес підготовки обладнання до тестування полягає, головним чином, у перевірці конфігурації обладнання, яке має дозволяти обмін протоколами між SUT і системою тестування.

В процесі проведення тестування послідовно виконуються наступні роботи:

1) параметризація вибраного тесту на основі вибраних або створених PICS та PIXIT, тобто отримання послідовності тестування з конкретно визначеними параметрами, яка називається PETS;

2) здійснення базового тестування взаємодії (в разі потреби);

3) здійснення функціонального тестування з метою визначення відповідності за статикою;

4) здійснення тестування поведінки з метою визначення відповідності за динамікою;

5) оцінка порогу визначеності (в разі потреби);

6) аналіз результатів тестування.

Процес тестування являє собою процес виконання PETS із фіксацією результатів проходження процедури тестування в документі, що має назву «паспорт відповідності». Процес тестування може мати циклічний характер, тобто повторюватися (де)кілька разів.

Результат тестування являє собою відображення послідовності подій, які мали місце в період виконання процедури тестування, і містить у собі всі вхідні і вихідні дані в точках управління та спостереження за IUT. Результат тестування може співпадати або відрізнятися від очікуваного, тобто події, що мали місце під час здійснення процедури тестування, можуть співпадати або не співпадати із подіями, визначеними у процедурі абстрактного тестування для реалізованої тестової послідовності.

Висновок щодо результату тестування може бути такий – «пройшов», «не пройшов» або «непереконливо».

«Пройшов» означає, що отриманий результат у даному циклі тестування IUT співпадає з очікуваним і, отже, відповідає вимогам відповідності.

«Не пройшов» означає, що отриманий результат у даному циклі тестування IUT або не відповідає вимогам відповідності (хоча б стосовно однієї вимоги), або містить хоча б одну недійсну подію відносно подій, які визначено в ATS, тобто містить неочікуваний результат тестування.

«Непереконливо» означає, що отриманий результат у даному циклі тестування IUT не дає можливість зробити ні один із двох вищезазначених висновків. В такій ситуації прийнято робити висновок, що отриманий результат відповідає вимогам відповідності.

Неочікуваний результат тестування, здебільшого, у вигляді помилки контрольного завдання фіксується у паспорті відповідності. Помилки можуть бути виявлені як у самій процедурі абстрактного тестування, так і в процедурі її параметризованої реалізації (тобто, після її прив’язки до конкретних умов застосування). У паспорті відповідності фіксується також можливе аномальне закінчення контрольного завдання, коли виконання процедури тестування передчасно зупинено внаслідок подій, які неможливо ідентифікувати як помилки контрольного завдання.

Звіт із результатами тестування має назву «звіт про тестування відповідності протоколу» (PCTR) або «звіт про тестування відповідності IUT».

У PCTR документуються усі результати задіяних процедур тестування IUT, дається посилання на паспорт відповідності, що містить отримані результати тестування, а також на всі інші документи, які були пов'язані з процесом тестування – PICS, PIXIT, нормативну та експлуатаційну документацію.

PCTR підготовлюється для кожного протестованого IUT, які у сукупності відображають SUT. Ці PCTR є основою для підготовки узагальнюючого звіту про тестування SUT, який має мнемонічну назву SCTR.

Процедура тестування всього контрольованого обладнання (тобто, SUT) – це є послідовне виконання процедур тестування тих IUT, які у сукупності моделюють цю SUT.

Після здійснення процедури тестування SUT оформлюється SCTR , який являє собою документ із стислим оглядом результатів контролю відповідності SUT, в якому мають бути перераховані всі PICS та PIXIT, що були задіяні у даній процедурі.

### 5.4 Аналіз телекомунікаційних протоколів

Аналіз протоколів з використанням аналізаторів протоколів в принципі забезпечує таку ж ступінь глибини контролю відповідності, як і тестування відповідності, і здійснюється у тих випадках, коли є сумніви щодо коректності або вичерпності тестового забезпечення або працездатності штатних програмно-апаратних засобів здійснення тестування. Якщо аналіз певного протоколу за допомогою аналізатора протоколу засвідчує коректність його відтворення засобами контрольованого обладнання, а результати тестування відповідності цього протоколу дають протилежний результат, то це вказує на некоректність тестового забезпечення або програмно-апаратних засобів здійснення тестування. Аналізатори протоколів використовуються також для пасивного спостереження за трафіком та сигнальним обміном у точках їхнього підключення до елементів ТЛК-обладнання. Однак найбільш доцільною сферою використання процедур аналізу телекомунікаційних протоколів вважається пошук та локалізація проблем в експлуатації ТЛК-обладнання, особливо в задачах виявлення та усунення логічних конфліктів в роботі його програмного забезпечення (ПЗ).

ТЛК-протоколи бувають різні. Серед найбільш розповсюджених слід відзначити так звані транспортні протоколи, що призначені для передавання користувацької інформації на різних рівнях моделі взаємодії інформаційних систем (маються на увазі транспортні протоколи фізичного, канального, мережевого, сеансового і більш вищих рівнів – відповідно до семирівневої моделі OSI ISO), а також протоколи сигналізації, що, головним чином, забезпечують процедури встановлення / розривання сеансів зв'язку між користувачами ТЛК-систем або підтримують надання замовлених абонентами послуг під час встановлених сеансів зв'язку. В мережах IP знайшли широке використання протоколи маршрутизації, в мережах та окремих каналах керування – протоколи керування, у підсистемах захисту інформації – протоколи шифрування. Проте усі ТЛК-протоколи з точки зору вибору методології їхнього аналізу мають багато спільних рис.

Об'єктом вивчення під час аналізу протоколу є його траса. Як правило, до певним чином обраної точки аналізу на одному із інтерфейсів ТЛК-обладнання

підключається аналізатор протоколу, що здатний із усієї суміші сигналів та / або повідомлень, що проходять через обрану точку аналізу, відфільтрувати та зареєструвати саме ті сигнали та повідомлення, котрі складають трасу досліджуваного протоколу. Тобто, траса являє собою послідовний запис сигналів та / або повідомлень протоколу, що проходять через певним чином обрану точку аналізу.

*Примітка 2. Зрозуміло, що у багатьох випадках через ту ж саму точку аналізу можуть проходити повідомлення, які відносяться до різних телекомунікаційних протоколів. Щоб зафіксувати повідомлення якогось одного протоколу, необхідно до обраної точки аналізу підключити аналізатор, який має бути налагоджений на аналіз саме того протоколу, що являє у даний момент експлуатаційний інтерес. Існують універсальні багатопротокольні аналізатори, котрі можуть бути налаштовані на аналіз будь-якого протоколу із тієї множини протоколів, яку вони здатні проаналізувати.*

Не завжди усі сигнали та повідомлення досліджуваного протоколу під час вирішення конкретного завдання на конкретному проміжку часу являють експлуатаційний інтерес. Як правило, перед початком аналізу протоколу експлуатаційний персонал вже має певні передбачення щодо характеру виниклої проблеми. Тому із всієї множини сигналів та повідомлень протоколу, що з'являються у точці аналізу, за допомогою засобів фільтрації та декодування відбираються, декодуються та фіксуються на аналізаторі саме ті інформаційні елементи протоколу, що являють у даний момент експлуатаційний інтерес.

За ступенем деталізації інформації, що надається для аналізу протоколу, розрізняють прості та деталізовані траси.

Проста траса – це запис послідовності основних повідомлень досліджуваного протоколу із вказівкою часових моментів їх фіксації в аналізаторі. Проста траса не містить супутньої (допоміжної) інформації, яка б деталізувала опис процесу обміну даними, що здійснюється у рамках цього протоколу.

Деталізована траса – це послідовний запис не тільки основних повідомлень протоколу, але і більш-менш детальний опис усіх інформаційних полів та інформаційних елементів цих повідомлень.

На практиці широко використовуються як прості, так і деталізовані траси сигналізаційних протоколів, зокрема їхні комбінації. Наприклад, спочатку будують просту трасу, для того щоб визначити, чи взагалі був логічний конфлікт під час обміну сигналами досліджуваного протоколу. Для цього спочатку задаються певним проміжком часу, у рамках якого передбачається можливість виникнення логічного конфлікту. І саме на цьому часовому проміжку будують просту трасу, аналізуючи яку, намагаються: або виявити логічний конфлікт в структурі протокольного обміну даними, або виявити характер виниклої проблеми, або знайти у потоці повідомлень, що проходять через досліджувану точку аналізу, саме те повідомлення, яке являє експлуатаційний інтерес. Потім за результатами аналізу простої траси будують ту або іншу деталізовану трасу, за допомогою якої намагаються не тільки виявити характер проблеми, але і знайти місце та причини її виникнення.

Таким чином, локалізація точки логічного конфлікту пов'язана із визначенням зони траси, де ймовірно перебувають дані, що надають можливість визначити причину конфлікту. Для пошуку цієї зони використовується проста траса. Далі, після того, як більш-менш вузька ділянка простої траси, що представляє інтерес, визначена, доцільно саме для цієї вузької часової ділянки побудувати трасу проміжної або, навіть,

повної деталізації. Дані більш деталізованих трас, що отримані на відносно вузькому проміжку часу, можуть надати більш повне уявлення про причину виникнення логічного конфлікту, ніж дані простої траси. Проте навіть на обраній вузькій зоні проміжної або деталізованої траси може міститися достатньо великий обсяг надлишкових даних, що заважає усуненню проблемної ситуації. Тому для відокремлення корисної інформації від надлишкової під час аналізу деталізованої траси реалізують процедуру фільтрації – відсіювання повідомлень тих протоколів, інформаційних полів та інформаційних елементів, котрі не мають відношення до виниклої проблеми. Фільтрація може здійснюватися за різними ознаками – за рівнями протоколів (канальний рівень протоколів, мережний), за конкретними видами протоколів у рамках обраного рівню протоколів (наприклад, у рамках мережних протоколів TCP / IP відфільтровуються повідомлення конкретного протоколу із множини IP, TCP, ARP, ICMP, UDP, RARP), за видами повідомлень або інформаційних елементів у рамках досліджуваного протоколу, за окремими параметрами цих елементів тощо. У будь-якому разі застосування фільтрів до деталізованих трас дозволяє зменшити обсяги наданої для аналізу інформації та отримати так звані траси проміжної деталізації, які за умови коректного їхнього використання є найбільш зручними для вирішення експлуатаційних завдань.

Існують бінарні деталізовані траси, що забезпечують максимальну (побітову) деталізацію відображення процесу реалізації протоколу, та інтерпретаційні траси, що відображають лише частину інформації щодо протокольного процесу, але найбільш важливу в конкретних умовах його функціонування.

Типова схема пошуку точки та причини виникнення логічного конфлікту у класичній мережі передачі даних (МПД) показана на рисунку 5.2. Як бачимо на рис. 5.2, спочатку на простій трасі, що побудована на достатньо широкому часовому інтервалі, шукають точку виникнення логічного конфлікту. Зрозуміло, що для цього потрібен певний рівень базових знань щодо структури протоколів, що входять до складу реалізованого в МПД стеку ТЛК-протоколів, та певні практичні навички користування задіяним аналізатором протоколів.

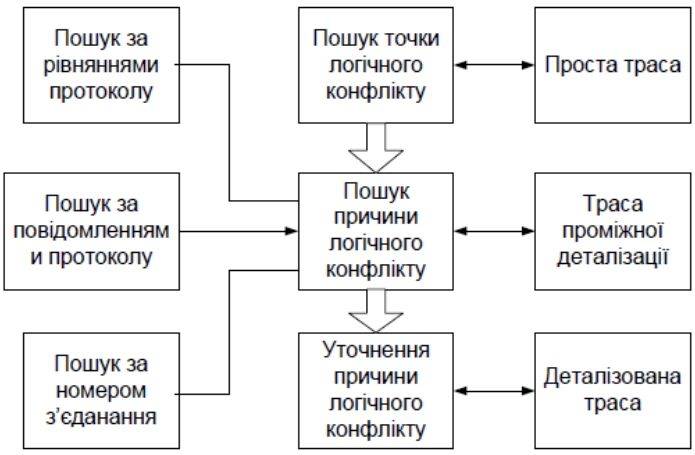


Рисунок 5.2 – Порядок вирішення проблеми, що пов'язана із можливим виникненням логічного конфлікту в роботі ТЛК-обладнання

Після того, як така точка на простій трасі буде знайдена, будують інтерпретаційну трасу проміжної деталізації, що охоплює вузький часовий інтервал

роботи мережі в зоні точки виникнення конфлікту. Шляхом поетапного фільтрування даних траси проміжної деталізації відбирають найбільш інформативні дані, на основі аналізу котрих висувають гіпотезу (припущення) щодо можливої причини виникнення логічного конфлікту. Зрозуміло, що для цього потрібні глибокі знання протоколів, щодо яких висувається гіпотеза. Насамкінець, для підтвердження (або спростування) висунутої гіпотези у точці логічного конфлікту будується деталізована траса, у рамках якої декодується уся необхідна для цього інформація. Розрізняють пасивні та активні методи аналізу протоколів. Пасивний метод аналізу протоколу зазвичай зводиться до пасивного моніторингу повідомлень досліджуваного протоколу у заздалегідь обраній точці спостереження на одному із інтерфейсів ТЛК-обладнання без будь-якого активного втручання в роботу цього обладнання. Для цього використовується так званий пасивний аналізатор протоколу, у складі котрого відсутні будь-які імітатори сигналів протоколу (пасивний аналізатор здатний лише перехоплювати сигнали та повідомлення досліджуваного протоколу з наступним їхнім декодуванням). Зазвичай пасивний аналізатор включають послідовно у розрив ланцюгів інтерфейсу (у точці спостереження), наприклад у розрив між пристроями DTE та DCE так, щоб усі потоки інформації цього інтерфейсу безпосередньо проходили через пасивний аналізатор. Інший спосіб включення пасивного аналізатора передбачає застосування так званого Y-кабелю, що забезпечує високоомне паралельне підключення аналізатора до точки спостереження без порушень прямих з’єднань ланцюгів інтерфейсу. У цьому випадку впливом пасивного аналізатора на процес обміну сигналами через досліджуваний інтерфейс можливо знехтувати. Зрозуміло, що пасивні методи аналізу протоколів лише фіксують реальну картину обміну повідомленнями досліджуваного протоколу в обраній точці спостереження. Вони не дають змоги змоделювати ситуацію в точці аналізу, яка б дозволила створити умови (наприклад, шляхом імітації роботи тих чи інших елементів обладнання) для більш чіткого прояву наслідків ймовірної проблеми і, отже, для більш швидкої локалізації цієї проблеми або виявлення причин її виникнення. Більш ефективними у цьому плані слід вважати активні методи аналізу протоколів.

Активний метод аналізу протокола передбачає активне втручання аналізатора в роботу ТЛК-обладнання, зокрема шляхом заміщення сумнівного елемента або одразу кількох елементів на імітатор їхньої роботи в рамках досліджуваного протоколу. Для цього використовується так званий активний аналізатор протоколу, котрий має у своєму складі засоби імітації сигналів протоколу і, отже, здатний не тільки фіксувати та декодувати повідомлення протоколу, але і також моделювати роботу тих чи інших елементів ТЛК-обладнання, що впливають на роботу цього протоколу. Зазвичай активний аналізатор під’єднують до ланцюгів інтерфейсу (у точці спостереження) так, щоб мати можливість в процесі аналізу відключати від інтерфейсу (фізично або логічно) активні елементи ТЛК-обладнання, а замість них підключати імітатори цих елементів. Зазвичай у цьому випадку моделюється ситуація, що є найбільш сприятливою для підтвердження або спростування гіпотези щодо виниклої проблеми в роботі досліджуваного протоколу.

Слід мати на увазі, що пасивні методи аналізу найбільш широко використовуються для розв’язання складних проблемних ситуацій, що виникають у складних багатопротокольних мережах, зокрема у глобальних мережах передачі даних, коли дані одних протоколів інкапсульовані у формати інших протоколів, коли здійснюється фрагментація протокольних блоків даних та / або трансляція протоколів

у шлюзах. У цих випадках застосування методів заміщення або імітації активних елементів обладнання для аналізу протоколів являє складну технічну задачу. З іншого боку, для дослідження роботи протоколів систем абонентського доступу зручно використовувати активні аналізатори протоколів, котрі мають у своєму складі імітатори термінального обладнання користувачів (TE, DTE), обладнання мережевого закінчення (NT, DCE) та / або лінійного закінчення вузлового комутаційного обладнання (LT).

В якості інструментальної бази аналізу ТЛК-протоколів використовуються різного роду пристрої (або в окремих випадках – програмні продукти) під узагальненою назвою «аналізатори протоколів». На ринку інструментальних засобів пропонуються, як правило, багатопротокольні аналізатори, функціональність котрих забезпечує можливість аналізу великої групи, як правило, однотипних протоколів. Зокрема, існують аналізатори, що призначені для аналізу широкого спектру транспортних протоколів МПД, інші аналізатори призначені для аналізу протоколів ISDN, існують аналізатори сигналізаційних протоколів, зокрема системи SS7. Зрозуміло, що аналізатор повинен настроюватися відповідним чином на аналіз кожного окремого типу протоколу. Більшість аналізаторів протоколів є багатофункціональними приладами, які поряд з основною функцією – аналізом протоколів, здатні виконувати багато інших функцій (зокрема, вимірювати визначальні параметри ТЛК-обладнання), що сприяють вирішенню експлуатаційних проблем. Деякі із аналізаторів протоколів, що представлені на ринку вимірювальної техніки, оснащені унікальними експертними системами, що дозволяють автоматизувати процес аналізу протоколів.

До основних сфер застосування аналізаторів протоколів слід віднести:

– аналіз структури протоколів (що робиться, головним чином, на передексплуатаційних стадіях життєвого циклу ТЛК-обладнання);

– аналіз коректності реалізації протоколів (застосовується, в основном, під час приймально/здавальних випробувань обладнання);

– пошук шляхів усунення проблем в роботі ТЛК-обладнання під час його експлуатації (виявлення логічних конфліктів в роботі ПЗ, помилкових встановлень параметрів, збоїв в роботі ПЗ, перенавантажень елементів обладнання тощо);

– аналіз коректності процесів фрагментації, інкапсуляції та конвертації протоколів;

– аналіз коректності роботи розподілених прикладних застосувань, зокрема коректності узгодження форматів даних прикладного рівня із форматами задіяних ТЛК-протоколів транспортної мережі.

### 5.5 Загальна характеристика систем сигналізації

Система сигналізації – це один із різновидів системи керування телекомунікаційними мережами, основним призначенням котрої є встановлення/розривання сеансів зв’язку між клієнтами цих мереж, а в межах вже утворених з’єднань – встановлення певних режимів функціонування обладнання або ініціювання та підтримка роботи механізмів надання послуг відповідно до наданих команд з боку адміністраторів або клієнтів ТЛК-системи.

Обладнання систем сигналізації може входити до складу будь-якої телекомунікаційної мережі – як з пакетною комутацією, так і з комутацією каналів.

Проте в пакетних мережах система сигналізації може використовуватися не завжди. Зокрема, дейтаграмний спосіб просування пакетів IP через пакетну мережу не передбачає необхідність використання будь-якої системи сигналізації, в той час як протокол TCP, основна функція котрого полягає у встановленні/розриванні сеансів зв'язку на інфраструктурі мереж IP, фактично виконує роль сигналізаційного протоколу. У мережах з комутацією каналів, перш за все у телефонних мережах, системи сигналізації є необхідним елементом ТЛК-інфраструктури. Можливо саме тому термін «сигналізація» походить своїми коренями із проблематики телефонних мереж.

*Примітка 3. Термін „телефонна сигналізація" отримав широке застосування ще за часів впровадження в експлуатацію аналогових телефонних систем з комутацією каналів. Обладнання систем телефонної сигналізації в залежності від дій клієнтів (або персоналу) телефонної системи зв'язку генерує певний набір технологічних сигналів (команд або повідомлень), організує процедури обміну цими сигналами між вузлами телефонної мережі та, використовуючи ці сигнали, утворює або розриває телефонне з'єднання між термінальними вузлами телефонної мережі. Обладнання систем сигналізації – важливий компонент будь-якої телефонної мережі. Тому організація вимірювань параметрів цього обладнання являє актуальну експлуатаційну задачу.*

Існує кілька десятків різновидів систем телефонної сигналізації та кілька різних класифікаторів їхніх характеристик. Однак у методологічних підходах до здійснення вимірювань параметрів цих систем є багато спільного. Певна специфіка проявляється лише у тому, про яку сигналізацію йдеться – міжстанційну чи абонентську. У разі вимірювань параметрів абонентської сигналізації або під час аналізу сигналізаційного протоколу необхідно розрізняти аналогову абонентську лінію від цифрової абонентської лінії, оскільки підходи до вимірювань параметрів та аналізу протоколів сигналізації на цих лініях суттєво відрізняються.

### 5.6 Аналіз протоколів систем абонентської сигналізації

Абонентська сигналізація в аналогових лініях зв'язку. Обмін сигналізаційною інформацією в аналогових абонентських лініях здійснюється на фізичному рівні взаємодії. Існують аналізатори сигналізаційних протоколів для стандартних телефонних каналів тональної частоти, що призначені для перевірки коректності функціонування обладнання телефонної абонентської сигналізації та розв'язання логічних конфліктів, що можуть мати місце під час функціонування таких систем. Системи аналогової абонентської сигналізації (що функціонують як у смузі стандартного каналу ТЧ, так і поза цієї смуги) вважаються морально застарілими і у рамках цієї навчальної дисципліни не розглядаються.

Абонентська сигналізація в цифрових лініях зв'язку. Цифрова абонентська лінія, як правило, будується за специфікаціями одного із варіантів технології ISDN. У разі реалізації базового доступу ISDN BRI сигналізаційні дані передаються через логічний D-канал у формі сигналізаційних повідомлень із швидкістю 16 кбіт/с, а обмін сигналізаційними даними здійснюється згідно специфікацій одної із існуючих систем абонентської сигналізації.

Загальна характеристика абонентської сигналізації в каналі ISDN BRI. В Україні найбільш поширеною в абонентських лініях ISDN є сигналізація типу DSS1 (точніше,

її європейській варіант – EDSS1). Вона специфікується двома протоколами обміну сигнальними повідомленнями:

– на канальному рівні семирівневої моделі – протоколом LAPD відповідно до рекомендації MCE-T Q.921 (цей протокол визначає циклову структуру бітового потоку, що передається через логічний канал D);

– на мережевому рівні семирівневої моделі – протоколом сигналізаційних повідомлень, що визначає інформаційне поле циклу LAPD відповідно до рекомендації MCE-T Q.931.

Методи аналізу протоколів абонентської сигналізації в каналі ISDN BRI. Аналіз протоколів – поширений вид експлуатаційних робіт на мережах ISDN, оскільки на практиці знайшли реальне використання багато різних видів та версій протоколів ISDN BRI, сумісна робота котрих, на жаль, часто призводить до виникнення логічних конфліктів в каналах абонентської сигналізації. Система сигналізації DSS1 також має багато різновидів і тому не позбавлена зазначеного вище недоліку. На практиці використовується кілька підходів до аналізу протоколів BRI – як активне тестування обладнання канала доступу ISDN BRI за допомогою імітаторів елементів цього обладнання, які включаються в канал замість реально працюючих елементів, так і пасивний моніторинг роботи протоколу без порушень номінальних умов його функціонування. Активне тестування сприяє зменшенню кількості помилкових кроків у поетапній процедурі локалізації проблеми і, отже, більш швидкому розв’язанню логічних конфліктів в роботі обладнання. У той час як пасивний моніторинг дозволяє у багатьох випадках, хоч і з меншою швидкістю, але все ж успішно локалізувати виниклу проблему без відключення каналу від корисного навантаження. Окрім того, у режимі пасивного моніторингу здійснюють збір статистичних даних щодо поточних параметрів завантаження каналу сигналізації, що вкрай важливо для вирішення багатьох експлуатаційних задач. Для пояснення методів аналізу протоколів BRI, що застосовуються на практиці, наведемо структурну схему базового доступу за технологією ISDN (рис. 5.3).

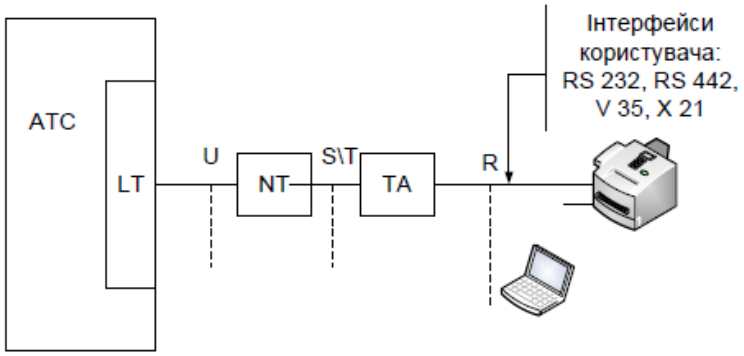


Рисунок 5.3 – Структурна схема абонентського доступу згідно технології ISDN BRI

Метод поетапного активного тестування абонентської лінії з послідовним відключенням її елементів. Для тестування використовуються аналізатори протоколів базового доступу, що поряд з іншими функціональними можливостями здатні імітувати роботу основних елементів цифрової абонентської лінії ISDN BRI. До складу таких аналізаторів включають: імітатор модулю станційного лінійного закінчення LT, імітатор блоку мережевого закінчення NT, імітатор термінального ISDN–обладнання абонента TE, а також, у разі необхідності, імітатори того виду

абонентського обладнання, що підключається до лінії через термінальний адаптер TA (мається на увазі обладнання з інтерфейсом RS232, RS442, V.35).

Якщо керуватися схемою (рис. 5.3), то зазвичай пропонується наступна послідовність реалізації методу. Спочатку від досліджуваної абонентської лінії відключається станційне обладнання на інтерфейсі U, тобто від лінії відключається модуль LT, що функціонує у складі АТС, а замість нього до досліджуваної лінії підключається його замінник – імітатор LT, що є складовою частиною аналізатора (тестера) протоколу. Це надає змогу протестувати увесь тракт абонентської лінії, окрім станційного обладнання АТС. І якщо таке тестування дасть позитивний результат, то джерело логічного конфлікту (якщо такий має місце) слід шукати в роботі модулю LT або взагалі в роботі АТС. За цією ж схемою зручно вимірювати параметр бітової помилки в каналі доступу (параметр BER). Якщо блок NT перебуває на клієнтському боці, то часто виникає потреба у тестуванні абонентської лінії на інтерфейсі U, але вже з боку клієнта. Тоді блок NT від лінії на інтерфейсі U відключають, а замість нього до лінії підключають аналізатор, що функціонує в режимі імітації сигналів цього блоку у бік станційної частини обладнання.

Можуть виникнути сумнівми щодо працездатності блоку NT. Тоді його доцільно відключити від шини на інтерфейсі S / T, а до порта цього інтерфейса на блоці NT підключити аналізатор, що функціонує в режимі імітації сигналів TE. Якщо ж є сумніви щодо коректності функціонування протоколу на шині S / T внаслідок можливих логічних конфліктів через некоректну роботу обладнання TE, то слід відключити це обладнання від шини S / T, а замість нього підключити аналізатор в режимі імітації роботи TE. Тоді буде змога протестувати роботу обладнання усієї цифрової абонентської лінії, окрім термінального обладнання абонента TE. Накінець, якщо існує проблема з підключенням до лінії обладнання абонента, що не відповідає стандартам ISDN BRI, тоді замість цього обладнання через адаптер TA підключають імітатор сигналів відповідного інтерфейсу (RS232, RS442). Це надає змогу перевірити коректність функціонування усіх елементів обладнання ISDN BRI у комплексі. Метод пасивного моніторингу абонентської лінії без відключення її елементів. При пасивному аналізі протоколу у будь-якій точці цифрової абонентської лінії відпадає необхідність імітації елементів цієї лінії та, саме головне, виключається будь-який вплив аналізатора на сигнальний обмін. У цьому випадку пасивний аналізатор підключається до лінії або паралельно у режимі високоомного включення (за допомогою так званого Т-подібного моніторингового кабелю, рис. 5.4), або у розрив лінії так, щоб сигнальний потік проходив безпосередньо через аналізатор (рис. 5.5 та рис. 5.6).

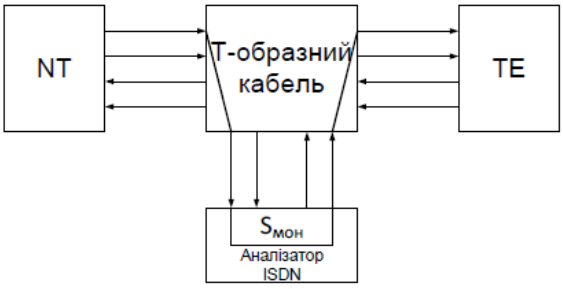


Рисунок 5.4 – Паралельне підключення пасивного аналізатора ISDN у шину S / T через Т-подібний моніторинговий кабель

Метод пасивного моніторингу зручно використовувати для виявлення логічних протиріч у роботі обладнання ISDN BRI, оскільки при цьому аналізатор майже не впливає на реальний обмін сигналами в лінії, але і не забезпечує повний аналіз процесу виконання протоколу.

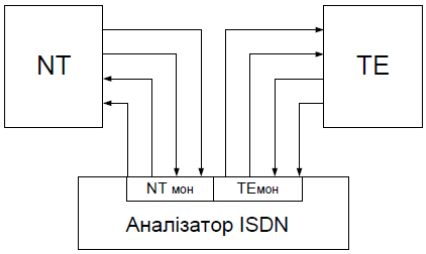


Рисунок 5.5 – Включення пасивного аналізатора ISDN у розрив шини S / T

Слід підкреслити, що на інтерфейсі S / T аналізатор підключають до лінії як через Т-подібний кабель згідно (рис. 5.4), так і у розрив лінії згідно (рис. 5.5).

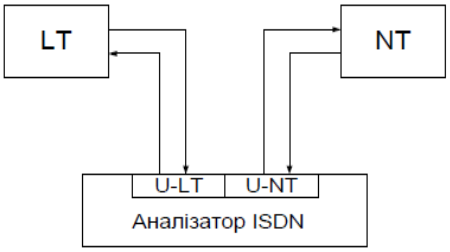


Рисунок 5.6 – Включення пасивного аналізатора ISDN у розрив шини U

У той час як на інтерфейсі U єдино можливий варіант підключення – у розрив лінії згідно (рис. 5.6) (на цьому інтерфейсі вельми жорсткі вимоги до параметрів електроживлення лінії, які можуть бути порушені навіть при високоомному підключенні аналізатора). Основним результатом роботи аналізатора є побудована ним траса протоколу. В якості прикладу (рис. 5.7) нижче наведено уривок простої траси протоколу базового доступу, що побудована за допомогою аналізатора Aurora Duet.

Розглянемо, яким чином декодувати цей уривок траси. Перш за все, звернемо увагу на часові мітки (тобто, часові позначки) виду 09:30:xx.xxx (дев’ять годин, тридцять хвилин, xx.xxx секунд, де значення секунд задано з точністю до тисячної частки секунди, тобто з точністю до трьох десяткових розрядів після точки, що відділяє цілу частину числа секунд від її дробової частини). Ці часові мітки надані безпосередньо під кожним штриховим вектором, що вказує напрямок передавання сигнального повідомлення, або під кожним позначенням сигнального повідомлення, яке відображається праворуч або ліворуч від штрихового вектора. Тобто, на зображеній трасі будь-яке зафіксоване аналізатором сигнальне повідомлення є початком (ініціатором) напрямку обміну. Виключення являє лише заголовок траси - перші три рядки початку траси, тобто три верхні рядки лівої колонки у записі траси, які безпосередньо не відносяться до траси.

Ці три рядки відображають дії користувача аналізатора протоколу (інженера-зв’язківця), що вирішує експлуатаційне завдання, що пов’язане із аналізом протоколу. Зокрема, перший рядок N < T 11:56:27.650 означає, що рівно об 11 годині 56 хвилин

27,650 секунд користувач задав команду аналізатору роздрукувати просту трасу вже виконаного протоколу у напрямі від TE до NT. Він також задав рівень протоколу, з якого слід почати трасування (це другий рядок – L1:), а також початок часового інтервалу (це третій рядок траси, тобто 09:30:12.658) починаючи з якого мають фіксуватися сигнальні повідомлення. Далі, починаючи із четвертого рядка першого стовпця і закінчуючи останнім рядком третього стовпця, відображається безпосередньо проста траса протоколу ISDN BRI.

```
N < T 11: 56 : 27. 650
L1 :
09 : 30 : 12. 658
< - - - - - - - - - - - - L1 – Info 2
09 : 30 : 12. 663
L1 – Info 3 - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 12. 663
< - - - - - - - - - - - - L1 Info 4
09 : 30 : 12. 666
UI - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 12. 677
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UI
09 : 30 : 12. 694
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UI
09 : 30 : 12. 717
SABME - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 12. 724
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UA
09 : 30 : 12. 745
SETUP ( CR 3) - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 12. 755
< - - - - - - - CALL PROC (CR 3)
09 : 30 : 12. 855
RR - - - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 12. 951
< - - - - - - - - ALERTING (CR 3)
09 : 30 : 13. 017
RR - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 13. 111
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UI
09 : 30 : 13. 649
UI - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 13. 654
< - - - - - - - - CONNECT (CR 3)
09 : 30 : 15. 471
CONNECT ACK (CR 3) - - - - >
09 : 30 : 15. 479
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - RR
09 : 30 : 15. 592
< - - - - -DICCONNECT (CR 3)
09 : 30 : 19. 307
RELEASE (CR 3) - - - - - - - - >
09 : 30 : 19. 323
< - - - - - - - REL. COMP (CR 3)
09 : 30 : 19. 370
RR - - - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 19. 471
DISC - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 19. 531
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UA
09 : 30 : 19. 561
L1 – Info 0 - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 19. 754
L1 – Info 1 - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 31. 103
< - - - - - - - - - - - - L1 – Info 2
09 : 30 : 31. 108
L1 – Info 3 - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 31. 109
< - - - - - - - - - - - - L1 – Info 4
09 : 30 : 31. 111
UI - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 31. 122
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UI
09 : 30 : 31. 138
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UI
09 : 30 : 31. 163
SABME - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 31. 169
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UA
09 : 30 : 31. 191
SETUP ( CR 4) - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 31. 201
< - - - - - - - CALL PROC (CR 4)
09 : 30 : 31. 298
RR - - - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 31. 391
< - - - - - - - - CONNECT (CR 4)
09 : 30 : 31. 554
CONNECT ACK (CR 4)- - - - ->
09 : 30 : 31. 561
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - RR
09 : 30 : 31. 643
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UI
09 : 30 : 32. 100
UI - - - - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 32. 105
DISCONNECT (CR 4)- - - - - ->
09 : 30 : 34. 079
< - - - - - RELEASE (CR 4)
09 : 30 : 34. 155
REL. COMP (CR 4) - - - - - - - - >
09 : 30 : 34. 165
DISC - - - - - - - - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 34. 322
< - - - - - - - - - - - - - - - - - - - UA
09 : 30 : 34. 346
L1 – Info 0- - - - - - - - - - - - >
09 : 30 : 34. 501
```

Рисунок 5.7 – Уривок простої траси протоколу базового доступу ISDN

Таким чином, проста траса відображена у вигляді двох колонок запису, читати яку треба послідовно зліва направо, спочатку записи першої колонки (зверху вниз), потім продовження траси – у другій колонці. При цьому перше сигнальне повідомлення траси (L1 – info 2) було згенеровано у момент 09:30:12.663 і пішло у напрямі від NT до TE (на це вказує напрямок штрихового вектору, а саме □ - - - - ), а останнє сигнальне повідомлення траси (тобто, L1 – info 0) було згенеровано у момент 09:30:34.501 і пішло у напрямі від TE до NT (на це вказує напрямок штрихового вектору, а саме - -- -□). Тобто, проста траса протоколу у даному випадку побудована тривалістю трохи меншою, ніж 22 сек.

Щоб розібратися із змістом цієї траси, необхідно мати певні знання щодо побудови досліджуваного протоколу. У даному випадку, необхідно уявляти порядок

обміну сигнальними повідомленнями першого рівня протоколу (тобто, сигналами типу info 0 – info 4) у момент активації/деактивації шини S як з боку NT, так і з боку TE. Перші три штрихових вектори у зображені траси (info 2, info 3 та info 4 ) якраз і відображають цей обмін у процедурі активації шини S за умов, коли ініціатором активації цієї шини являється NT. Необхідно також уявляти, яким чином здійснюється процедура встановлення з'єднання на другому (канальному) рівні протоколу (тобто, обмін сигнальними повідомленнями типу UI, SABME). І, насамкінець, треба знати зміст та порядок обміну сигнальними повідомленнями третього рівню (типу SETUP, CONNECT, DISCONNECT, RELEASE) як під час встановлення з'єднання, так і під час його розривання. Якщо такі знання у користувача аналізатора є, то він без особливих зусиль декодує наведену вище просту трасу протоколу.

Зокрема, він побачить, що спочатку йде процедура активації шини S з боку NT. Останнє повідомлення першого рівня L1 у рамках цієї процедури – info 4 – мало місце у момент 09:30:12.666. Далі починається процедура встановлення каналу на другому рівні протоколу, починаючи з повідомлення UI, що пройшло в момент 09:30:12.677, і закінчуючи повідомленням UA, що пройшло в момент 09:30:12.745. Після встановлення каналу шляхом передачі повідомлення SETUP з боку TE (у момент 09:30:12.755) починається процес встановлення з'єднання третього рівня. У моменти подачі сигналу CONNECT (09:30:15.471) та сигналу підтвердження CONNECT ACK (09:30:15.479) процес встановлення з'єднання було закінчено. Однак вже приблизно через чотири секунди (у момент 09:30:19.307) сигнальне повідомлення DISCONNECT повідомило про початок процесу розриву з'єднання за ініціативою NT. Процес розриву супроводжується обміном повідомленнями як другого так і третього рівнів. Друга частина траси починається з моменту 09:30:31.103, коли за ініціативою TE (сигнальним повідомленням info 1) починається процес активації шини S. Цей процес закінчується у момент 09:30:34.079, коли у бік NT надсилається повідомлення DISCONNECT. Після чого починається процес розриву з'єднання, який закінчується у момент 09:30:34.501. Висновок, який слід зробити після розгляду цієї траси: обмін сигнальними повідомленнями здійснювався коректно, логічних конфліктів не виявлено. Проте, якщо була б виявлена якась некоректність в обміні, то для більш точного аналізу виявленого конфлікту, скоріш за все, необхідно було б побудувати більш деталізовані траси протоколу, які, у свою чергу, мають набагато більш складну логічну побудову. Треба мати більш глибокі знання щодо структури протоколу та певний практичний досвід користування аналізатором протоколу, щоб розраховувати на успіх під час аналізу деталізованих трас.

### 5.7 Аналіз протоколів міжстанційної сигналізації

Із множини протоколів міжстанційної сигналізації, що наразі мають застосування у сучасних ТЛК-системах, розглянемо найбільш поширений – протокол загальноканальної сигналізації SS7.

Загальна характеристика протоколу SS7. Система сигналізації №7 (Signaling System 7, SS7) наразі – основний стандарт міжстанційної (міжвузлової) сигналізації не тільки на телефонних мережах загального користування (ТМЗК), але і на базатьох інших різновидах ТЛК-мереж, зокрема на мережах стільникового зв'язку, мережах ISDN, мультисервісних мережах. Більше того, на сучасному етапі розвитку телекомунікацій система SS7 виконує функцію об'єднання різнорідних ТЛК-систем

(телефонних стаціонарних та мобільних, IP-мереж, включаючи Інтернет, мереж передавання даних) в єдині глобальні ТЛК-інфраструктури, що здатні задовольнити попит користувачів мережних ресурсів у широкому спектрі різноманітних ТЛК-послуг. Оскільки у цій системі використовується принцип відокремлення потоків сигнальної інформації від потоків інформації користувачів, а сама сигнальна інформація (що стосується кожного із утворених абонентських з'єднань) має передаватися у смузі загального (спільного) для цих з'єднань каналу сигналізації, то нерідко систему SS7 називають також системою загальноканальної сигналізації №7 (ЗКС-7).

Слід окремо зазначити, що система SS7 відіграє вирішальну роль в організації взаємодії обладнання національних ТЛК-мереж різних країн між собою, тобто SS7 – це міждержавна система сигналізації, на її основі побудовано міжнародні телефонні мережі, міжнародні мережі стільникового мобільного зв'язку, глобальні корпоративні ТЛК-мережі, мережа Інтернет тощо. Тому обмежимося коротким розглядом структури мережі сигналізації SS7 (рис. 5.8) з точки зору можливостей здійснення аналізу сигналізаційного протоколу, що реалізується засобами цієї мережі. На рис. 5.8 прийнято наступні позначення: STP – пункт передавання сигнальних повідомлень; SSP – абонентський пункт сигналізації; SCP – пункт надання додаткових послуг. Слід зазначити, що на рис. 5.8 використано найбільш широко застосовані назви та позначення елементів структури мережі SS7, які узято із проблематики так званих інтелектуальних мереж (INET) (напевне тому, що розробка архітектурної концепції SS7 співпала у часі із розробками концепції INET).

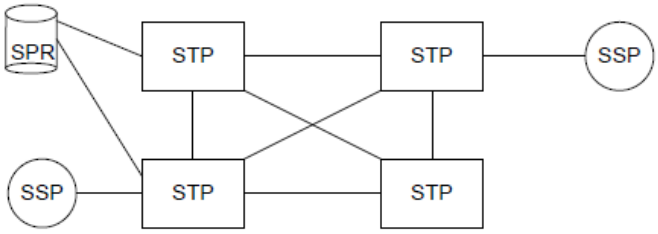


Рисунок 5.8 – Узагальнена структура мережі сигналізації SS7

При вирішенні задач аналізу сигналізаційного протоколу більш зручно сприймати структуру мережі SS7 як класичну мережу передачі даних (МПД), де STP виконує функції маршрутизації пакетів (у які упаковано сигнальні повідомлення), SSP – функції термінального обладнання мережі SS7 (але не термінального обладнання транспортної мережі, яку мережа SS7 обслуговує. Функції SSP на телефонній мережі зазвичай виконує АТС, оскільки саме АТС у телефонній мережі є джерелом та отримувачем повідомлень міжстанційної сигналізації), а SCP – функції серверу, що містить загальнодоступні дані, що є необхідними для підтримки послуг, які можуть бути надані системою сигналізації тим ТЛК-процесам, що цією системою користуються. Слід наголосити, що система сигналізації SS7 (і це її основна структурна особливість) створюється або як окрема підсистема у рамках транспортної мережі, сигналізаційна інформація якої у вигляді повідомлень сигналізаційного протоколу циркулює по логічно (а не фізично) виділеним каналам зв'язку (наприклад, в часових проміжках TS16 систем ІКМ-31 у рамках каналу Е1), або взагалі як окрема фізично виділена мережа сигналізації із своїм власним вузловим обладнанням та своїми власними каналами зв'язку. Сигналізаційний протокол SS7 має специфічну

чотирьохрівневу структуру і являє собою певний набір програмних підсистем, що поступово по мірі розвитку протоколу доповнюється новими підсистемами, що здатні обслуговувати нові різновиди ТЛК-систем. Зокрема, склад одної із ранішніх версій цього протоколу, що призначений для обслуговування ТЛК-інфраструктур, створених на основі класичних телефонних мереж, мереж ISDN, стільникових мереж GSM та NMT, відображено на рисунку 5.9.

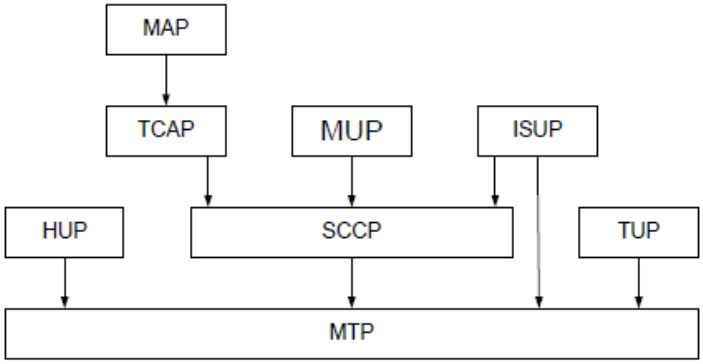


Рисунок 5.9 – Структура протоколу сигналізації SS7

ПЗ, що реалізує представлену на рис. 5.9 версію протоколу SS7, складається із наступних програмних підсистем:

– MTP – підсистема передавання сигнальних повідомлень;

– SCCP – підсистема управління наскрізними з'єднаннями;

– HUP – підсистема передавання сигналів керування, що підтримує голосовий зв'язок у мережах стандарту NMT;

– TUP – підсистема передавання сигналів керування, що підтримує голосовий зв'язок у класичних телефонних мережах;

– ISUP – підсистема передавання сигналів керування, що підтримує користувачів мережі ISDN;

– TCAP – підсистема підтримки транзакцій;

– MUP – підсистема підтримки користувачів мережі стандарту NMT;

– MAP – підсистема підтримки користувачів мережі стандарту GSM.

Більш пізні версії протоколу SS7 мають більш розширений склад підсистем. На практиці інсталюють версію цього протоколу, що забезпечує підтримку саме тих ТЛК-технологій, що реалізовані в конкретному проекті створюваної ТЛК-інфраструктури.

Оскільки мережу SS7 з позицій технічної експлуатації (ТЕ) доцільно розглядати як МПД, то і, відповідно, для здійснення ТЕ слід використовувати раніш розглянуті підходи, що є характерними для експлуатації МПД. Сказане стосується і проблем аналізу сигналізаційного протоколу SS7.

Аналіз протоколу SS7 здійснюється практично на усіх стадіях життєвого циклу обладнання цієї системи сигналізації:

– на стадії проектування нової ТЛК-інфраструктури аналізують коректність функціонування нової версії цього протоколу, що має забезпечити підтримку роботи усіх ТЛК-систем, що входять до складу створюваної інфраструктури;

– на стадії запуску в експлуатацію нових ТЛК-систем також необхідно детально протестувати вперше інстальоване обладнання SS7 на відповідність його характеристик технічним умовам;

– на стадії експлуатації обладнання ТЛК-інфраструктури іноді необхідно протестувати обладнання нового каналу сигналізації або протестувати реалізацію цього протоколу після переінсталяції його параметрів;

– на стадії експлуатації обладнання ТЛК-інфраструктури слід використовувати різні методи експлуатаційного аналізу протоколу SS7 для виявлення та усунення можливих логічних конфліктів в роботі ТЛК-обладнання.

Основні методи експлуатаційного аналізу протоколу SS7. В експлуатаційній практиці протокольний аналіз SS7 здійснюють шляхом заміщення одного із елементів обладнання цієї системи на імітатор цього елементу із наступним аналізом реакції залишившейся частини обладнання на тестуючі впливи імітатора. Для цього використовують активний аналізатор SS7, до складу котрого входять імітатори обладнання SSP, STP та SCP. Включення аналізатора SS7 в якості імітатора SSP показано на рис. 5.10.

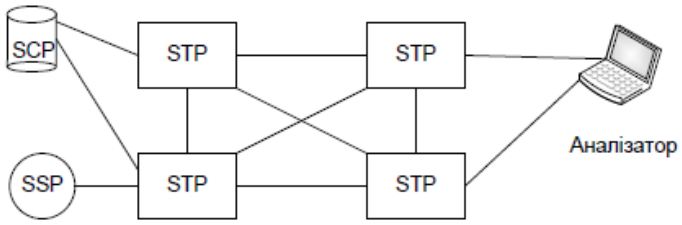


Рисунок 5.10 – Включення аналізатора SS7 в якості імітатора SSP

Таке включення імітатора найчастіше здійснюють перед тим, як підключити нову АТС до телефонної мережі (до PSTN). У цьому випадку необхідно упевнитись, що з боку пунктів STP мережі SS7 на вперше встановлене обладнання АТС (точніше, на обладнання SSP, що входить до складу цієї АТС) здійснюється коректне надходження потоків сигналізаційних повідомлень. Аналізатор на схемі рис. 5.10 імітує роботу прикінцевого пункту сигналізації SSP, що підключений до двох пунктів STP, що реально працюють у складі існуючої мережі SS7. При цьому траси досліджуваного протоколу будуються засобами АТС або аналізатора SS7. Включення за схемою рис. 5.10 дозволяє виконати повний аналіз усіх рівнів протоколу, а також, у необхідних випадках, здійснити так зване стресове тестування сигналізаційної системи, коли імітуються всілякого роду порушення в алгоритмі сигнального обміну з тим, щоб визначити реакцію системи на ці порушення. На рисунку 5.11 показане включення аналізатора SS7 в якості імітатора STP. Таке включення імітатора є актуальним перед тим, як увести в експлуатацію новий вузловий пункт сигналізації STP, наприклад на міжміській АТС Обладнання STP здійснює лише маршрутизацію та передавання сигналізаційних повідомлень.

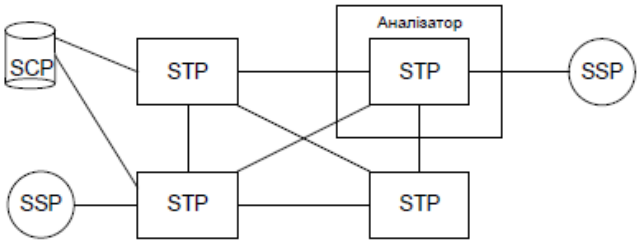


Рисунок 5.11 – Включення аналізатора SS7 в якості імітатора STP

Аналізатор у цьому випадку забезпечує повний аналіз цих рівнів протоколу, а також стресове тестування за різних умов імітації нештатних ситуацій в роботі обладнання – імітація перенавантаження сигналізаційного каналу, імітація регулярного зникання повідомлень сигнального трафіку, дублювання повідомлень.

Часто до обладнання STP підключають пасивний аналізатор SS7, що надає змогу збирати статистичну інформацію щодо «поведінки» сигнального трафіку у цій точці. Це вкрай важливо для аналізу потенціалу експлуатованої системи SS7 та визначення показників ефективності її функціонування. Дослідити роботу механізмів гнучкого керування сигнальним трафіком можливо лише шляхом стресового тестування і бажано не в одній, а одночасно в кількох точках розміщення STP. Схема підключення двох аналізаторів SS7 одночасно до двох точок $STP_1$ та $STP_2$ показана на рис. 5.12. Включення аналізаторів за схемою рис. 5.12 дозволяє здійснювати комплексний аналіз реакції мережі SS7 у точці розміщення $STP_2$ за умов, коли потік тестуючих повідомлень надсилається засобами імітатора STP1, і навпаки. Зокрема, можливо імітувати перенавантаження сигнального каналу між $STP_1$ та SSP і в цей час спостерігати, як сигнальний трафік поступово переміщається від $STP_1$ до $STP_2$. Можливо також імітувати порушення готовності каналу між $STP_1$ та SSP і дивитися, чи перенесеться за цих умов сигнальний трафік від $STP_1$ до $STP_2$.

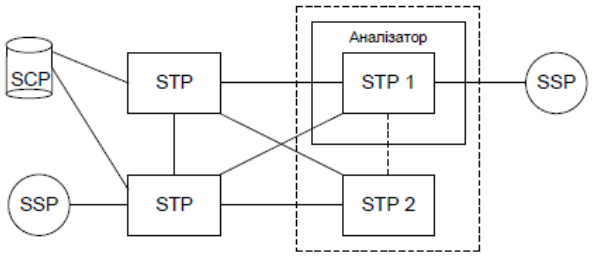


Рисунок 5.12 – Підключення аналізаторів SS7 замість двох STP

Імітація роботи обладнання SCP здійснюється вкрай рідко (тільки коли необхідно увести в експлуатацію новий пункт надання послуг) і у рамках цієї навчальної дисципліни не розглядається. Більш часто на практиці виконується стресове тестування вже функціонуючих елементів обладнання SS7. Зокрема, на рисунку 5.13 показана схема включення аналізатора у канал між STP та SSP. Аналізатор, що включений за такою схемою, забезпечує внесення бажаних стресових впливів на досліджуваний сигналізаційний канал (внесення додаткових затримок у передавання повідомлень, дублювання сигналізаційних повідомлень, їхня втрата) і, тим самим, дозволяє побачити наслідки таких впливів експлуатаційному персоналу.

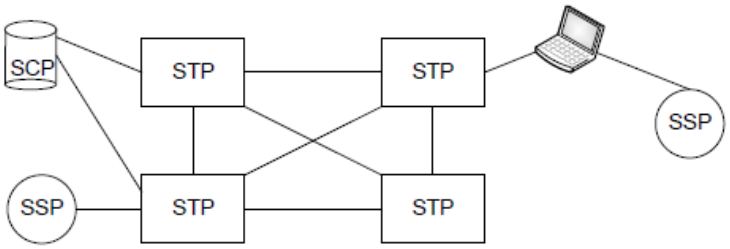


Рисунок 5.13 – Схема включення аналізатора SS7 у канал між STP та SSP

Нарешті, кілька слів щодо класифікації аналізаторів SS7. Існує чотири основних класи таких аналізаторів:

– унікальні дуже досконалі (і, отже, високовартісні) аналізатори SS7, що використовуються для національного та транснаціонального моніторингу мереж SS7;

– аналізатори SS7, що використовують розробники нових систем сигналізації;

– аналізатори SS7, що використовують для комплексних вимірювань в процесі експлуатації обладнання SS7;

– прості тестери із функціями SS7.

Зрозуміло, що на стадії експлуатації користуються пристроями, що віднесені до останніх двох класів.

## Питання для контролю

1. Надайте визначення поняттю «Контроль відповідності».
2. Яка мета організації процесів контролю відповідності?
3. Назвіть документи, які регламентують контроль відповідності?
4. На які групи за функціональною ознакою поділяють вимоги (норми) до специфікацій характеристик або значень параметрів?
5. Які шляхи реалізації контролю відповідності Ви знаєте?
6. Надайте класифікацію видів контролю за часовою координатою.
7. Назвіть вимоги до організації контролю відповідності.
8. В яких випадках здійснюється аналіз результатів контролю відповідності?
9. На які групи за ступенем глибини (ретельності) здійснення контролю підрозділяють процеси контролю відповідності?
10. Надайте характеристику процесам поточного профілактичного контролю.
11. Надайте характеристику процесам тестування відповідності.
12. Поясніть процедуру тестування IUT на відповідність вимогам нормуючих специфікацій.
13. Надайте характеристику процедурам аналізу телекомунікаційних протоколів.
14. Що таке траса протоколу?
15. Чим відрізняється проста траса від проміжної та деталізованої?
16. Що таке бінарна траса?
17. Що таке інтерпретаційна траса?
18. Який порядок вирішення проблеми, що пов’язана із можливим виникненням логічного конфлікту в роботі ТЛК-обладнання?
19. Чим відрізняються пасивні методи аналізу протоколів від активних?
20. Які основні сфери застосування аналізаторів протоколів?
21. Надайте загальну характеристику системам сигналізації.
22. Надайте характеристику абонентській сигналізації в аналогових лініях зв’язку.
23. Надайте характеристику абонентській сигналізації у цифрових лініях зв’язку.
24. Які методи аналізу протоколів абонентської сигналізації в каналі ISDN BRI Ви знаєте?
25. Яким чином Ви декодуєте уривок траси протоколу?
26. Надайте загальну характеристику протоколу SS7?
27. Поясніть узагальнену структуру мережі сигналізації SS7.
28. Яка структура протоколу сигналізації SS7?

29. Поясніть основні методи експлуатаційного аналізу протоколу SS7.
30. Яким чином включається аналізатор в мережу SS7?

## Література

1. Qi Y., Drewniak J.L. Over-the- Air Measurement for Wireless Communication Systems. Artech House, 2024. 272 p.
2. Long S.I, Communication Electronics: RF Design with Practical Applications using Pathwave/ADS Software. Gistrup: River Publishing, 2024. 522 p.

# ТЕМА 6
# АДМІНІСТРУВАННЯ РЕСУРСАМИ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ

## 6.1 Загальна характеристика задач адміністрування

В інструкціях з експлуатації будь-якого сучасного ТЛК-обладнання зазвичай один із підрозділів присвячено опису функцій керування та адміністрування цього обладнання (тобто, опису функцій Operation and Maintenance, O&M). Функціями O&M користується персонал оператора зв'язку, щоб забезпечити належне надання мережних послуг та оптимальні умови функціонування як окремих елементів обладнання, так і всієї ТЛК-системи у цілому. Зокрема шляхом використання певних груп цих функцій (головним чином, груп функцій виду Fault Management та Security Management) мережний адміністратор здійснює аудит ресурсів, відновлює роботу обладнання після реалізації загроз інформації, реалізовує прийняту політику забезпечення захисту від несанкціонованого доступу (НСД) до ресурсів мережі. В апаратних засобах активних макро-елементів ТЛК-системи, як правило, реалізовані зручні інтерфейси управління цими елементами, а менеджери цих елементів (Element Manager, EM) є доступними як через локальні термінали, так і через систему централізованого керування мережею (Network Management System, NMS). Іншими словами, кожний активний макро-елемент ТЛК-системи (зокрема, комутатор, маршрутизатор, сервер або шлюз) має, щонайменше, два порти керування: один - для підключення локального засобу управління (тобто, комп'ютера із відповідним управлінським ПЗ), другий – для підключення до мережі централізованого керування.

Щоб мати уявлення про функціональні можливості сучасних ТЛК-систем щодо адміністрування цими системами, розглянемо, для прикладу, базову функціональність O&M типової ТЛК-системи. Засоби O&M сучасної ТЛК-системи забезпечують:

– налаштування графічного інтерфейсу адміністраторів обладнання на бажану архітектуру відтворення процесів, що мають місце у ТЛК-системі під час її функціонування (тобто, налаштування під особисті «смаки» адміністраторів системи);

– керування парольною інформацією при організації доступу до ресурсів системи та при організації захищених з'єднань (надання паролів, зміна паролів тощо);

– автентифікацію та авторизацію користувачів ресурсами та можливостями ТЛК-системи;

– конфігурування параметрів обладнання та автоматичну реєстрацію змін цих параметрів;

– попереднє встановлення конфігураційних профілів для елементів обладнання, у т. ч. і бажаних профілів захищеності інформації;

– встановлення порогів для виявлення подій, що впливають на працездатність обладнання, на рівень якості надання послуг і на рівень захисту інформації;

– відображення тривожних сигналів, що надходять при виявленні подій від елементів ТЛК-системи;

– модифікацію параметрів елементів та всієї ТЛК-системи у цілому;

– адміністрування обладнанням;

– локалізацію проблем невідповідності, можливість постійного контролю параметрів обладнання за допомогою спеціалізованих засобів спостереження з метою вияву невідповідностей в роботі цього обладнання і у разі виявлення такої невідповідності активізація засобів спеціально створеної системи тривожної

сигналізації (alarm system) про виниклу подію (будь-яка система тривожної сигналізації зазвичай зберігає інформацію щодо виниклих тривожних подій у журналі реєстрації подій невідповідностей – alarm history);

– можливість ідентифікації невідповідності за допомогою засобів системи тривожної сигналізації та інформування спеціалізованих експертних та виконавчих систем (recovery system), що забезпечують пошук та вирішення проблем невідповідності в роботі обладнання;

– можливість обмеження негативних наслідків виникнення невідповідності шляхом ізоляції невідповідного елемента від інших елементів обладнання та включення справного резервного елементу (якщо він існує) в роботу замість ізольованого;

– можливість детального аналізу характеристик виявленої невідповідності за допомогою діагностичної системи та надання результатів такого аналізу адміністраторам мережі, а також експертним та виконавчим системам;

– можливість тестування обладнання з метою підтвердження його справності;

– можливість реконфігурування елементів та всієї системи у цілому;

– можливість внесення змін із віддаленого вузла централізованого управління у ПЗ кожного із елементів ТЛК-системи.

Визначення терміну «адміністрування». Адміністрування – це одна із функцій O&M, яку виконують адміністратори – суб'єкти, діяльність котрих безпосередньо пов'язана з управлінням ресурсами системи. Зазвичай в телекомунікаціях під адмініструванням розуміють конкретні управлінські дії адміністраторів ТЛК-обладнання з настроювання програмно-апаратних елементів обладнання та / або ТЛК-системи у цілому відповідно до конкретних умов використання. Маються на увазі, наприклад, такі дії адміністраторів як генерація команд управління, встановлення конкретних значень параметрів обладнання, змінювання режимів роботи, форматування даних, формування списків подій, встановлення логічних обмежень в роботі обладнання та користувачів, управління базами даних, встановлення найменувань об'єктів, ідентифікаторів суб'єктів, правил розмежування доступу тощо.

Розрізняють: первісне (початкове) адміністрування ТЛК-системи, що робиться на стадії уводу її в експлуатацію, коли її вперше настроюють на конкретні умови використання; оперативне (поточне) адміністрування на стадії експлуатації цієї системи. Якщо б умови використання ТЛК-системи з плином часу не змінювалися, то не було б потреби в оперативному адмініструванні її ресурсів. Однак в процесі експлуатації умови функціонування ТЛК-системи, як правило, змінюються: міняються користувачі ТЛК-послуг, змінюються їхні потреби щодо номенклатури та рівнів якості послуг, змінюється вартість послуг та умови їхнього надання – все це обумовлює необхідність здійснення поточного адміністрування ресурсами ТЛК-системи.

Адміністратори із числа експлуатаційного персоналу здійснюють за пультом системного монітора у реальному часі певні послідовності управлінських дій, що називаються процедурами адміністрування. Процедурами адміністрування охоплено практично усі апаратні засоби ТЛК-системи та спеціалізовані програмні застосування, які інстальовані і виконуються в системі, підтримуючи надання телекомунікаційних послуг в процесі функціонування ТЛК-обладнання за основним призначенням.

Локальне та централізоване адміністрування. Адміністрування будь-якого елементу ТЛК-обладнання можливо здійснювати як за допомогою вбудованих в його склад локальних засобів управління цим елементом, так і через віддалений пункт

централізованого керування. Локальне адміністрування будь-якого окремого макро-елементу ТЛК-обладнання, що функціонує у складі будь-якого вузла ТЛК-мережі (наприклад, маршрутизатора, комутатора або сервера) здійснюється через його термінал управління. Іншими словами, будь-який активний елемент вузлового обладнання сучасної ТЛК-мережі, будь то комутатор, шлюз чи сервер, має свої власні засоби управління, зокрема порт до якого завжди існує можливість під'єднати комп'ютер з інстальованими на ньому програмами локального управління цим активним елементом. Однак адміністрування цього ж макро-елементу можливо здійснювати, у разі потреби, і дистанційно за допомогою засобів централізованого керування, розташованих на зазвичай віддаленому вузлі керування (Management Node). Оскільки функції управління та технічного обслуговування усіх телекомунікаційних вузлів сучасної мережі здійснюються, як правило, із вузла керування, то і адміністрування усієї ТЛК-мережі здійснюється засобами вузла керування. Функції вузла керування іноді виконує термінал управління (Management Terminal) телекомунікаційної системи.

Технологія адміністрування ресурсами ТЛК-обладнання. Підтримку функцій адміністрування ресурсами ТЛК-обладнання виконує відповідне спеціалізоване програмне забезпечення (ПЗ), що функціонує у реальному часі і зазвичай у фоновому режимі без призупинки роботи ТЛК-системи згідно основного призначення. Адміністратор ТЛК-системи, сидячи за клавіатурою монітора, в процесі адміністрування взаємодіє з цим ПЗ через відповідний, як правило, графічний інтерфейс управління системою (GUI – Graphical User Interface – графічний інтерфейс користувача).

Деякі адміністративні дії можуть бути виконані у так званому режимі термінального доступу (або, інакше, в режимі віддаленого управління), коли адміністратор перетворює свій комп'ютер у віртуальний термінал активного елементу ТЛК-системи, до якого він отримує доступ. Між комп'ютером адміністратора та портом управління активного елементу встановлюється так званий інтерфейс командної лінії CLI (Command Line Interface), через який адміністратор має можливість послідовно символ за символом надавати команди у підсистему управління активним елементом (як іноді кажуть, у режимі командного рядка) та отримувати відповіді – реакції на надані команди (також послідовно символ за символом), що виводяться у вигляді символьного тексту на дисплей адміністратора. Наприклад, через CLI можуть бути надані команди:

– на запуск або припинення роботи шлюзу;

– на виконання головних прикладних задач;

– контролю кількості записів у вихідному файлі та характеристик поточного вихідного файлу, що надається у систему післяпроцесорної обробки цих записів;

– на перевстановлення статистичних лічильників;

– запитів до різних модулів шлюзу тарифікації.

Існує велика кількість протоколів віддаленого управління (що працюють на прикладному рівні семирівневої моделі OSI), але найбільш популярним вважається протокол telnet, який найчастіше використовується в середовищі ОС Unix. Протокол telnet працює в архітектурі «клієнт – сервер». Клієнтська частина ПЗ знаходиться на комп'ютері адміністратора, а серверна – на активному елементі ТЛК-системи. При натисканні клавіші дисплею відповідний код перехоплюється клієнтом telnet, інкапсулюється у TCP-повідомлення та відправляється через командну лінію (або

мережу, якщо адміністратор знаходиться у віддаленому вузлі мережі) до активного елементу ТЛК-системи, що підлягає адмініструванню. Серверне ПЗ активного елементу вибирає із TCP-повідомлення прийнятий код клавіші та передає його до ОС цього елементу. ОС розглядає сеанс telnet як один із сеансів локального користувача. Якщо реакція активного елементу на прийняту команду являє собою певну сукупність символьних рядків, що мають бути виведені на екран дисплею, серверне ПЗ протоколу telnet кожен символ цієї сукупності окремо упаковує в TCP-повідомлення та відправляє його до комп'ютера адміністратора. Клієнтське ПЗ протоколу telnet витягує ці символи із TCP-повідомлень та відображає їх у вікні терміналу адміністратора, емулюючи термінал віддаленого вузла.

Віддалене управління економно використовує пропускну здатність командної лінії (оскільки у цьому випадку передаються лише коди клавіш та екранні символи), але є практично незахищеним від несанкціонованого перехоплення та підмін.

З метою пояснення технології адміністрування розглянемо типову структуру ПЗ сучасної ТЛК-системи. Характеристики топологічної структури ТЛК-системи у даному розгляді не враховуються: це може бути локальна система з одним вузлом і з одним активним елементом (наприклад, комутатором) у вузлі або, у загальному випадку, глобальна мережа з багатьма вузлами і з багатьма активними елементами (наприклад, сукупністю маршрутизаторів, комутаторів, шлюзів з лінійкою серверів тощо) у кожному вузлі та ще і з відокремленим вузлом керування мережею. Як правило, у складі кожного активного елементу такої системи функціонує операційна система (ОС) – спеціалізована або загального призначення, в операційне середовище котрої поміщені комплекси прикладних програм різноманітного призначення. В кожен комплекс входять, доповняючи одна одну, комп'ютерні програми, що сумісно функціонують заради підтримки функціонування якогось конкретно визначеного процесу (наприклад, маршрутизації пакетів) або заради вирішення якогось конкретно визначеного завдання (наприклад, вимірювання інтенсивності трафіка). Ці комплекси мають ієрархічну структуру, тобто у складі комплексів вищого рівня інстальовані комплекси більш низького рівня ієрархії. Ці комплекси прикладних програм називають прикладними застосуваннями або просто застосуваннями.

Відносно ОС, що знайшли застосування в активних елементах сучасних ТЛК-систем, слід вказати на наступне. Зазвичай у реальних системах використовуються або широко розповсюджені ОС загального призначення (WINDOWS, UNIX, Linux), або вузько спеціалізовані ОС (наприклад, CISCO IOS, Nokia IPSO™), що спеціально розроблені для використання у виробах компаній – розробників ТЛК-обладнання. У спеціалізованих ОС усі функції та можливості операційних систем, що не використовуються ТЛК-обладнанням, усунено, проте додаткові можливості, що підвищують ефективність роботи обладнання, реалізовано. Тому спеціалізовані ОС, що входять до складу активних елементів ТЛК-систем, характеризуються більш високою швидкодією, компактністю та захищеністю від несанкціонованого доступу (НСД). Проте вони мають вузьку сферу застосування і проблеми із взаємодією з ОС інших видів.

Щодо прикладних застосувань, які функціонують у складі ТЛК-систем, необхідно відмітити наступне. Прикладні застосування вищого рівня ієрархії, як правило, розділяють на групи згідно функціонального призначення (рис. 6.1).

Як бачимо, до основних груп застосувань відносять комплекси програм, які безпосередньо забезпечують функціонування ТЛК-систем за основним призначенням.

Основне призначення ТЛК-системи – надання ТЛК-послуг із транспортування інформації (наприклад, передача даних), з організації інформаційної взаємодії віддалених один від одного суб'єктів або процесів (наприклад, телефонний зв'язок або інтерактивна взаємодія віддалених комп'ютерних систем), із забезпечення доступу до різноманітних інформаційних сервісів (перш за все, до сервісів Інтернет) (рис. 6.1).

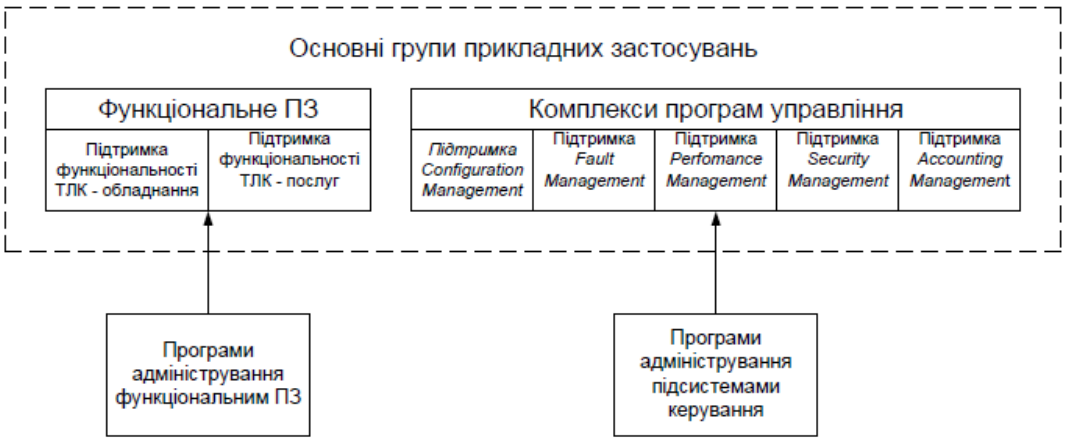


Рисунок 6.1 – Загальна структура прикладного ПЗ ТЛК-систем

Наприклад, основні групи прикладних застосувань типової телефонної комутаційної системи, яка є основним елементом будь-якої АТС або телефонного серверу, підтримують процеси:

– обробки викликів, зокрема фіксації та маршрутизації викликів, активізації процесів надання додаткових послуг, підтримки взаємодії між процесами надання послуг, а також збір даних про виклики (які потім використовуються як вихідні дані при вимірюваннях навантаження та тарифікації);

– обробки з`єднань, тобто встановлення та розривання з'єднань на фізичному рівні роботи обладнання (за запитами програми управління викликами);

– обробки сигналізаційної інформації;

– підтримки механізмів надання додаткових послуг;

– реєстрації та тарифікації (registration and charging), зокрема запис детальних даних про виклики CDR (Call Detailed Record);

– вимірювання навантаження (traffic measurements), зокрема вимірювання інтенсивності трафіка та запис даних з результатами вимірювань.

А також здійснюють функції серверів:

– системи попередньої оплати, що забезпечує можливість надання та тарифікацію послуг для користувачів, що зробили попередню оплату;

– інтегрованої системи повідомлень, що забезпечує безпосередній запис спеціально підготовлених повідомлень для інформування клієнтів, відтворення цих повідомлень за запитами клієнтів або в широкомовному режимі, підтримку інтерактивного голосового меню.

Розглянуті вище групи прикладних застосувань іноді об'єднують загальною назвою «Функціональне ПЗ», оскільки воно безпосередньо задіяне в забезпеченні функціонування ТЛК-системи за основним призначенням. Функціональне ПЗ забезпечує підтримку функціональності як самого ТЛК-обладнання, так і підтримку заданих характеристик ТЛК-послуг. Це ПЗ на стадії експлуатації ТЛК-системи, як правило, завжди перебуває в активному стані. Проте функціональне ПЗ не завжди є

доступним експлуатаційному персоналу. У випадках його невідповідної роботи доводиться звертатися до постачальників обладнання або їх представників.

Окрім функціонального, в структурі прикладного ПЗ маємо іншу групу прикладних застосувань вищого рівня ієрархії, що реалізують функції керування функціональними підсистемами ТЛК-системи – керування наданням послуг, трафіком, процедурами технічного обслуговування, підсистемою захисту від несанкціонованого доступу (НСД), білінговими процедурами тощо (TMN-модель керування, що регламентується, зокрема, стандартом ISO 7498-4 та рекомендацією ITU-T X.700). Ці групи прикладних застосувань, як правило, входять до складу локального комплексу програм управління будь-яким активним елементом будь-якої сучасної ТЛК-системи. Однак в локальному варіанті вони забезпечують підтримку процесів управління лише в межах свого активного елементу. У більш розширених варіантах ці групи прикладних застосувань входять до складу ПЗ вузла керування ТЛК-системою, якщо ця ТЛК-система являє собою багатовузлову мережу з централізованою системою керування. ПЗ централізованих систем керування не тільки здатне координувати сумісну роботу вузлів, але і виконувати функції віддаленого керування кожним окремим вузлом мережі (як в режимі віддаленого вузла, так і в режимі термінального доступу). Так що відпадає необхідність в утриманні кваліфікованого персоналу на окремих вузлах.

Застосування являють собою теж комплекси прикладних програм, які, у принципі, мають адмініструвати як функціональне ПЗ, так і ПЗ системи керування ТЛК-системою. Однак програми настроювання функціонального ПЗ, як правило, в комплект поставок обладнання ТЛК-систем не входять, оскільки вважається, що функціональне ПЗ на проміжках часу між черговими актами модернізації систем (зокрема, в періоди між встановленням чергових версій ПЗ) не змінюється. Інша справа з адмініструванням ПЗ систем керування. Комплекси програм з адміністрування, що входять до складу прикладних застосувань, які підтримують функції керування елементами ТЛК-системи (або всією ТЛК-системою у цілому), знайшли широке застосування в експлуатаційній практиці. Як правило, комплекси програм з адміністрування – це прикладні застосування нижчого рівня ієрархії (рис. 6.1). Якщо вони входять до складу груп застосувань вузла керування ТЛК-системою, то завдяки їх використанню можливо здійснити адміністрування будь-якого елементу на будь-якому вузлі ТЛК-мережі. Комплекси програм з адміністрування, що входять до складу локальних комплексів програм управління окремими активними елементами мережі можливо використати для настроювання лише окремих елементів цієї мережі. Фактично зміст процедур адміністрування програм керування полягає у безпосередньому настроюванні параметрів прикладних систем керування на реалізацію функцій керування ресурсами ТЛК-обладнання, які згідно TMN-моделі керування розділено на п’ять функціональних груп:

1) керування конфігурацією параметрів ТЛК-обладнання та найменуванням (Configuration Management);

2) вияв та знешкодження збоїв та помилок у роботі ТЛК-обладнання (Fault Management);

3) забезпечення продуктивності та надійності роботи ТЛК-обладнання (Performance Management);

4) підтримка прийнятої політики забезпечення захисту інформаційних ресурсів ТЛК-системи (Security Management);

5) облік використаних ресурсів ТЛК-системи на визначених інтервалах часу (Accounting Management).

Так, наприклад, програми адміністрування прикладних застосувань, що виконують функції управління конфігуруванням, входять до складу групи застосувань Configuration Management. Програми адміністрування застосувань, що здійснюють підтримку технічного обслуговування та ремонту обладнання, входять до складу групи застосувань Fault Management. Програми адміністрування застосувань, що здійснюють підтримку надання телекомунікаційних послуг та управління трафіком, входять до складу групи застосувань Performance Management. Програми адміністрування застосувань, що здійснюють підтримку механізмів захисту інформації, входять до складу групи застосувань Security Management. На кінець, програми адміністрування застосувань, що здійснюють облік використаних ресурсів ТЛК-системи та білінгових систем, входять до складу групи застосувань Accounting Management.

На жаль, проблематика управління (адміністрування) ресурсами ТЛК-обладнання не охоплена в достатній мірі стандартизацією. Тому структура прикладного ПЗ систем управління у складі обладнання різних ТЛК-систем суттєво різниться. Існує суттєва відмінність ПЗ різних ТЛК-систем і за іншими параметрами. Зокрема програми адміністрування різняться і за переліком реалізованих застосувань, і за змістом виконуваних функцій, і за ступенем автоматизації процедур адміністрування, і за зовнішнім виглядом інтерфейсів управління. Тому набуття практичних навичок роботи з ПЗ конкретної ТЛК-системи вимагає певних зусиль і потребує певного часу.

Інтерфейс між адміністратором та системою управління ТЛК-обладнанням має певні особливості, що полягають у наступному.

Для здійснення функцій O&M у невеликих за розмірами ТЛК-систем, як правило, використовують однотипний інтерфейс управління. У найпростіших випадках – це інтерфейс командної лінії CLI із застосуванням протоколу telnet, який найчастіше використовується в середовищі Unix-подібних ОС. Проте цей інтерфейс є найбільш вразливим з точки зору інформаційної безпеки. В пакетних мережах найбільш популярним вважається GUI – графічний інтерфейс управління системою, зокрема Web-інтерфейс.

У великих за розмірами ТЛК-системах (глобальних, гетерогенних та мультисервісних) застосовують складну схему взаємодії адміністратора із підсистемою O&M, що базується на кількох типах інтерфейсів управління. Зазвичай у великих ТЛК-системах з підсистемою O&M одночасно працюють кілька груп адміністраторів із різними посадовими обов’язками та різними правами доступу до ресурсів цих систем. Одні адміністратори займаються підтримкою задач Configuration Maintenance, інші QoS Maintenance, а ще інші Security Maintenance тощо. Бажано, щоб потоки управлінської інформації, які генеруються цими групами адміністраторів, логічно не перетинались (щоб адміністратори не заважали один одному, щоб умисно або ненавмисно не втручались у сферу відповідальності інших адміністраторів). Тому для кожної групи адміністраторів застосовують окремий інтерфейс управління. Окрім того, з метою підвищення надійності управління бажано, щоб для здійснення відповідальних функцій O&M було можливим використати кілька різних інтерфейсів управління. Якщо вийде з ладу один тип інтерфейсу, то існувала б можливість задіяти інший тип інтерфейсу управління.

Приклад одного із варіантів розподілу функцій O&M між типами стандартних інтерфейсів управління наведено у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Розподіл функцій O&M між стандартними інтерфейсами управління

| Тип інтерфейсу управління | CLI | IPSEC | SNMP | WEB | FTP | NTP |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Локальний доступ до керування парольною інформацією | | × | × | | | |
| Віддалене керування парольною інформацією | | × | | | | |
| Доступ до індикаторів стану обслуговування | | | × | × | | |
| Доступ до індикаторів стану обладнання | | | × | × | | |
| Конфігурування параметрів послуг | | | × | × | | |
| Конфігурування параметрів обладнання | × | | × | × | | |
| Синхронізація внутрішнього таймера | | | × | × | | × |
| Віддалене керування парольною інформацією | | | | | | |
| Встановлення статусу тривожних повідомлень | | | × | | | |
| Доступ до списку тривожних подій | | | × | | | |
| Фільтрування внутрішніх подій | | | × | | | |
| Обмін конфігураційними даними, оновлення версій програмного забезпечення | | | | | × | |
| Керування скиданням та зберіганням даних | | | | | × | |
| Завантаження програмного забезпечення | | | | | × | |

Як бачимо із табл. 6.1, локальний доступ адміністраторів до керування парольною інформацією здійснюється або через незахищений інтерфейс за допомогою протоколу управління SNMP або через захищений інтерфейс, що створюється з використанням тунелювання , VPN та стеку протоколів IPSEC. Віддалений доступ до керування парольною інформацією здійснюється, як правило, в режимі віддаленого вузла з використанням засобів захисту інформації.

Моніторинг якості функціонування обладнання та якості обслуговування (Performance monitoring) засновано на використанні індикаторів стану KPI, за допомогою котрих надається інформація про характеристики трафіка, поточні значення параметрів обладнання та обслуговування. Цей моніторинг є необхідним також для збору статистичної інформації в задачах прогнозування пульсацій трафіку. Доступ до індикаторів стану обладнання та обслуговування здійснюється згідно даних табл. 6.1 через інтерфейси управління, що створені на базі використання SNMP та / або WEB.

Процедури конфігурування параметрів обладнання та послуг також виконуються за допомогою SNMP та / або WEB. Наразі встановлення операційних параметрів активних елементів сучасних ТЛК-систем найбільш зручно здійснювати через Web-інтерфейс. Наприклад, обладнання сучасного крайового шлюзу розпізнає два типи користувачів: admin та monitor. Користувачі типу monitor мають можливість

тільки переглядати дані у шлюзі, в той час як користувачі типу admin користуються широкими правами доступу до ресурсів шлюзу (конфігурування, адміністрування тощо). Зокрема, Web-інтерфейс, що реалізується ПЗ під назвою Voyager, забезпечує доступ до всієї он-лайнової інформації щодо кожної прикладної задачі, що виконується на шлюзі, включаючи он-лайнову підказку. Бажано, щоб адміністрування шлюзу (зокрема, первісна його інсталяція) здійснювалось також за допомогою текстових команд через послідовний інтерфейс CLI.

Користувач типу monitor за допомогою браузера має можливість отримати доступ до наступної статистичної інформації:

– статистика роботи протоколу маршрутизації;

– статистика роботи шлюзу (загальні відомості, дані щодо точки доступу, тривожні повідомлення);

– статистика системних ресурсів (період працездатного стану, помилки, файлова система);

– таблиця просування пакетів;

– статистика інтерфейсів;

– моніторинг апаратних засобів.

Користувач типу admin через Web-інтерфейс має можливість виконувати наступні конфігураційні задачі:

– конфігурування інтерфейсів;

– конфігурування процедур маршрутизації (за протоколами BGP, OSPF, RIP, IGRP, DVMRP, а також процедур static routes, route aggregation, route distribution, routing options);

– управління трафіком (списками доступу, формуванням трафіку тощо);

– конфігурування крайового шлюзу, включаючи призначення IP-адрес, встановлення сигналів тривоги, конфігурування статистичної інформації. Згідно даних табл. 6.1 тривожні повідомлення зазвичай транспортуються засобами протоколу SNMP. Обмін конфігураційними даними, оновлення версій ПЗ, забезпечується засобами інтернет-протоколу FTP.

ТЛК-системи у своєму складі, як правило, мають годинники реального часу (таймери), що дозволяє синхронізувати процеси, що на них виконуються. Синхронізація цих годинників із зовнішнім годинником NMS здійснюється засобами протоколу NTP. Годинники реального часу можуть також конфігуруватися за допомогою протоколу SNMP.

### 6.2 Порядок здійснення процедур адміністрування

Порядок здійснення адміністрування ресурсами ТЛК-обладнання у найбільш узагальненому вигляді полягає в наступному. Як правило, ПЗ будь-якої ТЛК-системи має ієрархічну структуру. У головному вікні програмного комплексу інстальованої системи керування, найбільш ймовірно, буде відображатися меню з найменуваннями функціональних груп інстальованих прикладних застосувань. Бажано, щоб це меню було складено згідно TMN-моделі керування, тобто у ньому відображалися найменування п’яти функціональних груп задач керування. Але на практиці таке буває не завжди. Виробники ТЛК-обладнання у міру свого розуміння умов застосування своїх виробів реалізують власні концепції побудови інтерфейсу управління. Так що головне вікно може бути побудовано на основі класифікації прикладних систем,

відмінної від TMN-моделі керування. У будь-якому разі основне (кореневе) меню графічного інтерфейсу управління ТЛК-системи, яка підлягає адмініструванню, буде містити перелік інстальованих груп прикладних застосувань. В залежності від змісту експлуатаційних робіт адміністратор завжди має можливість за допомогою “мишки“ обрати для користування ту або іншу групу застосувань. Наприклад, він може обрати групу Configuration Management або Fault Management. Зробивши вибір тої чи іншої групи застосувань, адміністратор побачить на екрані системного монітору головне вікно обраної групи, а в ньому меню, що містить перелік найменувань конкретних застосувань, які інстальовані в межах цієї групи, застосувань, що використовуються для адміністрування ТЛК-системи. Наприклад, обравши групу Configuration Management, у меню цієї групи адміністратор може побачити серед інших такі застосування як «Конфігурування вузла керування», «Конфігурування мережі», «Конфігурування вузлового обладнання», «Конфігурування елементів вузла», «Конфігурування інтерфейсів та користувачів». Із назв застосувань можливо скласти уявлення про об’єкти адміністрування. Зробивши вибір конкретного застосування із обраної групи, наприклад «Конфігурування вузлового обладнання», адміністратор побачить на екрані системного монітору головне вікно цього застосування, а в ньому меню, що містить перелік найменувань більш вузько функціональних (але більш конкретних) застосувань, що використовуються для адміністрування окремих вузлів ТЛК-системи. У меню застосування «Конфігурування вузлового обладнання» адміністратор може побачити серед інших такі конкретно-орієнтовані застосування як «Адміністрування загальних даних вузла», «Адміністрування доступу до вузла», «Адміністрування користувачів вузла», «Адміністрування послуг вузла», «Адміністрування вузлової сигналізації» тощо. На кінець, обравши конкретне застосування, яке у даний момент потрібне для роботи, наприклад «Адміністрування загальних даних вузла», адміністратор побачить на екрані монітору вікно цього застосування, що забезпечує взаємодію адміністратора з інструментарієм цього застосування. У вікні знайде відображення послідовність дій адміністратора (ініційовані ним команди, задані параметри) та реакція системи на ці дії. Зрозуміло, що адміністратор повинен знати користувацький інтерфейс даного застосування (відповідні команди, реакцію на ці команди тощо) та мати практичні навички роботи з адміністрування системи.

Наведена вище схема взаємодії адміністратора з прикладним ПЗ ТЛК-системи не є єдино можливою. Зокрема, головне вікно програмного комплексу керування ТЛК-системою може мати меню, що побудовано за топологічною ознакою, тобто в цьому меню будуть відображатися найменування вузлів та каналів зв’язку мережі. Вибравши із меню конкретний топологічний елемент мережі, адміністратор отримує можливість перейти до меню, в якому відображаються функціональні групи застосувань, область дії котрих обмежена вибраним топологічним елементом мережі.

### 6.3 Адміністрування вузла мережі

Адміністрування вузла ТЛК-мережі полягає у послідовному виконанні відповідних процедур, які підтримуються відповідними прикладними застосуваннями нижнього рівня ієрархії, що інстальовані у складі програмного комплексу керування мережею (або у складі ПЗ окремого активного елементу, якщо мова йде про локальне управління цим елементом). Іншими словами, щоб виконати певну процедуру

адміністрування, необхідно вибрати із меню прикладного застосування відповідної функціональності більш конкретні застосування (прикладні програми) необхідного призначення.

Наприклад, для адміністрування вузла телефонної мережі необхідно у меню вибрати бажаний вузол та застосування, що призначені:

– для адміністрування програм управління конфігурацією вузла (із групи Configuration Management );

– для управління процедурами діагностики обладнання (із групи Fault Management );

– для управління трафіком (із групи Performance Management);

– для перегляду довідника з експлуатації (із групи Performance Management);

– для управління дозволами на роботу з окремими застосуваннями (із групи Security Management);

– для адміністрування даних в системі обліку використаних ресурсів (із групи Accounting Management);

– для управління ТЛК-системою.

Можуть знайти використання й інші застосування, наприклад для адміністрування графіків передавання і узгодження топологічних даних.

Для адміністрування вузла керування телефонною мережею необхідно у меню вибрати найменування вузла керування та наступні застосування:

– «Конфігурування вузла керування», яке дозволяє встановлювати сервер бази даних вузла керування, адмініструвати елементи мережі, управляти параметрами системи збору даних про використані мережні ресурси, задавати параметри синхронізації станційних процесів тощо;

– «Управління розкладом передачі», яке дозволяє управляти розкладом передачі різних видів даних (тарифні дані, дані щодо виконання додаткових послуг, дані щодо аварійних сигналів тощо) із телекомунікаційного вузла у вузол керування;

– «Конфігурування інтерфейсів відкритого типу», яке дозволяє конфігурувати систему інтерфейсів відкритого типу та адмініструвати користувачів, котрим забезпечується доступ до системи через ці інтерфейси;

– «Управління конфігурацією системи», яке дозволяє виконувати із вузла керування адміністрування інших вузлів мережі – апаратних засобів, загальних даних, доступів, даних абонентів, додаткових послуг, маршрутизацію викликів, систем сигналізації;

– «Управління діагностикою», яке дозволяє виконувати адміністрування поточних випробувань, випробувань за запитами та результатів вимірювань;

– «Контроль за аварійними сигналами» (Alarm Monitoring), яке дозволяє виконувати перегляд аварійних сигналів у телекомунікаційних вузлах, системах електроживлення, вузлах керування, а також архівних даних за цими сигналами;

– «Адміністративне управління тарифікацією та реєстрацією даних обліку вартості телефонних розмов», яке дозволяє адмініструвати тарифні дані, передавати та оброблювати записи детальних даних щодо зроблених викликів (Call Detailed Record – CDR) і тарифних лічильників, накопичувати CDR на носіях даних, а також передавати дані у білінгову систему та забезпечувати їхній захист;

– «Управління робочими характеристиками», яке дозволяє адмініструвати вимірювання та накопичення статистичних даних, а також показувати результати, що

отримані після вимірювань на абонентських комплектах, групах визначених послуг, з'єднувальних лініях тощо;

– «Управління безпекою», яке дозволяє або забороняє доступ до прикладних застосувань;

– «Управління системою», яке дозволяє адмініструвати основні дані вузлів, адмініструвати мережу керування, виконувати інсталяцію ПЗ вузлів, створювати копії баз даних та даних про конфігурацію мережі, виконувати процедури узгодження баз даних, підготовлювати план нумерації, змінювати нумерацію та управляти програмою відстеження викликів. (План нумерації – це набір правил, що визначає, яким чином треба створювати телефонні номери).

### 6.4 Конфігурування характеристик обладнання

Мається на увазі встановлення певним чином обраної конфігурації параметрів обладнання, режимів його роботи, функціональних можливостей, найменувань об'єктів, ідентифікаторів суб'єктів тощо. Конфігурування параметрів ТЛК-обладнання (Configuration Maintenance) будемо розглядати як одну з функціональних груп задач експлуатації.

Розробники сучасного ТЛК-обладнання намагаються зробити його багатофункціональним, багаторежимним, побудованим за модульним принципом. Це забезпечує можливість його використання у широкому колі прикладних застосувань, які в багатьох випадках суттєво відрізняються умовами функціонування. Тому ще до введення обладнання в експлуатацію необхідно його характеристики (параметри, режими, функції) настроїти на конкретні умови використання. Процес настроювання характеристик обладнання з метою отримання бажаної структури його функціональних можливостей називається конфігуруванням.

Конфігуруванню зазвичай підлягають: як апаратні, так і програмні засоби, що входять до складу експлуатованого ТЛК-обладнання; як окремі елементи обладнання різного ступеню агрегації (модулі, блоки, вузли, тобто типові елементи заміни в обладнанні), окремі макро-елементи вузлового обладнання (комутатори, маршрутизатори, сервери), так і уся багатовузлова ТЛК-система (мережа) у цілому. Конфігуруванню можуть підлягати і окремі функції, послуги і функціональні підсистеми, засоби реалізації котрих розосереджені по різним елементам обладнання.

Розрізняють процедури первісної інсталяції конфігурації обладнання, процедури поточного (оперативного) конфігурування та процедури переінсталяції конфігурації обладнання під час його модернізації.

Цілі та зміст процедур поточного конфігурування, що виконуються на стадії експлуатації ТЛК-обладнання, суттєво відрізняються від цілей та змісту первісного конфігурування параметрів, що виконується на стадії уведення обладнання в експлуатацію, а також від процесів переінсталяції конфігурації обладнання під час його модернізації.

На стадії уведення обладнання в експлуатацію здійснюється первісна інсталяція програмних та апаратних засобів ТЛК-системи та конфігурування параметрів таким чином, щоб її характеристики повністю відповідали положенням та умовам проектної документації на цю систему і враховували конкретні умови її використання на існуючій або створюваній ТЛК-мережі.

На стадії експлуатації будь-якої ТЛК-системи існує необхідність в оперативних змінах поточної конфігурації штатних програмно-апаратних засобів ТЛК-системи з тим, щоб ця конфігурація адекватно відображала поточні вимоги користувачів і персоналу до кількості та якості послуг, що надаються системою. А ці вимоги постійно змінюються у реальному часі. Процес поточного (оперативного) керування конфігурацією, як правило, не зачіпає системних компонентів обладнання і, тому, може здійснюватися у фоновому режимі роботи цього обладнання, тобто без призупинки його функціонування за основним призначенням.

На стадії експлуатації ТЛК-обладнання час від часу може підлягати модернізації. Під час модернізації зазвичай виконується переінсталяція обладнання і, отже, виникає потреба у його реконфігуруванні. У випадках, коли реконфігуруванню підлягають і системні компоненти ТЛК-системи, то доводиться призупиняти її роботу за основним призначенням.

Як приклад розглянемо процедуру конфігурування вузла, в якому розміщено обладнання цифрової системи комутації телефонних каналів. Для здійснення цієї процедури використаємо застосування «Адміністрування конфігурації вузла», що входить до складу групи застосувань Configuration Management. Головне вікно цього застосування містить меню з найменуваннями застосувань конкретного призначення більш низького рівня ієрархії, а саме (рис. 6.2):

– застосування Global для адміністрування загальних даних вузла;

– застосування Access для адміністрування доступів;

– застосування Subscriber для адміністрування бази даних абонентів (включаючи дані про додаткові послуги, що вони отримують);

– застосування Routing для маршрутизації викликів;

– застосування Signalling для адміністрування систем сигналізації.

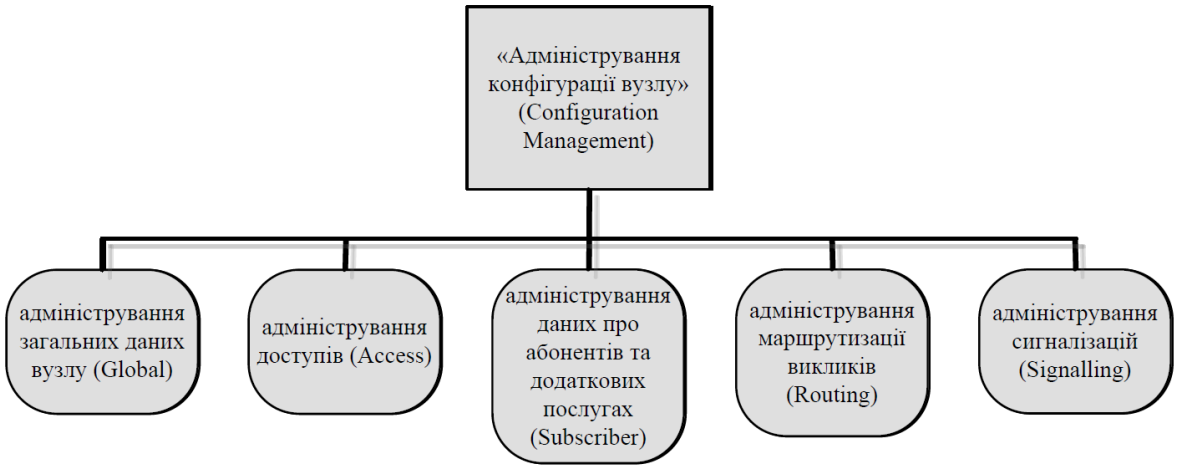


Рисунок 6.2 – Склад застосування «Адміністрування конфігурації вузла»

Розглянемо можливості кожного із вищевказаних застосувань.

Меню Global. Команди у цьому меню призначені для адміністрування даних, що відносяться до цього вузла у цілому, а саме:

– загальні дані про вузол;

– дані про апаратні засоби вузла;

– дані про джерела синхронізації;

– дані про послуги, що є загальними для усіх користувачів.

Меню Access. Команди у цьому меню призначені для адміністрування параметрів фізичних абонентських портів, а також створення або розривання взаємоз'єднань між абонентськими портами та абонентськими номерами. Кожному цифровому або аналоговому порту (зокрема, підключеному до мережі телефонному апарату) можливо надати кілька абонентських номерів.

Меню Subscriber. З використанням цього меню можливо записувати, змінювати та видаляти дані про абонентів (оскільки нові абоненти підключаються до мережі, а деякі старі з різних причин відключаються від неї).

Кожний абонентський запис може містити наступні дані:

– ідентифікатор вузла, в зоні обслуговування котрого знаходиться абонент;

– абонентський номер абонента;

– тип основної послуги, яку отримує абонент (наприклад, доступ до міської телефонної мережі загального користування);

– модуль обладнання, в якому знаходиться порт, що зв'язаний з абонентським номером (щоб при необхідності його було легко знайти персоналу);

– фізичний порт, з яким з'єднується даний абонентський номер;

– набір додаткових послуг абоненту (наприклад, переспрямування виклику, конференцзв'язок, зворотний довиклик тощо – додаткових послуг може бути кілька десятків);

– вимірювальна група, до якої підключено абонента;

– дані абонента щодо використаних ним ресурсів.

Меню Routing, що застосовується для адміністрування механізмів маршрутизації з'єднань. Щоб здійснювати таке адміністрування, необхідно мати уяву про топологію телефонної мережі та реалізований на комутаційному вузлі алгоритм маршрутизації. Припустимо, що маємо фрагмент мережі, що показаний на рисунку 6.3.

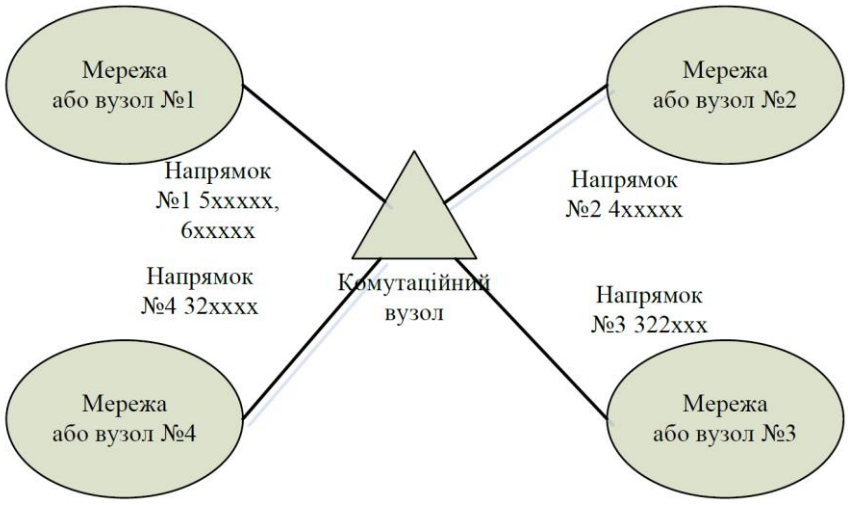


Рисунок 6.3 – Приклад фрагменту телефонної мережі для пояснення маршрутизації

На рисунку 6.3 показані мережні з'єднання комутаційного вузла. Від нього до інших вузлів реалізовано чотири напрямки. У складі першого напрямку (до вузла №1) маємо дві лінії зв'язку. Кожен із інших напрямків має лише одну лінію. Лінії позначені шестизначними номерами виду xxxxxx. Лінії перших двох напрямків ідентифікуються однією закріпленою за лінією цифрою. Лінія третього напрямку ідентифікується трьома закріпленими цифрами (322xxx), а четвертого – двома цифрами (32xxxx).

Маршрутизація виконується на основі аналізу перших прийнятих цифр, що закріплені за відповідними лініями зв'язку, тобто на основі префіксів. (Префікс це одна із частин послідовності цифр, що набирає абонент в процесі встановлення з'єднання. Префікс використовується для маршрутизації викликів). Префікси зв'язуються з даними про кінцеві точки з'єднань (з пунктами призначення викликів). Визначаються категорії пунктів призначення (зокрема, такі категорії як порти місцевих абонентів, або порти за межами даного вузла, або коди процедур, що знаходяться під управлінням абонента під час надання якоїсь абонентської послуги, або спеціальні можливості вузла). В процесі адміністрування механізмів маршрутизації адміністратор задає параметри кінцевих точок з'єднань (пунктів призначення), що ідентифікуються відповідними кодовими словами – префіксами. З префіксом зв'язані наступні параметри:

1) Зона тарифікації – це кодове слово, що визначає рівень тарифу для початкової точки з'єднання. Рівень тарифу встановлюється у відносних одиницях, оскільки конкретні платежі, які здійснюють абоненти, залежать від ціни одиниці, яка, у свою чергу, залежить від багатьох факторів, що враховуються засобами білінгової системи. При визначенні префіксу також визначаються можливі реакції кінцевої АТС на запити щодо з'єднань, які можуть вплинути на роботу вихідної станції, що ініціює з'єднання, і тому мають бути враховані під час адміністрування. А саме, необхідно вказати, яка буде реакція вихідної станції на наступні запити кінцевої станції:

– номер абонента, який ініціював виклик;

– зворотне передавання номеру переадресування;

– повторне передавання префіксу;

– добір номера абонента (частотним способом).

Для кожної кінцевої точки вказуються відповідні часові обмеження (тайм-аути), у рамках котрих мають здійснюватися відповідні дії. Якщо ці дії в рамках тайм-аутів не встигли завершитися, то процес обробки виклику припиняється. Розрізняють наступні тайм-аути:

– проміжок часу на встановлення з'єднання;

– проміжок часу на чекання відповіді абонента;

– тривалість розмови;

– тривалість сигналу зайнято при невдалій спробі з'єднання.

Завершення процесу встановлення з'єднання також може програмуватися. Ознакою закінчення встановлення з'єднання може бути:

– відповідний сигнал управління;

– тайм-аут після передавання сигналу;

– певна логічна комбінація етапу з'єднання та останнього сигналу.

Вищеназвані дії адміністратора можуть розповсюджуватися на комбінації пунктів призначення та обраних маршрутів.

2) Маршрут – набір можливих шляхів встановлення з'єднання з кінцевою точкою (з пунктом призначення). У процесі адміністрування механізмів створення маршруту необхідно визначити:

– яка кількість знаків префіксу має бути задіяна для визначення маршруту;

– після якої цифри набраного номеру можливо починати встановлення з'єднання;

– яку кількість знаків від початку набраного номеру слід пропустити для встановлення з'єднання;

– з якого знака слід почати починати передавання інформації;

– у випадку термінової заміни номеру на ділянці маршруту вказати, який саме знак слід замінити для продовження з'єднання.

3) Напрямок або група каналів (ліній). Характеристики групи каналів або ліній, які безпосередньо з'єднують сусідні АТС, задаються адміністратором. Напрямок характеризується:

– фізичним середовищем передавання (аналогові лінії, цифрові канали);

– типом сигналізації (регістрова, лінійна тощо) ;

– режимом роботи напрямку (вихідні, вхідні, двосторонні) та пріоритетом роботи двосторонніх ліній.

Якщо існує можливість перенавантаження напрямку, то адміністратор тимчасово на певний період часу може встановити обмеження на використання певного виду зв'язку (встановити обмеження на використання місцевого, міжміського або міжнародного зв'язку). Можливо встановлення обмежень на використання комбінацій видів зв'язку або встановлення, навпаки, дозволів на використання певних видів зв'язку, тобто відкриття напрямку для певного виду зв'язку. У загальному випадку напрямок може складатися із окремих каналів, кожен з котрих може адмініструватися окремо.

Адміністратор може задати також метод пошуку незанятих каналів при встановленні з'єднань:

– в порядку зростання номеру каналу у напрямі;

– в порядку убування номеру каналу у напрямі;

– поточний номер каналу плюс одиниця після кожного вибору каналу;

– метод випадкового пошуку.

Перші два методи називають пошуком з постійним пріоритетом.

4) Канал (лінія) – це пристрої та лінії, які забезпечують створення фізичного середовища передавання інформації між АТС. Вони мають ті ж самі характеристики, що і напрямки. Для кожного каналу можуть призначатися відповідні тайм-аути. Ці тайм-аути обмежують або інтервал встановлення з'єднання, або загальний інтервал часу зайняття лінії у випадках неотримання сигналу відповіді.

Меню Routing об'єднує команди, за допомогою яких здійснюється адміністрування наступних об'єктів:

– префікси;

– пункти призначення;

– пріоритети та значення критеріїв, що впливають на вибір маршрутів;

– дані маршрутів;

– дані про групи з'єднувальних ліній;

– дані про з'єднувальні лінії;

– дані оператора зв'язку.

Щоб мати уявлення про послідовність дій адміністратора під час конфігурування ТЛК-обладнання, наведемо в якості прикладу порядок конфігурування АТС для типових умов її використання.

1. Введення коду станції та коду місцевої телефонної мережі.

2. Створення імені станції та його прив'язка до коду місцевої мережі.

3. Визначення діапазону телефонних номерів підмережі абонентського доступу (визначення плану нумерації).

4. Створення користувача (адміністратора) з правом доступу до підсистеми управління станцією.

5. Введення паролю адміністратора.

6. Конфігурування характеристик блоків станції.

7. Конфігурування характеристик модулів станції.

8. Активізація модулів.

9. Створення абонентських номерів (здійснення відповідних записів з даними про абонентські номери).

10. Призначення додаткових класів послуг.

11. Присвоєння абонентським портам абонентських номерів.

12. Прописування внутрішньої маршрутизації.

13. Прописування зовнішньої маршрутизації.

14. Введення інформації щодо прийнятих обмежень, заборон та умов функціонування обладнання.

У базових станціях систем мобільного зв'язку, як правило, реалізуються функції управління конфігурацією. Якщо будь-який елемент добавляється або виключається із поточної конфігурації апаратних засобів станції, то інформація щодо цієї події вноситься у відповідну базу даних. Якщо у поточній конфігурації виявляється несанкціонований елемент, то створюється відповідне повідомлення для системи сповіщення.

### 6.5 Адміністрування систем сигналізації,

Для адміністрування характеристик систем сигналізації, що робиться зазвичай під час інсталяції обладнання ТЛК-системи, може бути використано окреме застосування, спеціально створене для виконання цього виду робіт, або використано застосування «Адміністрування конфігурації вузла», що входить до складу групи застосувань Configuration Management. Через меню Signalling цього застосування можливо задіяти команди, що слугують для записів, змінювань та видалення параметрів систем сигналізації та відповідних інтерфейсів, які планується використати в телефонній мережі. Технологія адміністрування систем сигналізації подібна технології конфігурування параметрів вузла комутації, що була розглянута у попередньому прикладі.

### 6.6 Адміністрування білінгової системи

Білінгова система – це програмний комплекс, що призначений для здійснення обліку використаних клієнтами ресурсів ТЛК-системи, кількості та якості послуг, які отримані клієнтами, а також для розрахунку та списання коштів із рахунків клієнтів у відповідності з прийнятими тарифами телекомунікаційної компанії.

Завдання, які вирішує білінгова система, полягають в наступному:

– накопичення інформації про кількість та якість отриманих клієнтами послуг (так званий акаутінг);

– розрахунки обсягу оплат, що мають зробити клієнти, у відповідності із прийнятими тарифними планами;

– забезпечення процедур поповнення рахунків клієнтів;

– автентифікація та авторизація абонентів, що здійснюють оплату використаних ресурсів ТЛК-системи;

– контроль кількості коштів на рахунках абонентів та списання коштів у відповідності із прийнятими тарифами;

– інформування клієнтів про поточний стан їхніх рахунків;

– внесення змін у тарифи;

– представлення статистичних даних у розрізі білінгових операцій;

– оформлення вихідних даних для бухгалтерського обліку.

На практиці знайшла застосування велика кількість різних білінгових систем. Вибір конкретної системи в конкретних умовах використання залежить від багатьох факторів, насамперед від масштабів ТЛК-системи, кількості її вузлів, кількості клієнтів, характеру та різноманітності послуг, що надаються системою, ступеню автоматизації та інтелектуалізації білінгових процесів, різномаїття та принципів побудови тарифних планів тощо.

У великих ТЛК-мережах ПЗ білінгової системи, зазвичай, розміщають у Центрах обробки білінгової інформації (Billing Centre, CCBS), які зв'язують відповідними транспортними каналами із серверами вузлового обладнання, де накопичується інформація у вигляді так званих білінгових записів CDR (читається як Charging Data Record, а не Call Detailed Record як це прийнято у телефонії). Файли із білінговими записами CDR з даними щодо кількості та якості отриманих клієнтами послуг (Charging files) передаються із цих серверів до центрів CCBS з використанням або незахищеного FTP-сервісу із стеку протоколів TCP / IP (якщо транспортування даних здійснюється через спеціально виділені канали зв'язку), або створюється захищений транспортний тунель з використанням технології VPN (Virtual Private Networks) і захищеного протоколу GTP′ (Gateway Transport Protocol) над стеком TCP / IP (якщо транспортування даних здійснюється через незахищене середовище).

Для адміністрування параметрів білінгової системи, як правило, використовують окреме застосування, спеціально створене для виконання цього виду робіт. Технологія адміністрування білінгової системи подібна технології конфігурування параметрів вузла комутації, що була розглянута у попередньому прикладі. Зокрема, встановлення операційних параметрів білінгової системи найбільш зручно здійснюється через Web-інтерфейс. Система розпізнає два типи користувачів: admin та monitor. Користувачі типу monitor мають можливість тільки переглядати дані у CCBS, в той час як користувачі типу admin користуються широкими правами доступу до ресурсів білінгової системи (конфігурування, адміністрування тощо). Web-інтерфейс, що реалізується ПЗ, забезпечує доступ до всієї он-лайнової інформації щодо кожної прикладної задачі, що виконується у білінгової системі, включаючи он-лайнову підказку. Адміністрування білінгової системи за допомогою текстових команд (зокрема, первісна його інсталяція) можливо також здійснювати через послідовний інтерфейс CLI.

## Питання для контролю

1. Які групи функцій O&M Ви знаєте?

2. Яким чином побудовано інтерфейс управління окремим елементами ТЛК-систем?

3. Надайте визначення терміну «адміністрування».

4. Надайте характеристику системі централізованого керування ТЛК-системою.

5. Які переваги та недоліки має система централізованого керування у порівнянні із локальною системою керування?

6. Надайте характеристику режиму віддаленого управління.

7. Надайте характеристику протоколу telnet.

8. Яка типова структура ПЗ сучасної ТЛК-системи?

9. Що таке функціональне ПЗ ?

10. Які основні групи прикладних застосувань типової телефонної комутаційної системи Ви знаєте ?

11. У чому полягає зміст процедур адміністрування програм керування?

12. Які особливості інтерфейсу між адміністратором та системою управління ТЛК-обладнанням?

13. Наведіть порядок здійснення процедур адміністрування.

14. Яким чином здійснюється адміністрування вузла мережі?

15. Яким чином здійснюється конфігурування характеристик обладнання?

## Література

1. Prakash J.Om, Gururaj H.L., Pooja M.R., Pavan Kumar S.P. Methods, Implementation, and Application of Cyber Security Intelligence and Analytics. IGI Global, 2022. 269 p.

2. Sharma N., Bhatavdekar M. (eds.) World of Business with Data and Analytics. Springer, 2022. 211 p.

# ТЕМА 7
# ПІДТРИМКА НАДІЙНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ

## 7.1 Загальна характеристика задач підтримки надійності функціонування обладнання

Актуальність вирішення задач підтримки надійності функціонування ТЛК-обладнання. Сучасне ТЛК-обладнання функціонує цілодобово у реальному часі та призначене, в багатьох випадках, для технічної підтримки надання телекомунікаційних послуг величезній кількості клієнтів. Затримки в обслуговуванні цих клієнтів або навіть незначне погіршення якості їхнього обслуговування можуть призвести до значних економічних збитків для телекомунікаційних операторів та провайдерів інформаційних послуг. Не говорячи вже про ТЛК-обладнання спеціального призначення: відмови в роботі цього обладнання можуть призвести до катастрофічних наслідків. Тому забезпеченню високої надійності функціонування обладнання (Reliability) у сфері телекомунікацій приділяється особлива увага.

Особливості вирішення проблем підтримки надійності ТЛК-обладнання під час його експлуатації.

1) ТЛК-обладнання, як правило, відноситься до класу відновлювальних систем, тобто його експлуатація у часі являє почергову зміну інтервалів працездатності та простоїв обладнання. У періоди простоїв здійснюється відновлення працездатності (тобто, ремонт), обладнання знов працює до чергової відмови. Тому під час вирішення проблем надійності ТЛК-обладнання слід користуватися методологічними підходами та показниками надійності, що розроблені в теорії надійності для відновлювальних об’єктів. Зокрема, доцільно вважати, що ТЛК-обладнання під час свого функціонування формує потік відмов, який характеризується параметром потоку відмов $\lambda(t)$, і цей потік відповідає умовам:

– ординарності (коли ймовірність появи двох і більше відмов в один і той же момент є нехтовно малою);

– стаціонарності (коли ймовірність появи $k$ відмов не залежить від часу, а є функцією довжини інтервалу спостереження $\Delta t$ і числа відмов $k$);

– відсутності післядії (коли для будь-яких двох інтервалів спостереження кількість відмов в одному з них не залежить від кількості відмов в іншому).

Окрім того, доцільно вважати, що щільність розподілу напрацювання між відмовами підкоряється експоненціальному закону і, от же, можливо рахувати, що $\lambda(t) = \lambda = 1/T_0$, де $T_0$ – напрацювання для сталого процесу експлуатації (після періоду приробітку нового обладнання). За таких умов ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$, щільність розподілу відмов $f(t)$ та час напрацювання на відмову $T_0$ відповідно дорівнюють:

$$P(t) = \exp(-\lambda t);$$

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t); \qquad T_0 = 1/\lambda. \tag{7.1}$$

Вище наведено імовірнісне визначення напрацювання на відмову та інших показників надійності, що при вирішенні експлуатаційних завдань має теоретичне значення. На практиці більш придатною є статистична оцінка цих показників, зокрема

$$T_0^n = (1/n)\sum t_{pi} \qquad (7.2)$$

де $n$ – кількість відмов за відповідний період спостереження, а $t_{pi}$ – час напрацювання на $i$-ту відмову. Статистичне оцінювання показників надійності завжди можливо організувати під час експлуатації ТЛК-системи.

2. На етапі експлуатації ТЛК-системи навряд чи виникне необхідність у розрахунках надійності елементів ТЛК-обладнання або усієї системи у цілому. На стадії експлуатації більш важливо, щоб експлуатаційний персонал досконально знав методи забезпечення надійності в процесі експлуатації обладнання і володів практичними навичками настроювання та підтримки працездатності механізмів реалізації цих методів.

Зокрема, персонал має добре орієнтуватися у різноманітних методах цілеспрямованого уведення у склад обладнання ресурсної надлишковості (апаратної, програмної або інформаційної). Ресурсна надлишковість хоч і збільшує капітальні та експлуатаційні витрати телекомунікаційних операторів, проте надає змогу підтримувати безвідмовність та відновлюваність обладнання на прийнятних рівнях і, отже, забезпечувати прийнятний рівень доступності ТЛК-послуг для користувачів.

3. Одним із найбільш розповсюджених методів забезпечення надійності, що базується на уведенні у склад обладнання апаратної та / або програмної надлишковості, є резервування обладнання.

Структура високонадійного безвідмовного ТЛК-обладнання, як правило, передбачає можливість резервування (зокрема, дублювання) роботи типових елементів заміни – ТЕЗів (апаратних модулів – плат, слотів, блоків, касет та / або програмних модулів, програм у цілому і, навіть, цілих комплексів програм). У відповідальних випадках резервуванню підлягають усі макро-елементи ТЛК-системи – мультиплексори, канали зв’язку, вузлові комутатори, маршрутизатори, шлюзи, системні сервери, контролери тощо, у макро-елементи програмного забезпечення – операційні системи, технологічні бази даних, спеціалізовані програмні комплекси тощо. Ступінь охоплення елементів ТЛК-системи резервуванням в залежності від умов використання обладнання може бути різною – від пасивного (холодного) резервування ТЕЗів (коли вони зберігаються у зручному місці у відключеному стані) до організації режиму гарячого резервування з автоматичним відключенням проблемного ТЕЗу від працюючого обладнання та включенням замість нього дублюючого справного елементу. Зрозуміло, що гаряче резервування передбачає необхідність організації паралельної роботи основного (активного) та резервного (гарячого) елементів обладнання таким чином, щоб не втрачати час на уведення в дію резервного елементу в момент, коли визначилась подія, що пов’язана із втратою працездатності активного елемента. У критично важливих випадках коефіцієнт резервування може перевищувати 2, тобто у склад обладнання може включатися більше, ніж два аналогічних ТЕЗа – їх може бути три і, навіть, чотири. Таке багатократне резервування елементів обладнання має широке застосування в сучасних мережах мобільного зв’язку. Дублюються не тільки ТЕЗи, але і порти обладнання, що надає змогу заміщати несправні канали зв’язку, перенаправляти потоки інформації в обхід несправних ділянок мережі або утворювати кільцеподібні мережні структури, котрі у ряді випадків можуть забезпечувати потрібні характеристики надійності найбільш економним шляхом.

4. Окрім резервування, використовують й інші методи забезпечення високої надійності роботи ТЛК-обладнання. Якщо, наприклад, у склад ТЛК-системи входять кілька однотипних елементів, що виконують однакові функції, то нерідко на їхній основі створюють розподілену структуру таким чином, щоб вони утворили певний ресурсний пул. У цьому випадку, коли виходить із ладу будь-який із цих елементів, то виконання його функцій беруть на себе інші працездатні елементи, що входить до складу утвореного пулу. Зрозуміло, що у цьому випадку коефіцієнти завантаження цих елементів мають бути меншими, ніж одиниця, інакше створення ресурсного пулу втрачає сенс.

5. До особливостей сучасних ТЛК-систем слід віднести їхню гнучкість щодо відмов як програмних, так і апаратних елементів. Вимоги до показників їхньої надійності є настільки високими, що у разі відмови одного якогось або, навіть, цілої групи елементів обладнання робота цих систем не повинна призупинятися. Обладнання має бути не тільки безвідмовним (тобто, з великими інтервалами напрацювання на відмову), але і самовідновлювальним (з автоматичним і швидким відновленням роботи після відмови). У сучасні зразки ТЛК-обладнання вмонтовані механізми самовідновлення після збоїв та відмов і після відмов в роботі програмного забезпечення.

6. У процесі експлуатації ТЛК-обладнання особливу увагу приділяють забезпеченню надійності функціонування програмного забезпечення (ПЗ). Небезпека відмов ПЗ полягає у тому, що на відміну від відмов апаратних елементів відмови ПЗ часто неможливо виявити відразу. Ці відмови виявляються пізніше, коли ПЗ під час вирішення якоїсь прикладної задачі стикається з певними труднощами. Наприклад, у випадку виникнення помилки під час виконання якої-небудь програми, що здійснює управління розподілом пам’яті буферних пристроїв, може відбутися зациклення пакетів, некоректна обробка черг тощо. Щоб цього уникнути, для виявлення помилок у ПЗ на практиці широко використовуються різноманітні методи уведення інформаційної надлишковості, зокрема коди з виявленням та корекцією помилок. Однак основним методом підвищення надійності ПЗ слід вважати резервування його елементів.

7. Для забезпечення високої надійності роботи обладнання застосовують цілу низку заходів організаційно-технічного характеру, що підтримують стабільність характеристик середовища, в якому функціонує обладнання: температуру, вологість повітря, високоякісне заземлення, стабільне електропостачання, а також параметри систем забезпечення фізичної безпеки роботи обладнання (від пожеж, ударів блискавок, несанкціонованого доступу в приміщення, де розташоване обладнання).

### 7.2 Показники експлуатаційної надійності обладнання

$P(T_N)$ – ймовірність безвідмовної роботи ТЛК-обладнання на проміжку часу $T_N$. Визначається згідно з ДСТУ 2860-94 як ймовірність того, що в межах заданого напрацювання $T_N$ відмови мережевого обладнання не настануть. Цей показник щодо телекомунікаційного обладнання не нормується, але може обчислюватись (точніше, оцінюватись у статистичному сенсі) з метою отримання даних щодо надійності виробів окремих постачальників обладнання. На стадії експлуатації ТЛК-обладнання цей показник майже не використовується.

*MTBF* (Mean Time Between Failures) – середній час між відмовами. Більш точна назва: середній час напрацювання між відмовами $T_{0сер}$. Характеризує рівень надійності обладнання як такого без урахування впливу на надійність цього обладнання процесів технічного обслуговування та ремонту. Визначається згідно з ДСТУ 2860-94. Цей показник широко використовується в експлуатаційній практиці, але щодо телекомунікаційного обладнання не нормується. Використовується для визначення коефіцієнту готовності, який дає більш інтегральну оцінку рівню надійності обладнання.

*MTTR* (Mean Time To Repair) – середній час відновлення (ремонту) після відмови обладнання. Характеризує функціональність обладнання з точки зору забезпечення відновлення обладнання після відмов та рівень досконалості служб технічного обслуговування та ремонту (рівень організації робіт з технічного обслуговування та ремонту обладнання, кваліфікація персоналу, ступінь досконалості інструментальних засобів для ремонту тощо). Визначається згідно з ДСТУ 2860-94. Використовується для визначення коефіцієнту готовності.

$MTTR_{max}$ – максимально припустиме значення *MTTR*. Цей показник, як правило, нормується.

$К_г$ – коефіцієнт готовності обладнання. Комплексний показник експлуатаційної надійності мережевого обладнання, який характеризує співвідношення між MTTR та MTBF згідно з формулою:

$$К_г = MTBF / (MTBF + MTTR). \quad (7.3)$$

Визначається згідно з ДСТУ 2860-94. Цей показник називають комплексним, оскільки він характеризує як рівень надійності самого обладнання (з урахуванням усіх механізмів забезпечення надійності, які у ньому реалізовані, а також заходів з підтримки цієї надійності), так і рівень засобів і заходів, що відновлюють роботу цього обладнання після відмов. Із (7.3) витікає: якщо $MTTR \rightarrow 0$ (якщо маємо ідеальну службу відновлення обладнання), то $К_г \rightarrow 1$. У той же час, якщо $MTBF \rightarrow \infty$ (якщо маємо ідеальну надійність обладнання), то незалежно від рівню відновлюваності обладнання також $К_г \rightarrow 1$. За малих значень MTBF та за великих значень MTTR коефіцієнт готовності обладнання $К_г \rightarrow 0$.

$К_г^{min}$ – мінімально припустиме значення коефіцієнту готовності. Цей показник, як правило, нормується. Для сучасного інфраструктурного обладнання глобальних пакетних мереж та систем мобільного зв'язку значення цього коефіцієнту досягає, як кажуть, «чотирьох дев'яток», тобто $К_г \rightarrow 0{,}9999$. Деякі постачальники обладнання стверджують, що рівень надійності їхніх виробів забезпечує досягнення $К_г \rightarrow 0{,}99999$.

*КП* – коефіцієнт простою обладнання. Визначається за формулою:

$$КП = 1 - К_г. \quad (7.4)$$

### 7.3 Умови та порядок контролю показників надійності

Контроль надійності ТЛК-обладнання проводять шляхом організації експлуатаційних спостережень – збиранням та обробленням статистичних даних про надійність обладнання в умовах його експлуатації за основним призначенням. Щодо ТЛК-обладнання застосовується послідовний план контролю показників надійності: в

процесі експлуатації контрольованого обладнання послідовно у часі реєструються моменти вияву відмов та моменти закінчення відновлювальних робіт (рис. 7.1). І далі після кожного акту усунення відмов здійснюється поточна точкова оцінка вибраних показників надійності і порівняння їх з нормованими значеннями цих показників. Для визначення моментів вияву відмов організується безперервний у часі контроль відповідності параметрів, які характеризують працездатність цього обладнання. Контроль здійснюється у фоновому режимі, коли до потоків PDU споживачів додається потік тестових PDU, вимірювання параметрів та / або аналіз вмісту полів формату котрих дозволяє зробити висновок щодо працездатності контрольованого обладнання.

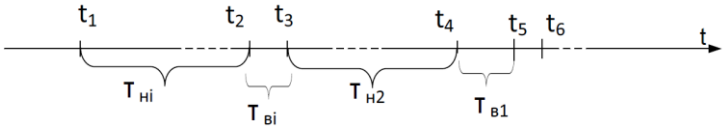


Рисунок 7.1 – Послідовний план контролю показників надійності, де $T_{ні}$ – $i$-тий інтервал напрацювання між відмовами; $T_{ві}$ – $i$-тий інтервал відновлення працездатності

Статистичні дані щодо відмов мережевого обладнання збирають з використанням так званих карток обліку відмов, у яких вказують, поміж інших даних, серійний номер мережевого обладнання, напрацювання з початку його експлуатації, дату виявлення відмови, назву (адресу) елементу, в якому виявлено відмову (плата, блок, програмний модуль), причину відмови, тривалість відновлення працездатного стану мережевого обладнання. До карток обліку відмов вносять інформацію лише щодо тих відмов мережевого обладнання, для усунення яких виконувалась заміна апаратних засобів (плат, блоків) або переінсталяція програмного забезпечення контрольованого мережевого обладнання. Математичну обробку отриманих даних про поточні значення інтервалів $T_{ні}$ та $T_{ві}$ під час оцінювання проводять згідно з ГОСТ 27.410. Однією із основних процедур визначення стану обладнання під час контролю працездатності є процедура контролю пов’язаності каналу транспортування даних. Якщо канал є зв’язаним, то тестове сигнальне повідомлення має безперешкодно пройти через цей канал від його початку до його кінця і в зворотному напрямі. Цим забезпечується гарантія, що канал, щонайменше, є фізично справним. Згідно з цією процедурою періодично з наперед визначеним інтервалом часу на вхід одного із напрямків передачі через контрольований канал надсилається PDU із запитом щодо підтвердження певних характеристик утвореного каналу (наприклад, надсилається сигнальне повідомлення «STATUS ENQUIRY»). Обладнання, що знаходиться на вихідному кінці каналу цього напрямку, у відповідь на отриманий запит має надіслати у зворотному напрямку PDU із підтвердженням факту отримання запиту та запитаними характеристиками (наприклад, відправити сигнальне повідомлення «STATUS»). І якщо підтвердження у визначений проміжок часу не надійшло або воно надійшло, але запитані характеристики вказують на певну невідповідність в роботі обладнання, то в цей момент фіксується факт порушення пов’язаності каналу, що рахується як вияв відмови (тобто, переходу обладнання у непрацездатний стан). Після закінчення відновлювальних робіт перевіряється коректність функціонування процедури контролю пов’язаності. І якщо порушення пов’язаності не спостерігаються,

робиться висновок про відновлення стану працездатності контрольованого обладнання.

Контроль ймовірності безвідмовної роботи. Вихідними даними для оцінювання $P(T_N)$ є задане напрацювання $T_N$ та припустиме значення $P^0(T_N)$. Вибір параметрів плану контролю здійснюють за таблицями 36-38 додатку 7 ГОСТ 27.410.

Контроль коефіцієнта готовності. Вихідними даними для оцінювання $K_г$ є мінімально припустиме значення цього коефіцієнта $K_г^{min}$ та ризик споживача $\beta$ (рівень ризику споживача отримати помилкову оцінку коефіцієнта готовності). Рівень ризику $\beta$ задається в діапазоні значень від 0 до 1. Якщо $\beta$ = 0,00, то ризик є відсутнім. Якщо $\beta$ = 1,00, то маємо стовідсотковий ризик. Якщо $\beta$ = 0,15, то маємо п'ятнадцятивідсотковий ризик.

Оцінку $K_г$ проводять після кожного $г$-того відновлення. А саме, на кожному $г$-тому кроці експлуатаційних спостережень обчислюють локальну оцінку коефіцієнта готовності.

Як бачимо із рис. 7.2, щоб із ризиком споживача на рівні $\beta$ = 0,05 (тобто, при п'ятивідсотковій ймовірності виникнення помилки у прийнятті рішення щодо визначення реального значення $K_г$) отримати упевненість, що реально виміряне значення коефіцієнту готовності відповідає $K_г^{min}$ = 0,998, обсяг отриманих даних про поточні значення інтервалів $\tau_{ні}$ та $\tau_{ві}$ має бути не менш, ніж $г$ = 25. Тобто, на основі спостережень за потоком відмов якогось одного зразка обладнання сказати щось більш-менш об'єктивне про реальне значення його коефіцієнту готовності можливо тільки після тривалого терміну спостережень. Може статися, що зразок обладнання буде демонтовано внаслідок його моральної застарілості задовго до того, коли у картці обліку відмов буде зафіксовано двадцять п'ять подій, що пов'язані із відновлювальними роботами на цьому зразку. Інша справа, коли існує можливість проаналізувати кілька облікових карток, в яких зафіксовані відмови різних зразків однотипного обладнання. Наприклад, в компанії працює десять зразків однотипних комутаторів і налагоджена централізована служба аналізу даних усіх облікових карток. Тоді буде достатнім зафіксувати на кожному із комутаторів усього лише по три події відмов, щоб із п'ятивідсотковим ризиком зробити оцінку реального значення $K_г$ оцінюваних комутаторів.

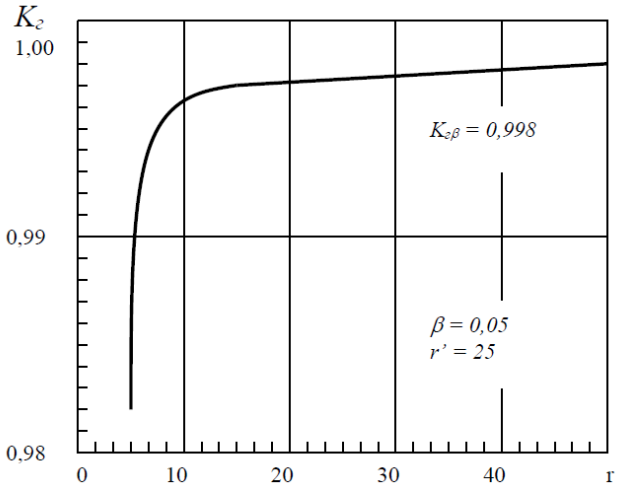


Рисунок 7.2 – Лінія прийняття рішення щодо коректності оцінки коефіцієнту $K_г$

## 7.4 Методи та засоби резервування програмно-апаратних елементів обладнання

Важливою особливістю роботи ТЛК-обладнання є необхідність забезпечення цілодобового режиму його функціонування. Це передбачає необхідність реалізації заходів щодо надійного резервування елементів обладнання (як апаратних засобів, так і ПЗ), забезпечення безперервного електроживлення від кількох джерел енергії та запобігання порушень доступності ресурсів обладнання для законних (легальних) користувачів. Розрізняють: системну надійність, апаратну надійність та надійність програмного забезпечення. Системна надійність. Структурні елементи обладнання та механізми їхнього функціонування, що реалізують основні принципи функціонування ТЛК-системи як єдиного цілого, забезпечують так звану системну надійність обладнання. В якості прикладу розглянемо варіант забезпечення системної надійності основного системного блоку (BBU) базової станції (BTS) стільникового зв'язку за схемою 1 + 1 + 2, що показаний на рис. 7.3.

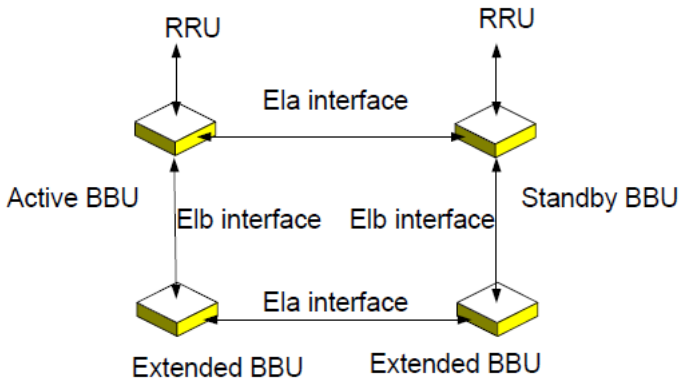


Рисунок 7.3 – Варіант забезпечення системної надійності блоку BBU шляхом одночасного гарячого та пасивного резервування за схемою 1 + 1 + 2

Тобто, маємо: один активний системний блок Active BBU, що на даному інтервалі часу бере на себе робоче навантаження базової станції; один системний блок Standby BBU, що здійснює функції гарячого резервування активного блоку; два додаткових пасивних системних блоки extended BBU, що здійснюють функції холодного резервування активного системного блоку. До основного системного блоку базової станції можуть бути підключені віддалені блоки RRU, що розміщуються у можливих місцях концентрації абонентського навантаження на певних відстанях від місця розміщення основного обладнання BTS. Так що вкрай бажано також забезпечити надійність каналу транспортування інформації між основним та віддаленим блоками базової станції.

Як бачимо із рис. 7.3, до активного робочого блоку Active BBU через спеціалізований EIa-інтерфейс підключено в якості гарячого резерву блок Standby BBU, що знаходиться у режимі Standby, тобто у режимі очікування моменту переключення у робочий активний стан. Блок Standby BBU працює паралельно із активним системним блоком, виконуючи ті ж самі операції у режимі реального часу, що і блок Active BBU. Бажано, щоб у будь-який момент часу поточні стани цих блоків були однаковими. У цьому випадку у разі виходу з ладу активного блоку буде забезпечена можливість майже миттєвого переключення обладнання базової станції на

роботу із блоком Standby BBU. Організація паралельної роботи активного та «гарячого» системних блоків базової станції залежить від того, в якому режимі (активному чи пасивному) використовується додатковий (резервний) канал транспортування інформації між Standby BBU та RRU. Якщо резервний канал є активним, тобто повністю дублює роботу основного каналу між Active BBU та RRU, то у цьому випадку забезпечується можливість незалежної роботи блоку Standby BBU від роботи блоку Active BBU. Фактично у цьому випадку обидва названі блоки (якщо вони є справними) у будь-який момент часу знаходяться в однаковому стані, внаслідок чого проміжок часу переключення активного блоку на резервний може бути зведений до мінімуму. Якщо ж резервний канал між Standby BBU та RRU є пасивним, то синхронізація станів обох блоків здійснюється через EIa-інтерфейс. Тому в момент виникнення проблем із активним блоком необхідно виділити певний проміжок часу на передавання на резервний блок останніх даних щодо поточного стану активного блоку та на переведення резервного каналу між BBU та RRU в активний стан.

Окрім того, у конфігурації рис. 7.3 системну надійність блоку BBU забезпечує холодний резерв – два додаткових extended BBU, які у штатних умовах знаходяться у пасивному стані і не підтримують режим Standby. Холодний резерв використовується у тих випадках, коли вийдуть з ладу одночасно як активний системний блок Active BBU, так і «гарячий» резервний блок Standby BBU. В залежності від побудови EIb-інтерфейсу проміжок часу, необхідний для синхронізації станів холодних та гарячих блоків BBU, може бути різним. Якщо, наприклад, холодний блок extended BBU лише включено у контур електропостачання, а у процесі штатного функціонування BTS обмін даними через EIb-інтерфейс не здійснюється, то у цьому разі стан холодного блоку ніяким чином не корелюється із поточним станом гарячих блоків і, отже, перехід холодного блоку в активний стан (у разі потреби) буде здійснюватися протягом досить тривалого часу, що може призвести до втрати значної кількості інформації і, навіть, до відмови в обслуговуванні абонентів стільникової мережі. Щоб цього уникнути, EIb-інтерфейс може бути побудовано таким чином, щоб забезпечувати підтримку певного проміжного рівню синхронізації станів холодних та гарячих блоків. Таке компромісне рішення, з одного боку, спрощує і, отже, здешевлює EIb-інтерфейс, а, з іншого боку, забезпечує прийнятну величину тривалості переходу холодного блоку в активний стан.

Інший варіант забезпечення системної надійності обладнання BTS показано на рис. 7.4.

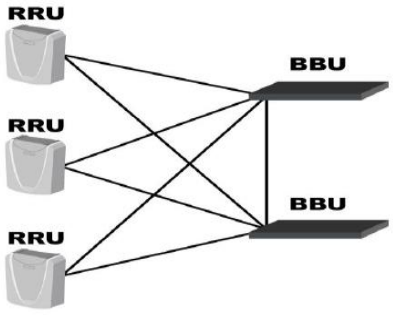


Рисунок 7.4 – Варіант забезпечення системної надійності блоку RRU шляхом його одночасного гарячого та пасивного резервування за схемою 1 + 1 + 1

Як бачимо, використовується схема гарячого резервування системного блоку BBU (маємо два BBU: один з котрих – Active BBU, а інший – Standby BBU, що

зв’язані через EIa-інтерфейс). Проте кожен із BBU з’єднаний відповідними каналами із трьома RRU. Тобто, маємо потрійне резервування віддаленого блоку базової станції. Режими резервування RRU та відповідних каналів транспортування інформації можуть бути обрані різними. Зокрема, за схемою 1 + 1 + 1, тобто обрано один активний RRU, один гарячий RRU та один холодний RRU. На практиці широкого застосування набула кільцева схема резервування обладнання, наприклад така, що показана на рисунку 7.5. Вихід з ладу будь-якого одного або суміжних елементів цієї схеми не позначиться на працездатності інших елементів кільця, а здійснення функцій непрацездатних елементів можуть узяти на себе елементи, що функціонують справно.

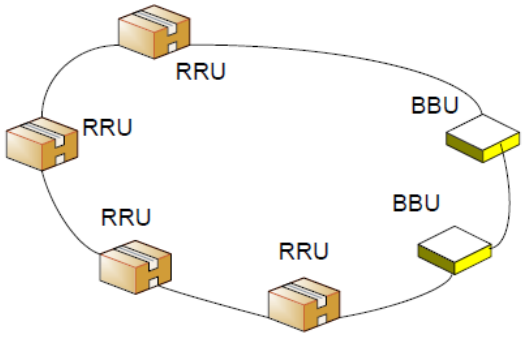


Рисунок 7.5 – Кільцевий варіант забезпечення системної надійності обладнання BTS

Апаратна надійність забезпечується на усіх стадіях життєвого циклу ТЛК-обладнання. На стадії проектування вона забезпечується низкою конструктивних апаратних рішень, спеціально спрямованих на підвищення надійності функціонування апаратних елементів обладнання, зокрема шляхом застосування надійної елементної бази під час конструювання апаратних елементів ТЛК-обладнання, використанням спеціальних технічних рішень, що припускають можливість нормальної роботи обладнання у широкому діапазоні змін параметрів обладнання та середовища його експлуатації (температурних перепадів, змін вологості повітря, параметрів енергозабезпечення), застосуванням елементів автоматики, що змінюють режими роботи обладнання в залежності від змін в умовах його експлуатації, застосуванням вбудованих електровентиляторів, що забезпечують охолодження апаратних елементів обладнання в процесі їх функціонування. На стадії виготовлення підвищення апаратної надійності досягається шляхом організації вхідного контролю працездатності комплектуючих виробів та їхнього стресового випробування безпосередньо перед їхнім монтажем. На стадії експлуатації використовуються різноманітні заходи організаційно-технічного характеру, що сприяють стабільній роботі ТЛК-обладнання: створення якісного контуру заземлення, екранування обладнання від зовнішніх електромагнітних впливів, захист від блискавок, використання сучасних систем виявлення проблемних ситуацій в роботі обладнання та їх усунення, застосування системи контролю та керування параметрами середовища експлуатації. Особлива увага на цій стадії приділяється особливостям застосування джерел безперебійного енергозабезпечення та систем захисту від нештатних коливань параметрів електромережі.

Програмна надійність. Внаслідок багатьох несприятливих факторів під час функціонування програмних засобів, що інстальовані у складі ТЛК-обладнання, можуть виникнути збої, помилки і, навіть, відмови роботі ПЗ. Тому у сучасних ТЛК-

системах забезпеченню надійності функціонування програмного забезпечення (ПЗ) приділяється не менша увага, ніж забезпеченню апаратної надійності.

*Примітка 1. Нагадаємо, що під збоєм розуміється нетривала подія некоректної роботи ПЗ, яка випадковим чином з'являється і через деякий час самоусувається. Найбільш ймовірною причиною появи збою є небажана дія на ходу обчислювального процесу зовнішнього впливу, що має випадковий характер. Зокрема, це - імпульсні або флуктуаційні завади, електромагнітні наводи, лінійні спотворення форми фізичних сигналів, луно-сигнали тощо. На відміну від збою помилки в роботі ПЗ мають регулярний характер, тобто якщо виникли умови, за яких утворюється помилка, то повторне відтворення цих умов стабільно призводить до повторного утворення цієї помилки. Найбільш ймовірними причинами появи помилок є небажаний вплив кінцевої розмірності розрядної сітки процесору (помилки округлення), помилки апроксимації функцій, синтез некоректних алгоритмів та розрахункових схем тощо. Найбільш негативні наслідки мають відмови в роботі ПЗ, оскільки в цьому випадку виникають порушення доступності легальних користувачів до ресурсів ТЛК-системи, що, у свою чергу, знижує конкурентоспроможність провайдера послуг, призводить до економічних збитків.*

Для забезпечення надійності ПЗ застосовують ті ж самі методи, що і для підтримки надійності апаратних засобів ТЛК-обладнання. Резервування ПЗ – основний серед них. У відповідальних випадках ТЛК-системи комплектується засобами відновлення ПЗ. Ці засоби, у разі необхідності, дозволяють перезавантажити ПЗ системи. Зокрема, дозволяють завантажити резервну копію ПЗ. Резервна копія ПЗ макро-елементу системи зберігається на самому макро-елементі та / або на віддаленому вузлі мережі глобального керування. За звичайних умов здійснюється централізоване перезавантаження ПЗ макро-елементів ТЛК-системи із віддаленого вузла у фоновому режимі без переривань в роботі макро-елементу. Зазвичай будь-який макро-елемент системи зберігає у флеш-пам'яті як поточну, так і попередню конфігурацію ПЗ. Якщо відбудеться випадкове переривання в електропостачанні, то протягом кількох секунд поточна конфігурація ПЗ буде перезавантажена із флеш-пам'яті в оперативну пам'ять макро-елемента.

На прикладі технічних рішень виробників сучасного ТЛК-обладнання розглянемо основні методи та засоби резервування елементів цього обладнання та його програмного забезпечення.

Обладнання сучасних ТЛК-систем сконструйовано як відмовостійке обладнання з високим рівнем надійності функціонування. Елементи програмного та апаратного забезпечення під час його роботи знаходяться під постійним контролем відповідних прикладних застосувань. У випадку відмови будь-якого функціонального елементу автоматично здійснюється його майже миттєва заміна на ідентичний резервний елемент.

Надійність функціонування будь-якого макро-елемента (комутатора, маршрутизатора, шлюзу, сервера, контролера) сучасної глобальної ТЛК-системи характеризується наступними показниками:

– коефіцієнт готовності $K_г$ – не менше 0,9999;

– середній час відновлення після відмови MTTR (Mean Time To Repair) – не більше 30 хвилин;

– точність локалізації проблеми невідповідності до одного елемента заміни – у 70% зафіксованих випадків виявлення проблем;

– точність локалізації проблеми невідповідності до чотирьох елементів заміни – у 95% зафіксованих випадків виявлення проблем.

Засоби ТЛК-системи, як правило, забезпечують наступний набір сервісів щодо виконання процедур резервування обладнання:

1) дублювання ($2N$), коли кожний активний елемент обладнання має ідентичний запасний елемент, що знаходиться в стані «гарячого» резерву (якщо кількість активних елементів дорівнює $N$, то має існувати така ж кількість елементів гарячого резерву);

2) заміщення ($N + 1$), коли на групу із $N$ ідентичних активних елементів існує лише один додатковий елемент, що знаходиться у стані холодного резерву;

3) надлишкове ресурсне забезпечення ($SN+$), коли група елементів обладнання функціонує як пул певного функціонального ресурсу, кількість котрого дещо перевищує в його номінальній потребі (в цьому випадку, якщо один із елементів обладнання вийде з ладу, то потребу у використанні його ресурсу задовольнять інші елементи цього пулу ресурсу).

Зрозуміло, що критично важливі елементи, відмови котрих призводять до відмови в роботі усього обладнання у цілому, а також елементи, показники надійності котрих є гіршими за припустимі в конкретних умовах функціонування обладнання, мають резервуватися за методом дублювання ($2N$). Якщо ж відмови в роботі певного елементу, що входить до складу групи ідентичних елементів, не призводять до відмови усього обладнання у цілому, а призводять лише до зниження рівня якості надання послуг, то такий елемент доцільно резервувати за методом заміщення ($N + 1$). Якщо ж маємо групу елементів, які у змозі підтримувати, поряд з іншим, якусь однакову функціональність, і ці елементи працюють з неповним навантаженням, то із цих елементів доцільно утворити ресурсний пул за методом надлишкового ресурсного забезпечення ($SN+$).

### 7.5 Архівація програмного забезпечення та баз даних

Резервне копіювання ПЗ та даних, що обробляються у ТЛК-системах, є важливим елементом підтримки надійності функціонування обладнання. Резервне копіювання здійснюється за допомогою відповідних програмно-апаратних засобів згідно з прийнятими в компанії правилами адміністративно-організаційного характеру.

Зокрема, використовуються наступні адміністративно-організаційні заходи:

– розроблюються спеціальні процедури резервного копіювання інформації, у яких враховується специфіка видів інформаційних об’єктів, що копіюються, типів структурних елементів та режимів функціонування системи, а також визначається для кожного з інформаційних компонентів періодичність створення резервних копій;

– організовується облік, зберігання та відновлення скопійованої інформації у відповідності з їхніми грифами конфіденційності;

– розроблюються процедури переміщення скопійованої інформації для кожного інформаційного компонента ТЛК-системи;

– визначається відповідальність за порушення процедур резервного копіювання, архівації, переміщення, обліку, зберігання та оновлення скопійованої та архівованої інформації;

– розробляється схема ротації магнітних носіїв.

До програмно-апаратних засобів резервного копіювання інформації слід віднести:

– жорсткі диски та магнітні стрічки для копіювання інформації;

– штатні засоби резервного копіювання операційних середовищ та систем керування базами даних.

### 7.6 Антивірусне програмне забезпечення

Операційне середовище глобальних ТЛК-систем загального призначення, як правило, фізично ізолюється від інших телекомунікаційних систем. В цих випадках організація антивірусного захисту не є першочерговою справою. Однак в ТЛК-системах спеціального призначення, навіть у фізично ізольованих від зовнішніх впливів, для запобігання несанкціонованих дій персоналу існує необхідність в інсталяції, поряд з іншим, антивірусного ПЗ. Локальні ТЛК-системи зазвичай мають з'єднання з іншими телекомунікаційними системами. Тому встановлення на них антивірусного ПЗ є обов'язковим. У відповідальних випадках підсистема антивірусного захисту повинна базуватися на антивірусних продуктах різних фірм-розробників (при створенні мають бути використані продукти не менш, ніж двох різних фірм) для забезпечення можливості контролю проникнення вірусів у максимально стислі строки після їх появи та взаємного контролю різних продуктів. Підсистема антивірусного захисту повинна мати у своєму складі робоче місце адміністратора антивірусного захисту, з якого забезпечується централізоване управління цією підсистемою. Підсистема антивірусного захисту має охоплювати усі засоби обчислювальної техніки (АРМ, робочі станції, сервери), що встановлені у доменах безпеки телекомунікаційних мереж.

Повинен забезпечуватися захист від комп'ютерних вірусів:

– комп'ютерних систем шляхом перевірки всього http-, ftp- та smtp- трафіку, що проходить через ці комп'ютерні системи;

– файлових серверів та серверів баз даних шляхом перевірки файлів та процесів на цих серверах за допомогою антивірусного монітору або сканеру, що встановлюється на цих серверах.

Процедури використання антивірусного програмного забезпечення.

ПЗ ІТКС, ПЗ комплексних систем захисту інформації (КСЗІ), може бути уражене комп'ютерними вірусами. Вірус у даному випадку розглядається як програма, що несанкціоновано впроваджується в обчислювальне середовище ІТКС з метою заподіяння шкоди її користувачам та власникам. Під словом «вірус» розуміють програму, яка не тільки здійснює деструктивну функцію, але і має здатність розмножуватися. Існує велика кількість різноманітних видів вірусних програм, для протидії котрим використовують так звані антивіруси – ПЗ, що здатне виявляти та знешкоджувати віруси. Антивірусне ПЗ також характеризується великою різноманітністю, що не є предметом розгляду у даній роботі. Важливо лише підкреслити, що будь-який сучасний антивірусний продукт, як правило, реалізує майже усі звісні методи пошуку та знешкодження можливих вірусних атак, тому отримати докази на формальному рівні щодо переваг одного продукту над іншим не уявляється можливим. Кожен конкретний антивірусний продукт є унікальним, його конкретні недоліки або переваги можливо виявити лише шляхом постійного спостереження за ефективністю його функціонування в конкретних умовах

застосування. У відповідальних випадках бажано встановлення в ІТКС кількох різних антивірусних програм, що працюють на різних рівнях сканування системи. Але одночасну роботу деяких антивірусів неможливо узгодити між собою, на що треба звернути особливу увагу.

Основною особливістю технології боротьби з вірусами є необхідність постійного оновлення антивірусного ПЗ. Кожен день в мережевому середовищі з'являються все нові види вірусів, що потребує швидкого реагування – розробки відповідних засобів та механізмів для їхнього знешкодження. Тому розробники антивірусного ПЗ постійно слідкують за появою нових вірусів і намагаються якнайшвидше розробити адекватні засоби їхньої нейтралізації. Розроблені засоби у вигляді так званих оновлень антивірусного ПЗ розповсюджуються, як правило, через мережу Інтернет. Персонал ІТКС має постійно оновлювати встановлене антивірусне ПЗ.

Для кожного активного елементу ІТКС слід використовувати відповідний антивірусний засіб. Антивірус для серверного обладнання відрізняється від антивірусу для робочої станції або для шлюзу. Бажано антивіруси використовувати у комплексі з іншими засобами захисту інформації, зокрема міжмережними екранами або додатковими програмами типу «Антиспам», «Антируткіт», які доповнюють функціональність основної антивірусної програми. Технологія застосування антивірусів широко висвітлена в літературі. Ми лише розглянемо особливості боротьби із вірусами в КСЗІ. Операційне середовище КСЗІ в ІТКС загального призначення, як правило, фізично ізолюється від інших телекомунікаційних систем. В цих випадках організація антивірусного захисту не є першочерговою справою, проте для запобігання несанкціонованих дій персоналу за цих умов бажано здійснювати інсталяцію, поряд з іншим, антивірусного ПЗ. В ІТКС спеціального призначення, навіть у фізично ізольованих від зовнішніх впливів, встановлення антивірусного ПЗ для запобігання несанкціонованих дій персоналу вважається необхідною справою. Локальні ІТКС зазвичай мають з'єднання з іншими телекомунікаційними системами. Тому встановлення на них антивірусного ПЗ є вкрай бажаним.

В якості прикладу розглянемо порядок оновлення антивірусного ПЗ, що має позитивний експертний висновок за результатами державної експертизи в сфері технічного захисту інформації (ТЗІ). Не все обладнання ІТКС, що знайшло використання в Україні, має позитивний експертний висновок за критеріями ТЗІ, однак дотримання основних положень цього документу буде корисним при забезпеченні антивірусного захисту будь-якої інформаційної системи КСЗІ.

Ці положення полягають у наступному:

1) оновлення антивірусного ПЗ конкретної ІТКС здійснюється шляхом періодичного отримання та інсталяції відповідних комп'ютерних програм - антивірусних оновлень;

2) оновлення антивірусного ПЗ, що має позитивний експертний висновок за критеріями ТЗІ, здійснюється з використанням антивірусних оновлень, які розміщуються на веб-сайті Центру антивірусного захисту інформації (ЦАЗІ) Держспецзв'язку України. (На цьому веб-сайті розміщуються тільки антивірусні оновлення, які пройшли експрес-експертизу у ЦАЗІ, і тільки для тих продуктів антивірусного ПЗ, які мають позитивний експертний висновок Держспецзв'язку України. Список цих продуктів надано на сайті ЦАЗІ);

3) Слід не менше ніж раз на день отримувати вищезазначені антивірусні оновлення та інсталювати ці оновлення відповідно до технічної документації на впроваджене в ІТКС антивірусне ПЗ. У відповідальних випадках підсистема антивірусного захисту повинна базуватися на антивірусних продуктах різних фірм-розробників (при створенні мають бути використані продукти не менш, ніж двох різних фірм, але ці продукти мають не заважати в роботі один одному) для забезпечення можливості контролю проникнення вірусів у максимально стислі строки після їх появи та взаємного контролю різних продуктів. Підсистема антивірусного захисту повинна мати у своєму складі робоче місце адміністратора антивірусного захисту, з якого забезпечується централізоване управління цією підсистемою. Підсистема антивірусного захисту має охоплювати усі засоби обчислювальної техніки (АРМ, робочі станції, сервери), що встановлені у доменах безпеки телекомунікаційних мереж. Повинен забезпечуватися захист від комп'ютерних вірусів:

– комп'ютерних систем шляхом перевірки всього http-, ftp- та smtp- трафіку, що проходить через ці комп'ютерні системи;

– файлових серверів та серверів баз даних шляхом перевірки файлів та процесів на цих серверах за допомогою антивірусного монітору або сканеру, що встановлюється на цих серверах.

## 7.7 Вимірювання параметрів радіочастотних каналів передавання інформації

До радіочастотних систем відносяться засоби, що використовують в якості середовища транспортування інформації електромагнітне поле, яке розповсюджується у навколоземному просторі. До складу будь-якої радіочастотної системи, як правило, входять радіо-передавальний (ПРД) та радіоприймальний (ПРМ) пристрої, що взаємодіють між собою через антенні системи та навколоземний простір (радіоефір). У радіорелейних та супутникових системах зв'язку, а також у системах зв'язку з рухомими об'єктами широкого застосування набули також всілякого роду радіо-ретранслятори різного призначення. Якщо розглядати радіочастотне обладнання з точки зору організації вимірювань його параметрів, то слід мати на увазі наступне:

1) умови розповсюдження радіосигналів у різних діапазонах радіохвиль істотно різняться, що суттєво впливає на вибір засобів та способів вимірювань параметрів радіообладнання;

2) для систем зв'язку з рухомими об'єктами і для радіорелейних систем передачі визначальною є оцінка параметрів згасання енергії сигналу при багатопроменевому розповсюдженні радіохвиль;

3) для систем супутникового зв'язку найбільш важливими вважаються вимірювання параметрів затримки сигналів, а також оцінка впливу доплерівського зсуву по частоті на якість передавання інформації. Основними об'єктами щодо яких здійснюються радіочастотні вимірювання слід визначити безпосередньо приймально / передавальне та канало-утворювальне радіообладнання, а також обладнання ретрансляторів, що функціонують у складі мереж радіозв'язку. Окрема увага приділяється вимірюванням електромагнітних характеристик радіоефіру, що пов'язано із необхідністю забезпечення контролю за дотриманням національного законодавства у сфері розподілу та використання радіочастот. Основні параметри радіочастотного тракту, що підлягають вимірюванням Як відомо, до складу типового

радіочастотного тракту входять наступні компоненти: джерела і одержувачі інформації, в якості котрих, здебільшого, використовують пристрої, що призначені для передачі та / або прийому інформації; кодеки (кодери / декодери) – пристрої, що перетворюють цифрові сигнали в кодові слова і навпаки; модеми (модулятори/демодулятори); фільтри ПЧ (проміжної частоти); конвертори; фільтри РЧ (радіочастоти); антенні пристрої, а також безпосередньо середовище розповсюдження (тобто, радіоефір). До основних параметрів радіочастотного тракту, що підлягають вимірюванням, відносять:

1) співвідношення $C$ / $N$ (сигнал / шум) або $C$ / 1 (сигнал / завада);

2) параметр бітової помилки – *BER*, який залежить від співвідношення $C$ / $N$;

3) рівні потужності радіосигналів в межах зони обслуговування;

4) параметр згасання радіосигналів при багатопроменевому розповсюдженні. Основні групи експлуатаційних вимірювань

Експлуатаційний інтерес являють наступні групи вимірювань:

– визначення залежності параметра бітової помилки *BER* від співвідношення сигнал / шум ($C$ / $N$);

– вимірювання рівнів потужності радіосигналів у довільних точках в межах зони радіо-покриття з урахуванням багатопроменевого характеру розповсюдження радіохвиль;

– оцінка деградації якості зв’язку в радіочастотних системах передачі, що викликана фазовими шумами передавального тракту або тепловим шумом приймача;

– оцінювання рівня міжсимвольної інтерференції, який, головним чином, залежить від якості виготовлення фільтрів ПЧ і РЧ;

– вимірювання параметрів модуляції, що необхідні для виявлення можливих порушень в роботі модемної частини радіообладнання;

– визначення ступеню нелінійності підсилювальних елементів радіообладнання.

Вимірювання співвідношення $C$ / $N$ (сигнал / шум). В залежності від характеру експлуатаційних завдань розрізняють наступні визначення співвідношення $C$ / $N$:

– відношення $C$ / $N$, що визначається як відношення середньої потужності сигналу несучої до середньої потужності шумів у певним чином вибраній точці вимірювань;

– відношення $C$ / $N_0$, що визначається як відношення середньої потужності сигналу несучої до потужності шумів, що вимірюються в межах смуги шириною 1 Гц (величина $N_0$ в таких випадках трактується як спектральна щільність шуму); таким чином, параметр $C$ / $N_0$ не залежить від ширини діапазону частот, у той час як параметр $C$ / $N$ пов’язаний із вимірюванням середніх потужностей шумів у межах робочого діапазону частот;

– відношення $E_B$ / $N_0$, що визначається як відношення енергії сигналу, необхідної для передачі одного біту, *EB* до спектральної щільності шуму $N_0$, що нормується до смуги 1 Гц.

Розглянемо співвідношення, що існують між вищеназваними параметрами.

Енергія сигналу на біт *EB* пов’язана з параметром $C$ (середньою потужністю сигналу несучої) простим співвідношенням:

$$E_B = CT_B = C / f_B \qquad (7.5)$$

де $T_B$ – час передачі одного біта, $f_B$ – швидкість передачі інформації в бітах через радіоканал.

З урахуванням вищезазначеного, параметри $C / N_0$ і $E_B / N_0$ можна представити у наступному вигляді:

$$\frac{E_B}{N_0} = \frac{C}{N_0}\frac{1}{f_B} \text{ або в децибелах } \frac{E_B}{N_0} = \frac{C}{N_0} - 10\lg f_B$$

Нормована до смуги 1 Гц потужність шумів $N_0$ (Вт / Гц) дорівнює відношенню потужності шумів $N$ до ширини смуги шумів приймача $B_N$. Тому:

$$\frac{E_B}{N_0} = \frac{C}{N}\frac{B_N}{f_B} \tag{7.6}$$

або в децибелах:

$$\frac{E_B}{N_0} = \frac{C}{N} - 10\lg\frac{f_B}{B_N} \tag{7.7}$$

Якщо ширина смуги приймача кількісно дорівнює швидкості інформації, що приймається, тоді:

$$E_B / N_0 = C / N,$$

тобто відношення енергії сигналу на біт інформації до нормованої потужності шумів в смузі 1Гц дорівнює відношенню $C / N$ (відношенню середніх потужностей сигналу до шуму).

Вимірювання залежності параметра *BER* від співвідношення $C / N$. Цей параметр вважається основним під час розгляду будь-якої системи зв'язку. Проте для отримання повної уяви щодо ефективності роботи цифрової радіочастотної системи передавання інформації необхідне знання залежності параметра *BER* від співвідношення $C / N$ – $BER = f(C / N)$. При проведенні вимірювань параметрів радіочастотних систем передачі і цифрових радіоканалів мереж радіозв'язку знання залежності $BER = f(C / N)$ дозволяє достатньо повно охарактеризувати інстальовану систему у реальних умовах її використання. Зокрема, знаючи залежність *BER* від співвідношення сигнал / шум і вимірюючи параметри сигналу на різних ділянках радіочастотного тракту, можна оцінити шумовий внесок тих або інших ділянок і ланцюгів в загальне погіршення якості в системі передачі інформації.

Вимірювання параметрів модулятора / демодулятора. Для вимірювання параметрів модему використовують аналізатори, що забезпечують можливість оцінювання характеристик реальних сигналів у радіосистемі за допомогою діаграм станів або очкових діаграм.

На рисунку 7.6 наведено діаграма станів сигналу (зліва) та окова діаграма сигналу (справа), що характеризує штатний режим роботи модему із цифровою модуляцією16QAM (квадратурна амплітудна модуляція із 16-ма станами сигналу), яка часто використовується у цифрових радіорелейних системах передачі.

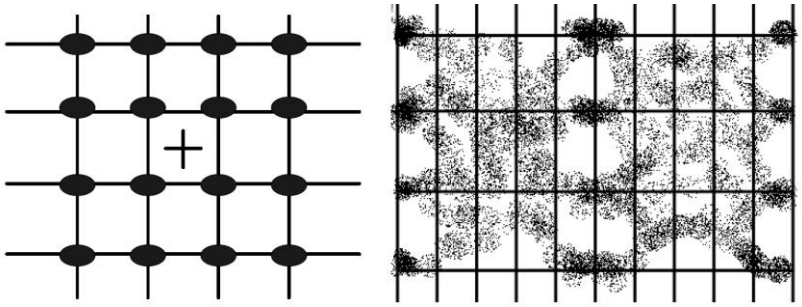

Рисунок 7.6 – Діаграма станів (ліворуч) і окова діаграма (праворуч) сигналів, що характеризують штатний режим роботи реальної радіосистеми з модуляцією 16 QAM

За допомогою цих діаграм представляється можливим виявити характер можливих порушень в роботі модему. На діаграмі станів (діаграму ліворуч на рисунку 7.6) наочно видно вплив шумів, який призводить до «розмивання» точок, що відображають стани досліджуваного сигналу. А на оковій діаграмі (діаграму праворуч на рисунку 7.6) ясно помітні три пари пари «очей», оскільки модуляція 16QAM є трьохрівневою за параметром амплітуди. Серед можливих порушень роботи радіочастотного тракту несправність елементів модулятора / демодулятора, як свідчить експлуатаційна практика, найважче локалізувати. Тому розглянемо деякі характерні варіанти порушень роботи модулятора/демодулятора і відповідні цим порушенням діаграми.

Втрата синхронізації в каналі. Відмова в роботі демодулятора, його відключення або порушення фазової синхронізації між модулятором і демодулятором може призвести до втрати сигналу у радіосистемі. У цьому випадку (тобто, коли сигнал пропав) діаграма станів являє випадковий розподіл сигналів за трьома рівнями модуляції (перші два рівні – це кола, третій зовнішній рівень на лівому рисунку 7.7 буде відображатися окремими точками поза кол), а «око» окової діаграми закривається повністю (правий рисунок 7.7).

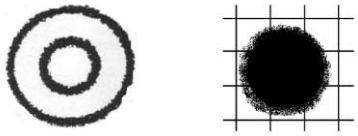

Рисунок 7.7 – Відображення втрати синхронізації в каналі на діаграмі станів (ліворуч) та на оковій діаграмі (праворуч)

Порушення ортогональності *I* і *Q* векторів демодулятора. Одне з поширених порушень в роботі демодулятора – коли вектори *I* і *Q* полярних координат демодулятора виявляються не ортогональними. Це призводить до розмитості станів ортогональної сітки координат на діаграмі станів (рис. 7.8) та малому розкриву очей на оковій діаграмі (рис. 7.8). Порушення ортогональності може супроводжуватися (але не завжди) помилкою фазової синхронізації у ланцюгу відновлення несучої. У разі відсутності помилки результат дії цієї несправності на окову діаграму зводиться до закривання «ока» на діаграмі по сигналу *I* і відсутності якої-небудь зміни по сигналу *Q*. За наявності помилки фазової синхронізації «ока» по цим двом сигналам будуть закриті.

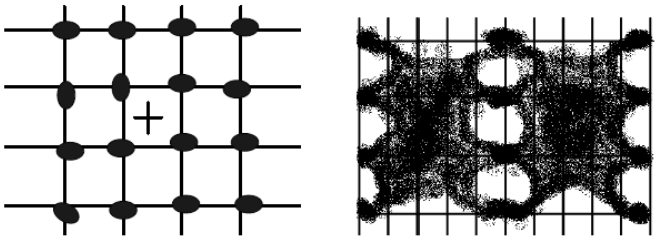

Рисунок 7.8 – Ілюстрація ефекту порушення ортогональності сигналів *I* і *Q* у демодуляторі на діаграмі станів (ліворуч) і на оковій діаграмі (праворуч)

Необхідно відзначити, що аналіз однієї тільки окової діаграми не дозволяє встановити причину несправності модему, оскільки за наявності високого рівня адитивних шумів в каналі на оковій діаграмі неможливо відрізнити ефект порушення ортогональності сигналів від впливу високого рівню шумів. Тому достовірне виявлення причини несправності в цьому випадку може дати тільки діаграма станів. Неправильне встановлення рівнів модуляції / демодуляції. На рисунку 7.9 показана типова діаграма станів для випадку, коли існує помилка у встановленні рівнів модуляції/демодуляції. Це може бути пов’язано з надмірною нелінійністю амплітудної характеристики модулятора або з порушенням роботи цифро-аналогового перетворювача. Як бачимо, відстань між другим і третім рядом розмитих точок є суттєво більшою, ніж відстань між іншими рядами точок на діаграмі станів, що є аномалією.

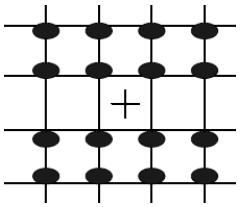

Рисунок 7.9 – Відображення встановлення не збалансованого рівняамплітуди сигналу на діаграмі станів

Аналіз роботи підсилювачів Детальний аналіз роботи підсилювачів виконується під час проектування, виготовлення та заводських випробувань систем радіозв’язку. Для цієї мети зазвичай використовуються раніш розглянуті скалярні і векторні аналізатори ланцюгів (Network Analyzers). Проте в експлуатаційній практиці радіосистем аналізатори ланцюгів не знайшли широкого використання, тому що більшість проблем в роботі підсилювачів на стадії експлуатації можливо вирішити за допомогою більш розповсюджених в експлуатаційних організаціях спеціальних аналізаторів радіосигналів і параметрів модуляції. За допомогою цих аналізаторів можливо здійснювати аналіз діаграм станів та окових діаграм. Основні експлуатаційні проблеми здебільшого пов’язані із необхідністю вимірювати шуми підсилювачів, що функціонують у складі радіочастотного тракту, та з вимірюваннями параметрів нелінійності підсилювальних ділянок (оскільки перенавантаження підсилювача по амплітуді сигналу може призвести до його переходу у нелінійний режим і, як наслідок, до різкого збільшення параметра помилок у цифровій системі передачі). Спочатку розглянемо, яким чином можна здійснювати локалізацію причин деградації якості щодо характеристик нелінійності підсилювального тракту за допомогою окових діаграм і діаграм станів. На рисунку 7.10 представлені діаграма станів і окова діаграма

сигналів для випадку перенавантаження підсилювача, що побудований на лампі біжучої хвилі (ЛБХ), на 3 Дб зверх норми. Поява у цьому випадку інтермодуляційного ефекту внаслідок небажаних АМ / ФМ-перетворень сигналу та підвищення кількості помилок призводять до закриття «ока» окової діаграми та до розмивання «картинок» на обох діаграмах. Як бачимо на рисунку 7.10, ці картинки далекі від ідеалу. Звісно, що перенавантаження підсилювача виникає внаслідок неправильної установки параметрів роботи радіообладнання. Тому найбільш доцільний шлях усунення перенавантаження – це зниження рівня сигналу на вході відповідного підсилювача для забезпечення його роботи в лінійному режимі. Упевнитися, що підсилювач працює саме у лінійному режимі, можливо за допомогою вищерозглянутих діаграм. Для цього треба поступово знижувати рівень сигналу на вході підсилювача і в цей час спостерігати за діаграмами. Як тільки картинки на них прийдуть до норми, то це свідчитиме, що перенавантаження підсилювача усунуто. Для виявлення причин зниження якості радіозв'язку достатньо локалізувати ділянку деградації, щоб потім налаштувати систему за допомогою вищерозглянутих діаграм.

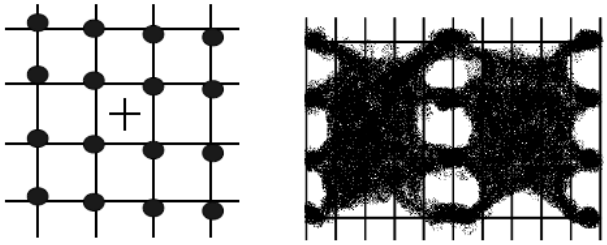

Рисунок 7.10 – Ілюстрація нелінійних спотворень сигналу на діаграмі станів (зліва) та на оковій діаграмі (праворуч)

Аналіз роботи фільтрів. Погана фільтрація сигналів може призводити до порушень форми сигналів, до підвищення рівня міжсимвольної інтерференції в каналі та, як наслідок, до збільшення параметра помилок у цифровій системі передавання. На жаль, на діаграмі станів ефекти, що пов'язані з порушенням роботи фільтрів, практично не відображаються. Проте прийнятну оцінку ефектів, що спричинені порушеннями в роботі фільтрів, дає окова діаграма. Зокрема, погана фільтрація сигналу призводить до того, що «око» окової діаграми втрачає форму і розмивається. Вимірювання рівня власних теплових і фазових шумів елементів радіочастотного тракту Високий рівень шумів призводить до збільшення значень параметра помилок. Діаграми, що представляють сигнали при співвідношенні сигнал / шум у 15дБ, представлені на рисунку 7.11. Як бачимо, підвищений рівень шуму на діаграмах стану і оковій діаграмі не призводить до геометричної трансформації діаграм, але виявляється через збільшення розміру точок відображення станів сигналу і появу ефекту «закривання очей».

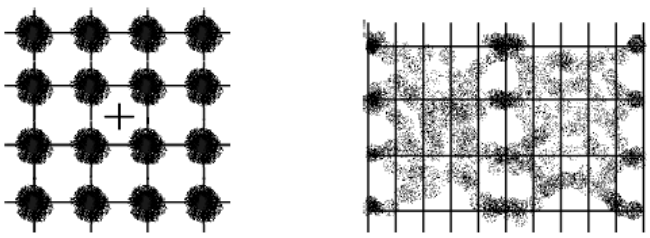

Рисунок 7.10 – Ілюстрація високого рівню шумів на діаграмі і на оковій діаграмі

Вимірювання шумів виконується з метою локалізації точок, де рівень шумів є неприпустимо великий. Враховуючи, що власні шуми різних пристроїв радіочастотного тракту у порівнянні із корисними сигналами характеризуються вельми малими величинами, для вимірювань зазвичай використовують диференціальні методи. Сутність диференціального методу вимірювання шуму (у випадках, коли мають справу із шумами малої потужності) полягає у наступному. Досліджуваний сигнал змішують із додатковим спеціально сформованим одно-частотним сигналом таким чином, щоб утворився сигнал інтерференції достатньо малої величини. Утворений інтерференційний сигнал за величиною легше порівнюється із реальними шумами у радіоканалі. Тому вимірювання шумів здійснюють по різниці між величиною інтерференційного сигналу та величиною шуму. Відповідна діаграма станів та окова діаграма для модуляції 16QAM з відношенням сигнал/інтерференція С / 1 = 15 дБ представлені на рисунку 7.12.

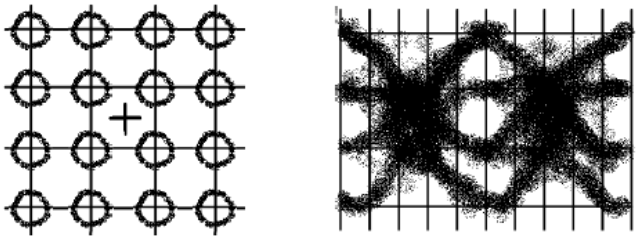

Рисунок 7.12 – Вимірювання шумів за диференційним методом

Слід зазначити, що здійснювати оцінку характеристик фазових шумів через їхній низький рівень за допомогою окових діаграм або діаграми станів не представляється можливим. Проте необхідність точного вимірювання фазових характеристик компонентів радіочастотного тракту в експлуатаційній практиці існує. Тому вимірювання фазових шумів виділено в окремий клас вимірювальних технологій, що будуть розглянуті далі. Вимірювання параметрів генераторів приймально-передавального обладнання Важливим параметром вимірювань радіочастотних систем передачі із цифровою модуляцією є фазовий джитер – фазове тремтіння сигналу задавального генератору приймача або передавача. Фазове тремтіння сигналу генератора за певних умов може значно збільшити величину параметру помилок. Для аналізу джитеру використовують діаграму станів. Окова діаграма до джитеру є нечутливою. Діаграма станів в каналі з фазовим джитером представлена на рисунку 7.13. Для усунення проблем, пов’язаних з наявністю джитеру, зазвичай проводять додаткові вимірювання параметрів роботи задавальних генераторів і усувають несправність.

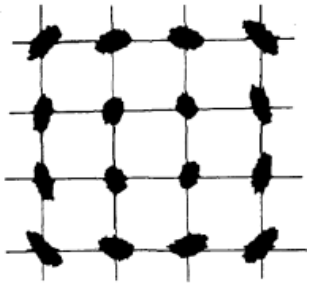

Рисунок 7.13 – Ілюстрація прояву фазового джитеру на діаграмі станів

Комплексні вимірювання радіочастотних трактів. У більшості випадків вимірювання параметрів радіочастотного тракту проводяться для того, щоб мінімізувати параметр помилок у системі передачі *BER*. Остаточні параметри радіочастотної системи передачі, як правило, визначаються у вигляді функціональних залежностей параметра *BER*. Так, наприклад, залежність *BER* від відношення сигнал/шум у радіочастотній системі передачі вважається в багатьох випадках найбільш важливим параметром, оскільки дозволяє врахувати внесок у погіршення якості передачі практично всіх елементів, що утворюють радіочастотний тракт. Зазвичай кожен із пристроїв, що функціонує у складі радіочастотного тракту, вносить певний внесок у сумарну величину параметра помилок. Тому комплексні вимірювання радіочастотних трактів доцільно проводити після вимірювань параметрів кожного із пристроїв, що входять до складу радіочастотного тракту, або з урахуванням звісних параметрів цих пристроїв (на основі даних про характеристики пристроїв, що надаються у технічній документації). Комплексні вимірювання радіочастотних трактів у значній мірі пов'язані із особливостями розповсюдження сигналу уздовж тракту, оскільки включають не лише вимірювання характеристик тракту, на які встановлені гранично припустимі обмеження, але і параметрів стійкості його роботи залежно від зовнішніх умов поширення сигналу через радіотракт.

Вимірювальна техніка для відображення діаграм сигналів радіочастотного тракту Діаграми станів та окові діаграми, як було показано вище, можуть бути корисними для аналізу якості роботи різних пристроїв, що функціонують у складі радіочастотного тракту. Аналіз сигналів у вигляді окових діаграм або діаграм станів проводиться за допомогою спеціальних аналізаторів радіосигналів і параметрів модуляції. Характеристики таких аналізаторів представлені у таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Характеристики аналізаторів радіо сигналів і параметрів модуляції

| Модель | MS8604A | R3465 | 89441A | 89440A | FSEA20/30 |
|---|---|---|---|---|---|
| Виробник | Anritsu | Advantest | HP | HP | R&S |
| модуляції | DQPSK, π/4 DQPSK, GMSK | BPSK, QPSK, QPSK із зсувом, DQPSK, π/4 DQPSK, 8PSK, GMSK | BPSK, QPSK, QPSK із зсувом, DQPSK, π/4 DQPSK, 8PSK, 16-256 QAM, VSB, MSK, FSK 2- і 4-рівнева, GMSK | BPSK, QPSK, QPSK із зсувом, DQPSK, π/4 DQPSK, 8PSK, 16-256 QAM, VSB, MSK, FSK 2- і 4-рівнева | BPSK, QPSK, QPSK із зсувом, DQPSK, π/4 DQPSK, 8PSK, MSK, GMSK |
| IQ-діаграми | + | + | + | + | + |
| Діаграми станів | + | + | + | + | + |
| Робочий діапазон | 100 Гц…8,5Ггц | 9 кГц…210,5 Ггц | 0…2,65 Ггц | 0…1,8 Ггц | 20 Гц…3,5 Ггц |

Спектральний аналіз сигналів радіочастотних систем передачі. Звісно, що законодавство України регламентує використання національного радіочастотного ресурсу. Зокрема, законодавством передбачено, що кожен конкретний вид радіосистем повинен функціонувати лише у спеціально відведеній смузі радіочастот. Існують спеціально відведені смуги радіочастот, що призначені для роботи, наприклад, радіосистем військового призначення (при цьому кожному типу радіосистем відведено свою окрему смугу частот), смуги частот для підтримки роботи авіаційного транспорту, для стільникових систем мобільного зв'язку, для морського транспорту.

Органи контролю зобов'язані протистояти незаконному використанню радіочастотного ресурсу, а також забезпечувати електромагнітну сумісність одночасно працюючих радіосистем. Контроль використання радіочастотного ресурсу та аналіз електромагнітної сумісності працюючих радіосистем обумовлює необхідність здійснення спектрального аналізу радіосигналів. Зокрема, у цих випадках з'являються додаткові субгармоніки, паразитні сигнали, змінюється спектральний склад сигналу. Усе це можливо виявити за допомогою спектрального аналізу сигналів, результати котрого, у свою чергу, дозволяють зробити висновок щодо працездатності досліджуваної радіосистеми і, у разі порушень її роботи, визначити причину цих порушень. Іншим корисним застосуванням спектрального аналізу є пошук і усунення причин інтерференції між сусідніми радіоканалами. Для того, щоб величина інтерференції була у припустимих межах, спектр робочих сигналів радіосистеми повинен знаходитись у межах так званої спектральної маски. На рисунку 7.14 представлена форма спектральної маски для робочого сигналу у каналі радіорелейної системи передачі (РРЛ) із смугою пропускання 30Мгц.

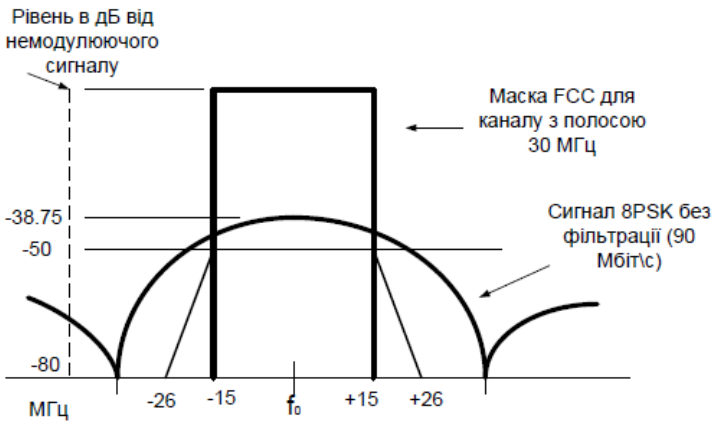


Рисунок 7.14 – Спектральна маска робочого сигналу в каналі РРЛ

Як видно із рисунка 7.14, спектри реальних радіосигналів (сигнал з модуляцією 8PSK) не поміщаються у маску. Тому для забезпечення нормальної роботи РРЛ потрібне використання фільтрів у робочій смузі каналу. Сучасні аналізатори спектрів радіосигналів здатні встановлювати необхідні спектральні маски робочих сигналів: стандартні або такі, що задаються користувачами аналізатора. Ілюстрація випадку, коли робочий сигнал повністю розмістився у межах спектральної маски, наведена на рис. 7.15.

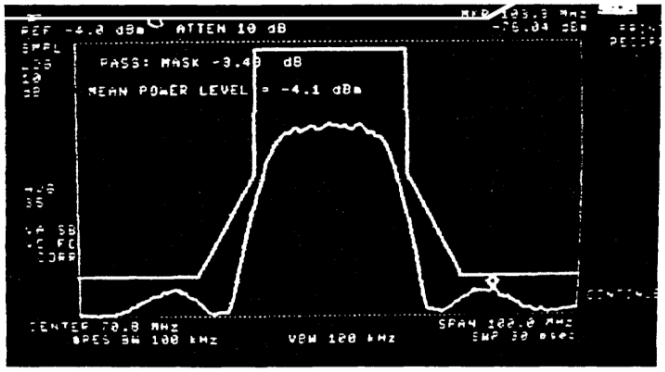


Рисунок 7.15 – Вимірювання спектру радіосигналу за допомогою аналізатора

Вимірювання частоти і потужності радіосигналів Зазвичай частоту радіосигналів вимірюють за допомогою частотомірів, а їхню потужність – за допомогою вимірювачів потужності. Проте нерідко існує необхідність здійснювати одночасні вимірювання частоти та потужності радіосигналів. У цих випадках використовують спеціалізовані прилади, які одночасно виконують функції частотоміра та вимірювача потужності радіосигналів. Існує можливість для одночасних вимірювань частоти і потужності радіосигналів використати аналізатор спектру, що здатний здійснювати так звані маркерні вимірювання. Такий аналізатор забезпечує можливість переміщення маркера уздовж спектральної характеристики досліджуваного сигналу з одночасним відображенням на екрані виміряних значень параметрів частоти і потужності радіосигналу. Більше того, такий аналізатор також здатний виконувати функції згладжування спектральної характеристики, фільтрації шумів, що розширює можливості обробки досліджуваних сигналів. Як приклад, на рисунку 7.16 представлена спектральна характеристика робочого сигналу у радіоканалі і результат маркерного вимірювання потужності у дБм і частоти у МГц.

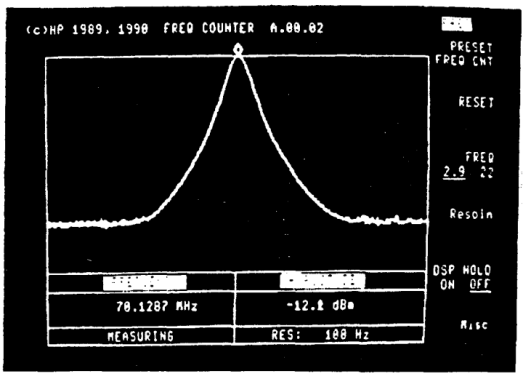


Рисунок 7.16 – Результати маркерних вимірювань частоти і потужності робочого сигналу

Недоліком маркерних вимірювань зазвичай визнається їх недостатня точність, проте для вирішення більшості експлуатаційних завдань точність вимірювань не є суттєвим параметром. Це і зумовило широке застосування аналізаторів спектру у вищерозглянутих цілях. Вимірювання залежності параметра помилок від співвідношення сигнал / шум Як було вказано вище, залежність $BER = f\ (C\ /\ N)$ є основною характеристикою тракту радіочастотної системи передачі. На основі цієї залежності визначають величину співвідношення «сигнал / шум», що гарантує задану величину параметра помилок у досліджуваній системі. Якщо порівнювати теоретично

розраховану залежність параметра помилок від співвідношення $C / N$ з експериментально отриманою залежністю, то можна переконатися, що на практиці слід брати дещо більше значення $C / N$ для заданого значення *BER*, ніж те, що отримано як результат теоретичного розрахунку. Зрозуміло, що таке пов'язане із неідеальністю параметрів реальних пристроїв (трактів ПЧ та РЧ), що входять до складу досліджуваних радіосистем. У сучасній практиці існує декілька методів визначення залежності $BER = f(C / N)$, з яких слід виділити два основні методи: більш традиційний, пов'язаний з внесенням додаткового загасання до тракту РЧ, і сучасніший, пов'язаний з точним внесенням шумів до тракту прийому. Схема традиційного методу вимірювань параметра $BER = f(C / N)$ представлена на рисунку 7.17. Вона заснована на використанні у приймачі РЧ тракту певного пристрою – атенюатора, за допомогою якого вноситься додаткове загасання. Рівень сигналу прийому вважається постійним на проміжку часу вимірювання. Параметр помилки вимірюється аналізатором цифрових каналів, а рівень сигналу і шуму вимірюють вимірювачем потужності.

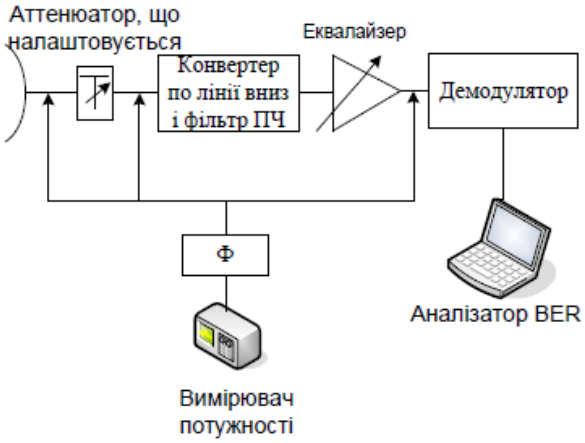


Рисунок 7.17 – Використання атенюатора (із можливістю його переналагодження) для вимірювань характеристики $BER = f(C / N)$

На практиці результат вимірювання шумів в тракті ПЧ без фільтрації дає значення, що є більше за значення реальної потужності шумів в робочій смузі тракту. Тому при вимірюваннях потужності використовують додаткові фільтри *Ф*, що налаштовані на робочу смугу частот. Основний недолік традиційного методу – це припущення щодо незмінності рівню потужності робочого сигналу на інтервалі вимірювань, оскільки у реальних умовах досягти цього практично неможливо. Завжди існує нестабільність приймального сигналу, що може бути пов'язана із загасанням, обумовленим природними явищами (дощ, нагрівання атмосфери). Такі природні явища приводять до значних варіацій параметрів середовища розповсюдження радіосигналів – радіоефіру. Як наслідок, потужність робочого сигналу може змінюватися на 1…2 дБ навіть протягом дня із стабільною погодою. Аналіз залежності *BER* від рівня сигналу, що приймається, в сучасних цифрових системах передачі показує, що дана характеристика має високу крутизну: зменшення рівня сигналу навіть на 1 дБ може привести до збільшення рівня *BER*, що вноситься системою передачі, у десять разів. Таким чином, традиційний метод вимірювань $BER = f(C / N)$ з використанням атенюатора не забезпечує необхідну точність результатів вимірювань, особливо при малих значеннях параметра *BER*. Для виконання вимірювань залежності

*BER* = *f* (*C* / *N*) при малих значеннях параметра *BER* використовується інтерференційний метод, схема якого представлена на рисунку 7.18.

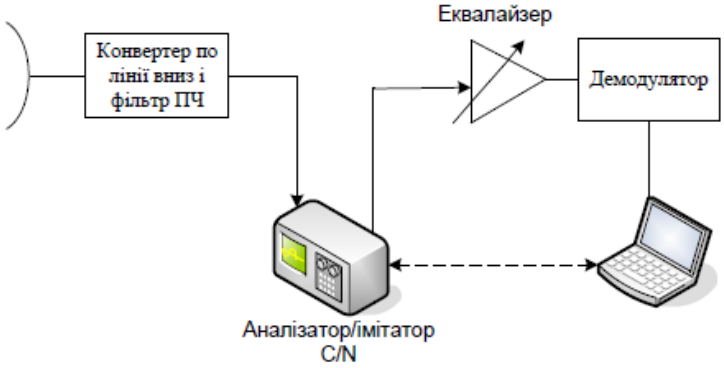


Рисунок 7.18 – Інтерференційний метод вимірювань характеристики *BER* = *f* (*C* / *N*)

Цей метод можна застосовувати, якщо у розпорядженні дослідників є спеціальний прилад – аналізатор та імітатор співвідношення сигнал / шум. Цей прилад здатний автоматично регулювати рівень шумів в залежності від рівня сигналу, що приймається. Тобто, цей прилад здатний підтримувати на заданому рівні співвідношення *C* / *N*, незважаючи на те, що рівень потужності приймального сигналу в процесі вимірювань весь час змінюється. Якщо, наприклад, рівень сигналу починає збільшуватися, то і рівень шуму також збільшується. Це забезпечує підчас вимірювань параметра *BER* постійне значення *C* / *N* на бажаному рівні. Тому даний метод забезпечує високу точність вимірювань характеристики *BER* = *f* (*C* / *N*) в діапазоні можливих значень параметра *BER* аж до $1 \cdot 10^{-12}$.

## Питання для контролю

1. Чим обумовлена актуальність задач підтримки надійності функціонування обладнання?
2. Які особливості задач підтримки надійності функціонування ТЛК-обладнання під час його експлуатації?
3. Які показники експлуатаційної надійності обладнання Ви знаєте?
4. Визначить умови та порядок контролю показників надійності.
5. Надайте характеристики методам та засобам резервування програмно-апаратних елементів обладнання.
6. Яким чином здійснюється архівація програмного забезпечення та баз даних?
7. Які вимоги до використання антивірусного програмного забезпечення?
8. Що таке PICS?

## Література

1. Rivera G., Pedrycz W., Moreno-Garcia J., Sánchez-Solís J.P. (eds.) Innovative Applications of Artificial Neural Networks to Data Analytics and Signal Processing. Springer Nature, 2024. 560 p.

# ТЕМА 8
# НАВАНТАЖЕННЯ НА ТЛК-ОБЛАДНАННЯ: ПОКАЗНИКИ, МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНКИ

## 8.1 Визначення терміну «навантаження»

Будь-яке обладнання може експлуатуватися із різним ступенем інтенсивності. Якщо воно функціонує за даних умов із максимально можливою інтенсивністю, то забезпечується максимально можлива продуктивність його використання, тобто забезпечується максимальний корисний ефект від його експлуатації. У цьому випадку говорять, що обладнання працює в умовах повного навантаження. Якщо ж це обладнання функціонує, як кажуть, не на повну потужність, тобто із невисокими рівнями інтенсивності, або взагалі часто простоює, то мова йде про низький рівень навантаження на обладнання і, зрозуміло, такий стан речей не може задовольнити власників цього обладнання, оскільки на його закупівлю та організацію експлуатації було витрачено певні кошти. Бажано, щоб ці кошти «працювали» із максимальним економічним ефектом.

*Примітка 1. Наприклад, на закупівлю, введення та організацію експлуатації певного ТЛК-обладнання було витрачено півтора мільйони гривень, а за умов його повного навантаження отримано річний прибуток у розмірі 0,5 млн. грн., то термін окупності цього обладнання (без урахування всіляких тонкощів) становитиме три роки, що в галузі телекомунікацій вважається прийнятною величиною. Якщо ж на стадії експлуатації інтенсивність використання цього обладнання складає 20% від максимально можливої інтенсивності, то річний прибуток складатиме лише 0,1 млн. грн., а термін окупності в цьому разі становитиме 15 років, що робить капіталовкладення в таке обладнання явно неефективними.*

*Примітка 2. Слід звернути увагу на те, що обладнання більшості механічних систем (наприклад, автомобільні або авіаційні двигуни, компресори, насоси тощо) у режимі повного навантаження функціонує із підвищеними рівнями фізичного зносу, що негативно впливає на рівень надійності та зменшує термін його експлуатації. Проте ТЛК-обладнання у загальному випадку не відноситься до механічних систем. Надійність та термін експлуатації ТЛК-обладнання майже не залежить від ступеню інтенсивності його експлуатації. Виключення можуть складати елементи деяких ланцюгів електроживлення, що працюють за умов високих значень величини струму.*

Вищевказане у повній мірі відноситься і до ТЛК-обладнання. Зокрема, у більшості випадків (зокрема, для обладнання пакетних мереж) в якості параметра продуктивності вибирається показник реально досягнутої швидкості обробки інформації на цьому обладнанні. Щодо канального обладнання то під швидкістю обробки інформації розуміється швидкість її передавання через канал зв’язку. Найвищий рівень можливої продуктивності ТЛК-обладнання визначається як його пропускна здатність. Проте мається на увазі, зокрема, не теоретично можлива пропускна здатність каналу, яка визначається для ідеальних умов його функціонування за звісною формулою Шеннона $C = \Delta F \log_2(1 + P_c / P_ш)$, де $\Delta F$ – ширина смуги пропускання каналу, а $P_c$ та $P_ш$ – потужності відповідно сигналів та завад), а експлуатаційна пропускна здатність, що визначається з урахуванням конкретних умов функціонування обладнання.

Якщо мова йде про вузлове обладнання пакетних мереж (комутатори, маршрутизатори, шлюзи, сервери і таке інше), то під пропускною здатністю (або продуктивністю) розуміється максимально можлива за даних умов кількість одиниць інформації (бітів, кадрів, фреймів, пакетів, повідомлень, протокольних блоків даних тощо), що може бути нормально оброблена цим обладнанням протягом певним чином вибраного проміжку часу. Зазвичай обирається проміжок часу, що дорівнює 1 секунді. Під словом «нормально» мається на увазі, що у принципі швидкість обробки інформації в обладнанні може бути і більше, ніж його пропускна здатність, але в цих випадках якість обробки буде «не нормальною», тобто показники якості (такі як коефіцієнт втрат пакетів, коефіцієнт бітових помилок, показники спотворень сигналів тощо) будуть гіршими, ніж для нормальних умов обробки інформації.

*Примітка 3. Підкреслимо, що за різних умов експлуатації одне і те ж обладнання може функціонувати із різними значеннями експлуатаційної пропускної здатності. Тому необхідно конкретизувати умови, за яких визначається пропускна здатність ТЛК-обладнання. З іншого боку, під час вимірювань пропускної здатності враховуються лише ті одиниці інформації, що оброблюються за нормальних умов експлуатації, тобто без порушень цих умов. Зокрема, пропускна здатність обладнання пакетних мереж визначається за умов забезпечення визначених показників якості транспортування пакетів – коефіцієнту втрат протокольних блоків (PDU) та / або коефіцієнту помилково прийнятих PDU. Пропускна здатність обладнання бітового каналу визначається за умов забезпечення визначених показників якості передавання бітів – параметру бітових помилок BER, параметрів електромагнітного впливу на суміжні електричні ланцюги NEXT, FEXT тощо.*

Визначення навантаження на обладнання мереж з комутацією пакетів суттєво відрізняється від визначення навантаження на обладнання мереж з комутацією каналів. Навантаження на обладнання пакетних мереж вимірюється в одиницях кількості інформації (у бітах, байтах, блоках), що оброблюється цим обладнанням за певним чином обраний період часу. Зазвичай у цій сфері використовують поняття «інтенсивність навантаження», що розуміється як кількість обробленої інформації протягом однієї секунди. Зрозуміло: якщо протягом певної поточної однієї секунди вузлове обладнання пакетної мережі нормально (тобто, без порушень умов експлуатації) обробило $v_0$ одиниць інформації, а пропускна спроможність цього обладнання за даних умов дорівнює $c_0$ [одиниць інформації за секунду], то миттєвий коефіцієнт навантаження $k_0$ на це обладнання визначиться як безрозмірна величина (в межах від 0 до 1)

$$k_0 = \frac{v_0}{c_0}. \tag{8.1}$$

Якщо ж мова йде про канали передавання даних, то під пропускною здатністю такого каналу розуміється максимально можлива за даних умов швидкість передавання цих даних, що також вимірюється у бітах, байтах, кадрах, фреймах, пакетах і таке інше, що пройшли через канал протягом однієї секунди. В якості умов визначення пропускної здатності такого каналу можуть висуватися вимоги забезпечення заданого рівня коефіцієнту помилок, коефіцієнту втрат пакетів тощо.

Зрозуміло: якщо протягом певної поточної однієї секунди канальне обладнання нормально транспортувало через цей канал vк одиниць інформації, а пропускна здатність каналу за даних умов дорівнює $c_к$ [одиниць інформації / с], то миттєвий коефіцієнт навантаження $k_к$ на цей канал визначиться як безрозмірна величина (в межах від 0 до 1)

$$k_k = \frac{v_k}{c_k}. \qquad (8.2)$$

Пакетний трафік, зазвичай, має стрімко пульсуючий характер, а засобам, що його обробляють, притаманна певна інерційність дії. Тому для більш адекватного відображення процесів обробки інформації в пакетних мережах миттєві коефіцієнти навантаження під час вирішення різноманітних експлуатаційних завдань, як правило, усереднюють на певних проміжках часу: на однохвилинних інтервалах, на двохвилинних інтервалах, на п’ятихвилинних інтервалах тощо. У свою чергу, отримані усереднені значення коефіцієнту навантаження усереднюють на годинних інтервалах, потім на добових проміжках часу, потім на місячних.

Наданими вище визначеннями коефіцієнту навантаження зручно користуватися, оскільки за таких визначень ступінь реальної продуктивності функціонуючого обладнання безпосередньо залежить від рівня інтенсивності потоків інформації, що просуваються через канали передавання або через вузлове обладнання, тобто від інтенсивності оброблюваного трафіка. Чим більш значні за інтенсивністю потоки інформації реально оброблює ТЛК-обладнання (точніше сказати, чим більше інтенсивність реально оброблюваних потоків наближається до величини пропускної здатності цього обладнання), тим вище рівень навантаження на це обладнання і тим більший корисний ефект від його використання. Вищезазначене характерне для будь-яких пакетних мереж.

Інша справа, мережі з комутацією каналів, зокрема із телефонними мережами. Засобами цих мереж, як правило, здійснюється фізичне або логічне «проключення» (тобто, утворення) каналів між окремими парами абонентів, при цьому величиною інтенсивності потоків інформації, що циркулюють у рамках утворених телефонних каналів, власник ТЛК-обладнання (оператор електрозв’язку) не цікавиться, оскільки абонентська плата залежить не від інтенсивності розмов клієнтів, а від проміжку часу використання «проключених» каналів. Тому ступінь навантаження на обладнання мереж з комутацією каналів. телефонних мереж, зручно визначати у часовому вимірі.

За одиницю вимірювання навантаження у мережах з комутацією каналів прийнято одне годино-зайняття (1 год.-зайн.), таке навантаження, яке обслуговується однією двохполюсною мережею протягом однієї години, якщо ця мережа буде безперервно зайнята обслуговуванням.

*Примітка 4. Одна гілка будь-якої мережі, що являє собою сукупність обладнання двох вузлів, які з’єднані між собою одним каналом зв’язку, називається двохполюсною мережею. Прикладом двохполюсної мережі може слугувати звичайний абонентський канал телефонної мережі загального користування (ТМЗК, PSTN або ЦМІО, ISDN), що з одного кінця закінчується телефонним апаратом, а з іншого – апаратним модулем обладнання лінійного закінчення (аналогового або цифрового) АТС. Якщо ми будемо безперервно розмовляти через цей телефонний канал протягом*

*двох годин, то ми утворимо навантаження на цей канал величиною 2 год.-зайн.. (Як бачимо, у цьому випадку користуються зовсім іншим визначенням поняття «завантаження», ніж у випадку пакетних мереж). Якщо ми протягом однієї години будемо мати п'ять телефонних розмов тривалістю шість хвилин кожна, то утворимо навантаження величиною 0,1 год.-зайн. × 5 розмов = 0,5 год.-зайн.*

*Примітка 5. Ще інше визначення параметрів навантаження маємо для групових та лінійних трактів багатоканальних аналогових систем передавання (АСП) із частотним розділенням каналів (тобто, ЧРК-систем типу К-60П, К-120, К-300, К-1020). Для цих систем навантаження визначається граничними енергетичними параметрами групового сигналу, які у даному контексті не розглядаються, зокрема тому, що ці системи вважаються застарілими і практично зняті з експлуатації.*

Якщо певний елемент телефонної мережі може використовуватися лише у монопольному режимі, тобто на будь-якому проміжку часу обслуговувати лише одну пару користувачів, то у цьому разі навантаження на цей елемент протягом однієї години не може бути більшим, ніж 1 год.-зайн.. Проте якщо цей елемент (наприклад, ущільнений міжстанційний канал, телефонний комутатор або фрагмент телефонної мережі) може використовуватися у мультиплексному режимі (тобто, одразу кількома парами користувачів), то навантаження на цей елемент протягом однієї години може суттєво перевищувати значення 1 год.-зайн.. Наприклад, навантаження протягом однієї години на АТС великої ємності, яка здатна одночасно підтримувати десятки тисяч телефонних з'єднань, може досягати десятки тисяч годино-зайнять. Навантаження протягом однієї години на ущільнені міжстанційні канали телефонного зв'язку також може досягати великих значень, що вимірюються тисячами годино-зайнять.

Пропускна здатність одного окремого телефонного вузла визначається максимально можливою кількістю телефонних з'єднань, яку здатне одночасно підтримувати обладнання цього вузла на наперед визначеному інтервалі часу. Навантаження на такий вузол визначається як сумарний час обслуговування усіх утворених телефонних з'єднань на цьому інтервалі часу. А коефіцієнт навантаження на телефонний вузол визначається як відношення навантаження до пропускної здатності цього вузла (зрозуміло, на наперед визначеному проміжку часу). Якщо, наприклад, якась АТС у будь-який момент здатна одночасно підтримувати рівно десять тисяч телефонних з'єднань, то максимально можливе навантаження на цю АТС протягом однієї години буде дорівнювати 10000 год.-зайн.. Зрозуміло, що у реальному житті навряд чи будуть часто виникати ситуації повного завантаження цієї АТС, оскільки потік заявок на телефонні з'єднання з боку абонентів являє випадковий процес, ймовірне значення математичного чекання котрого зазвичай є суттєво меншим, ніж пропускна здатність АТС. У більшості випадків на значних проміжках часу АТС буде, скоріш за все, недозавантажена, проте можливі ситуації її короткотривалого перенавантаження, зокрема, коли у певні моменти кількість заявок на телефонні з'єднання буде перевищувати поріг величиною 10000. У цьому випадку рівень якості надання телефонних послуг погіршиться.

Навантаження на фрагмент телефонної мережі, що складається із кількох вузлів, також визначається сумарним часом обслуговування усіх утворених телефонних з'єднань. Проте величина цього навантаження не є арифметичною сумою навантажень усіх вузлів, що утворюють мережний фрагмент, а обчислюється за спеціальними формулами, які враховують співвідношення кількості локальних з'єднань, утворених у

рамках кожного окремого вузла, до кількості транзитних з'єднань, що проходять через кілька вузлів мережевого фрагменту.

### 8.2 Визначення терміну «інтенсивність навантаження»

Рівень навантаження на будь-яке ТЛК-обладнання в реальних умовах експлуатації, як правило, не є постійною величиною у часі. Цей рівень, як показують результати спостережень за реальним трафіком (як телефонним, так і пакетним), весь час змінюється. В одних випадках закон цих змін має майже непередбачуваний характер (що притаманно пакетним мережам), в інших – закон змін має випадковий характер із звісною функцією розподілу ймовірностей (що притаманно телефонним мережам). На фоні випадкових або непередбачуваних змін рівня навантаження на ТЛК-обладнання часто спостерігаються періодичні, відносно регулярні коливання цього рівню (зокрема, по годинам доби, дням тижня та місяцям року), які піддаються розрахунку.

Під час вирішення багатьох експлуатаційних завдань зручно користуватися поняттям «інтенсивність навантаження», під яким розуміється рівень навантаження, що віднесений до короткотривалій одиниці часу.

Для пакетних мереж інтенсивність навантаження на вузлове обладнання визначається, як було вже вказано, як кількість одиниць інформації (бітів, кадрів, фреймів, пакетів, повідомлень, протокольних блоків даних тощо), що оброблюється цим обладнанням протягом одиниці часу. Якщо інтенсивність навантаження вимірюється протягом 1 секунди, то у цьому випадку виміряне значення інтенсивності прийнято вважати миттєвою швидкістю обробки трафіка. Для вузлового обладнання пакетних мереж розмірність параметру інтенсивності навантаження має розмірність швидкості обробки протокольних блоків даних (PDU). Тобто, інтенсивність навантаження та середня швидкість обробки PDU, що визначені на однаковому проміжку часу, є ідентичними величинами.

### 8.3 Визначення показників нерівномірності навантаження

Інтенсивність навантаження на ТЛК-обладнання у загальному випадку є змінною величиною, яку доцільно розділити на три складові.

Одна складова – це, як правило, непередбачуваний процес швидких змін у часі (пульсацій) миттєвих значень інтенсивності навантаження на ТЛК-обладнання. Миттєві зміни навантаження – непередбачуваний результат одночасної діяльності багатьох користувачів ТЛК-обладнання. «Поведінку» активних користувачів на короткострокових проміжках часу майже неможливо прогнозувати. Ці користувачі непередбачуваним чином створюють або розривають сеанси зв'язку, зокрема непередбачуваним чином включають/виключають на своїх комп'ютерах різноманітні прикладні застосування з невизначеними характеристиками. Тому у більшості випадків функція розподілу пульсацій навантаження не може бути визначена, а характеристики пульсацій (розмах, тривалість) не піддаються прогнозуванню.

Друга складова інтенсивності навантаження – це повільно змінюваний майже випадковий процес порівняно нешвидких змін у часі поточних величин інтенсивності навантаження, усереднених на більш/менш коротких проміжках часу. Усереднення навантаження на коротко тривалих проміжках часу називають згладжуванням

навантаження. Усереднена складова інтенсивності навантаження краще піддається прогнозуванню, ніж пульсації. Третя складова – це періодичні, відносно регулярні повільні коливання рівня навантаження, зокрема по годинам доби, дням тижня та місяцям року. Для кількісного оцінювання регулярної складової нерівномірності навантаження використовують коефіцієнти місячної, добової або погодинної нерівномірності (в залежності від проміжку часу, протягом якого здійснюється оцінка нерівномірності навантаження).

Коефіцієнт місячної нерівномірності $k_м$ для певного місяця (наприклад, для липня) визначається співвідношенням середньодобового навантаження для цього місяця $H^{д}_{міс}$ до середньодобового навантаження за рік $H^{д}_{рік}$, тобто:

$$k_м = \frac{H^{д}_{міс}}{H^{д}_{рік}}. \tag{8.3}$$

У мережах з комутацією каналів середньодобове навантаження вимірюється у годино-зайнятті. Береться сума навантажень щодо кожної доби місяця (року), яка ділиться на кількість діб у місяці (році). Коефіцієнт добової нерівномірності $k_д$ для певної доби місяця визначається співвідношенням середньодобового навантаження для цієї доби $H^{д}_{доб}$ до середньодобового навантаження за місяць $H^{д}_{тиж}$, тобто:

$$k_д = \frac{H^{д}_{доб}}{H^{д}_{міс}}. \tag{8.4}$$

Наприклад, необхідно визначити $k_д$ для понеділків липня місяця. Тоді середньодобове навантаження за цю добу $H^{д}_{доб}$ є середньоарифметичне навантаження усіх понеділків, що усереднене за липень, тобто в якості складових суми узято чотири (або п’ять) значень навантаження для усіх понеділків липня, які після сумування розділено на чотири. У той час як середньодобове навантаження за липень $H^{д}_{міс}$ визначається шляхом усереднення навантаження усіх діб липня. Коефіцієнт погодинної нерівномірності $k_{год}$ для певної години доби (наприклад, для проміжку між 12:00 та 13:00 годинами), що оцінюється шляхом спостережень за навантаженнями протягом одного тижню, визначається співвідношенням середньогодинного навантаження для цієї години $H^{год}_{год}$ до середньогодинного навантаження за тиждень $H^{год}_{тиж}$, тобто:

$$k_{год} = \frac{H^{год}_{год}}{H^{год}_{тиж}}. \tag{8.5}$$

Наприклад, необхідно визначити $k_{год}$ для часового інтервалу між 12:00 та 13:00 годинами. Тоді середньогодинне навантаження для цієї години $H^{год}_{год}$ є середньоарифметичне навантаження цієї години, що усереднене за тиждень, тобто в якості складових суми узято сім значень навантаження для часового інтервалу між 12:00 та 13:00 годинами щодо кожного дня тижня, які після сумування розділено на сім. У той час як середньогодинне навантаження за тиждень $H^{год}_{тиж}$ визначається шляхом усереднення навантаження усіх годинних проміжків тижня. Коефіцієнт концентрації для години найбільшого навантаження $k_{ГНН}$ – це співвідношення між

інтенсивністю навантаження в годину найбільшого навантаження (ГНН) $I_{ГНН}$ та середньодобовою інтенсивністю навантаження $I_{доб}$, тобто

$$k_{ГНН} = \frac{I_{ГНН}}{I_{доб}}. \qquad (8.6)$$

Година найбільшого навантаження (*ГНН*) – це неперервний інтервал часу тривалістю 60 хвилин, протягом якого середня інтенсивність навантаження є найбільшою за добу.

### 8.4 Визначення характеристик нерівномірності пакетного трафіку

8.4.1 Найпростіший випадок

Розгнянемо приклад 2-портового (на вході) пакетного комутатора із пропускною здатністю 2,0 тис. оброблюваних пакетів за секунду. В початковий момент шляхом відповідного конфігурування програмного забезпечення (ПЗ) цього комутатора розподілимо його пропускну здатність порівну між його двома портами. В цьому разі продуктивність (або, як не зовсім точно кажуть, ширина смуги пропускання) кожного із портів комутатора буде дорівнювати 1,0 тис. пакетів за секунду. Включимо цей комутатор у фрагмент пакетної мережі і навантажимо кожний із портів певним потоком вхідних пакетів. (потоки вихідних пакетів не розглядаємо).

Будь-який потік пакетів у мережах з пакетною комутацією, зокрема в Інтернет, має складний пульсуючий характер (рис. 8.1). На жаль, надійних апробованих математичних моделей пульсуючих потоків пакетів поки що не розроблено. Щодо пакетного трафіка то слід вказати на більш/менш вдалі спроби його математичного моделювання, зокрема шляхом його представлення у вигляді фрактального або самоподібного процесу.

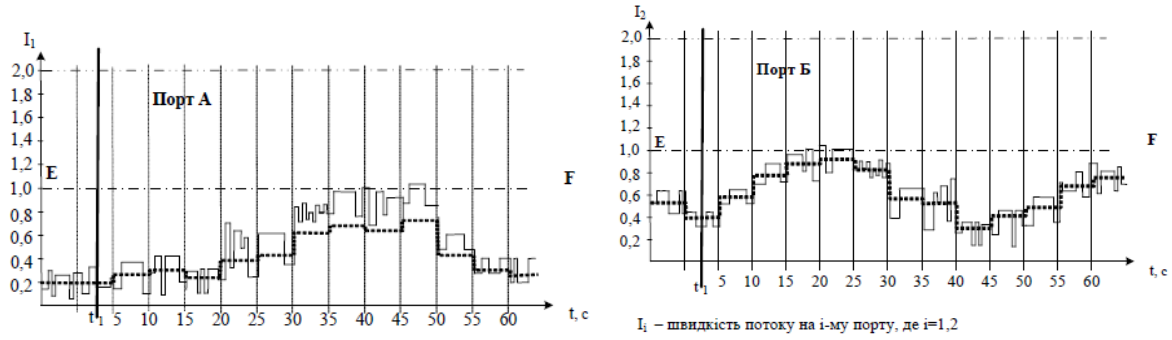


Рисунок 8.1 – Типовий приклад однохвилинної реалізації потоків пакетів низької інтенсивності на портах пакетного комутатора

Тим не менш, на рівні якісного аналізу можливо стверджувати, що інтенсивність реального пульсуючого потоку пакетів зручно розділити на дві складові. Одна складова – це повільно змінюваний у часі майже передбачуваний процес (в залежності від годин доби, розкладу роботи користувачів, випадкових зовнішніх подій тощо), що являє собою процес порівняно нешвидких змін у часі поточних величин інтенсивності потоку пакетів (тобто, змін середньої швидкості надходження пакетів до порту комутатора), виміряних на великих проміжках часу. Друга складова – це, як правило, непередбачуваний процес швидкісних змін у часі (пульсацій) миттєвих значень

інтенсивності потоку пакетів (тобто, швидких змін миттєвої швидкості надходження пакетів до порту комутатора).

Миттєві зміни швидкості потоку – непередбачуваний результат одночасної діяльності багатьох користувачів, які непередбачуваним чином включають / виключають на комп'ютерах свої прикладні застосування.

*Примітка 6. Нагадаємо, що непередбачуваний процес має принципову відмінність від випадкового процесу. Випадковий процес характеризується звісною функцією розподілу ймовірностей або хоча б звісними характеристиками цієї функції розподілу, такими як математичне чекання, дисперсія, функція кореляції. В той час як для непередбачуваного процесу його функція розподілу вважається невідомою. Поведінку випадкового процесу з певною ймовірністю можливо передбачити, а непередбачуваний процес тому і зветься непередбачуваним, що хід його змін неможливо оцінити та вгадати.*

На верхньому рисунку 8.1 надано характерний приклад однохвилинного часового відрізку реалізації потоку пакетів низької інтенсивності, де пунктирною лінією показані повільні зміни тренду потоку, що надходить на вхід порту А, а суцільною лінією, котра флуктує впродовж цього тренду, показані пульсації потоку пакетів. $I_1$ – інтенсивність (або швидкість) потоку пакетів на уводі порту А. Горизонтальна пунктирна лінія *EF*, що проведена паралельно часовій вісі на рівні 1,0 тис. пакетів відображає пропускну здатність (щодо швидкості обробки пакетів) вхідного порту А пакетного комутатора.

На нижньому рисунку 8.1 відображений цей же часовий відрізок, але стосовно реалізації потоку пакетів, що надходить до другого порту комутатора (до порту Б). Експлуатаційна практика показує, що у більшості випадків швидкість зростання та убування миттєвої швидкості потоку пакетів на портах комутатора, величини пульсацій та терміни їхнього існування мають майже не прогнозований характер. Як бачимо із рисунка 8.1, характер змін інтенсивності в обох потоках для даного прикладу майже однаковий, але якщо перший потік має значно менші величини середньої інтенсивності на першій половині відображеного часового проміжку у порівнянні із величинами середньої інтенсивності цього потоку, відображеними на другій половині часового проміжку, то щодо другого потоку – картина майже протилежна. Якщо мати на увазі, що $K_{зі}$ – коефіцієнт навантаження *і*-го порту комутатора вимірюється відношенням середньої інтенсивності потоку, що надходить до порту, до пропускної здатності цього порту, то для нашого прикладу в точці $t1$ миттєві значення цього коефіцієнту для порту А складають $K_{з1} = 0{,}2$, а для порту Б складають $K_{з2} = 0{,}5$. В майже всіх інших часових точках існування потоків значення коефіцієнту навантаження портів для наведеного прикладу набагато менші за одиницю, при цьому потоки не є синхронними. Винятки складають невеличкі проміжки часу (часовий відрізок між 45 та 50 секундою на верхньому рисунку та відрізок в районі 20 секунди на нижньому рисунку), коли миттєві значення навантаження портів перевищують їхні пропускні спроможності. Пряма горизонтальна лінія *EF* на кожному із рисунків 8.1 відображає пропускну здатність відповідного порту комутатора (щодо наведеного прикладу – на рівні 1,0 тис. пакетів за секунду). Коефіцієнт навантаження порту дорівнює 1 у випадку, коли швидкість просування пакетів через цей порт дорівнює його пропускній здатності. Як бачимо із рисунка 8.1, існує значний запас щодо підвищення завантаженості обох портів комутатора, оскільки усереднені на однохвилинному інтервалі коефіцієнти

завантаження кожного із портів виявились значно меншими за одиницю (десь на рівні 0,45). Пульсації потоків на обох портах хоч і мають значні коливання, але вони, здебільшого, не перевищують лінії пропускних здатностей портів, що означає відсутність перенавантажень портів комутатора і можливість надання високоякісних послуг (оскільки за цих умов механізми знищення пакетів у комутаторі через перенавантаження його портів не включаються в роботу, а черги у буферній пам'яті портів не переповнюються – як результат, незапланованих затримок пакетів в мережі не відбувається).

*Примітка 7. Аналізуючи «поведінку» потоків пакетів на рис. 8.1, слід звернути увагу на моменти перевищення інтенсивності цих потоків лінії EF, що відображає величину пропускної здатності порту пакетного комутатора. У даному прикладі пропускна здатність кожного із двох портів зафіксована на рівні 1,0 тис. пакетів в секунду. От же, якщо миттєва швидкість потоку пакетів, що просуваються на вхід порту (яка визначається як інтенсивність навантаження на цей порт) перевищить пропускну здатність порту, то в цей момент, якщо не передбачити відповідних заходів, комутатор буде не в змозі нормально обробити усі пакети даного потоку. Тобто, або виникнуть небажані затримки пакетів в чергах, що утворюються у буферній пам'яті порту комутатора, або, взагалі, надлишкові пакети будуть незворотно втрачені. Тому для запобігання таким небажаним подіям в пакетних комутаторах передбачено використання спеціалізованих програмно-апаратних механізмів (зокрема, утворення черг пакетів у буферній пам'яті портів, приорітезація потоків, їхнє згладжування), які активізуються в моменти, коли пульсації пакетного трафіку перевищують пропускну здатність обладнання, що цей трафік оброблює. Технологія запобігання небажаним наслідкам пульсацій потоків пакетів реалізується у рамках так званої інженерії трафіка, яка буде далі розглядатися.*

Хотілося б підвищити коефіцієнт завантаження портів розглянутого комутатора, але при цьому не втратити можливість надання послуг із необхідним рівнем якості. На рис. 8.1 маємо п'ятисекундні інтервали усереднення пакетного трафіку. Якщо оцінювати можливий діапазон значень коефіцієнту навантаження кожного із портів розглянутого комутатору саме на цих п'ятисекундних інтервалах, то неважко упевнитися, що він лежить у межах 0,2…1,0. Тобто, в якісь п'ятисекундні інтервали маємо значне недовантаження обладнання портів комутатора ($0{,}2 \le K_{зі} \le 0{,}4$), а в якісь інтервали маємо високе навантаження, яке б задовольнило будь-якого оператора ТЛК-мережі (коли $0{,}65 \le K_{зі} \le 1{,}0$).

Рішення задачі підвищення коефіцієнтів завантаження портів здійснимо на шляху запровадження принципу адаптивного керування пропускною спроможністю портів пакетного комутатору за критерієм максимізації коефіцієнту використання обладнання цього комутатору за умов неперевищення нормативів якості обробки пакетів. (Зазвичай у ролі показників якості, що нормуються, вибирають рівень затримок пакетів та коефіцієнт втрат пакетів).

8.4.2 Найпростіша процедура адаптивного керування шириною смуг.

Припустимо, що у складі комутатору функціонує система автоматичного регулювання (САР) з відповідними регуляторами, яка дозволяє у реальному часі перерозподіляти пропускну здатність комутатора між його портами в залежності від виміряних аналізатором даних. Роботу вищеназваної системи можна пояснити наступним чином. Поки виміряні значення відсотку знищених пакетів на портах

комутатора будуть меншими за припустимий відповідними нормами рівень втрат пакетів (наприклад, меншими за 1 %), САР не змінює пропускні здатності (ширини смуг) портів комутатора, оскільки в цьому стані перенавантаження портів – відсутні, а потоки пакетів отримують якісну і своєчасну обробку в комутаторі. Але як тільки аналізатор виявить факт перевищення відсотку знищених пакетів одновідсоткового порогу на одному із портів, то це означає виникнення перенавантаження на цьому порту і доцільність включення адаптаційного механізму перерозподілу пропускної здатності комутатора на користь перенавантаженого порту за рахунок недовантаженого порту. (якщо обидва порти одночасно увійшли в стан перенавантаження, то без втрат в якості обслуговування вийти із цього стану неможливо, і в цій ситуації будь-які механізми адаптації не допоможуть. Але таке, як свідчать результати експлуатаційних вимірювань, трапляється дуже рідко). Іншими словами, в момент часу, коли аналізатор кількості знищених пакетів виявить перенавантаження лише в одному із двох портів комутатора, то в цей момент включається механізм перерозподілу пропускної здатності комутатора таким чином, що смуга пропускання перенавантаженого порту розширюється за рахунок звуження смуги пропускання недовантаженого порту. Ця ситуація відображена на рис. 8.2.

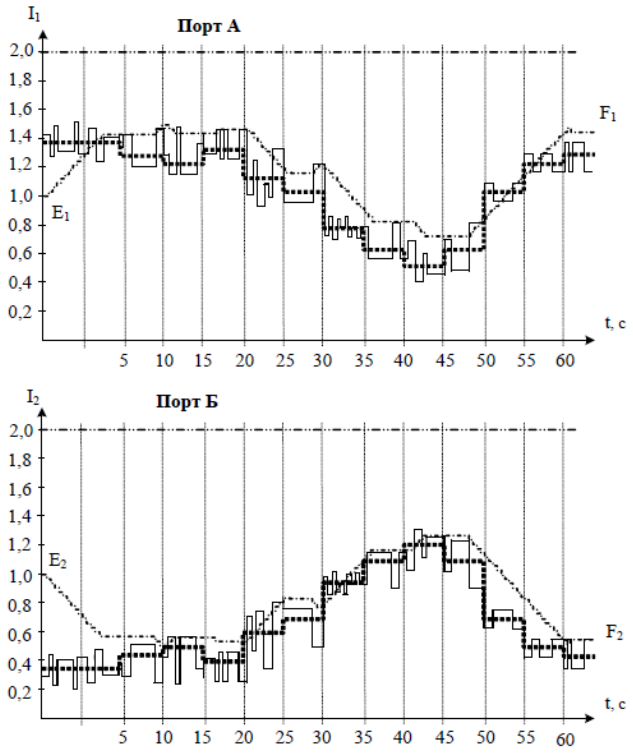


Рисунок 8.2 – Ілюстрація прикладу адаптивного регулювання смуг пропускання портів пакетного комутатора

Як бачимо, на різних проміжках часу виділяються різні за величиною смуги пропускання портів комутатора таким чином, що на проміжках часу, коли, наприклад, на першому порту інтенсивність потоку пакетів збільшується (загрожуючи перенавантажити цей порт пакетним трафіком), ширина смуги пропускання цього порту розширюється (пряма пропускної здатності першого порту $E_1F_1$ піднімається уверх) . Одночасно з цим ширина смуги іншого порту зменшується (пряма пропускної

здатності другого порту $E_2F_2$ пересувається вниз), але не настільки, щоб на цьому порту утворились перенавантаження.

Припустимо, що на певному проміжку часу на першому порту аналізатор виявив перенавантаження – тому саме цьому порту додається певна частка пропускної здатності комутатора так, щоб уникнути перенавантаження (тобто, щоб верхні піки пульсацій потоку на цьому порту стали нижче за лінію $E_1F_1$). На другому порту на цьому проміжку часу було недовантаження – тому ширина смуги цього порту дещо звужується, але не настільки, щоб на ньому виникло перенавантаження (лінія пропускної здатності $E_2F_2$ цього порту також не перетинається верхівками пульсацій потоку, що надходить до цього порту). Якщо розрахувати коефіцієнти використання портів для умов, що відображені на рис. 8.2, то можливо констатувати, що усереднені значення цього коефіцієнту на обох портах суттєво підвищилися до рівнів, що перевищують 0,7…0,75. При цьому, якщо не спостерігаються часті та / або значні піки пульсацій трафіка, шляхом коректного вибору закону авторегулювання за цих умов є можливим запобігти суттєвим перевищенням поточним трафіком смуг пропускання портів комутатору, що свідчитиме про можливість якісної обробки пакетів портами комутатора. На жаль, реальний пакетний трафік характеризується досить частими великими та «гострими» піками пульсацій, які, зрозуміло, негативно впливають на можливість підвищення коефіцієнта використання комутаторного обладнання. Тому в експлуатаційній практиці отримали широке застосування різноманітні механізми так званого «згладжування» пульсацій потоку пакетів.

8.4.3 Потоки пакетів на портах комутатора

На рис. 8.3 відображені вже згладжені потоки пакетів на обох портах комутатора, що розглянуті на попередньому рис. 8.2. Як бачимо, після згладжування піки потоків «розмазались» і створились умови для суттєвого підвищення завантаження комутатора.

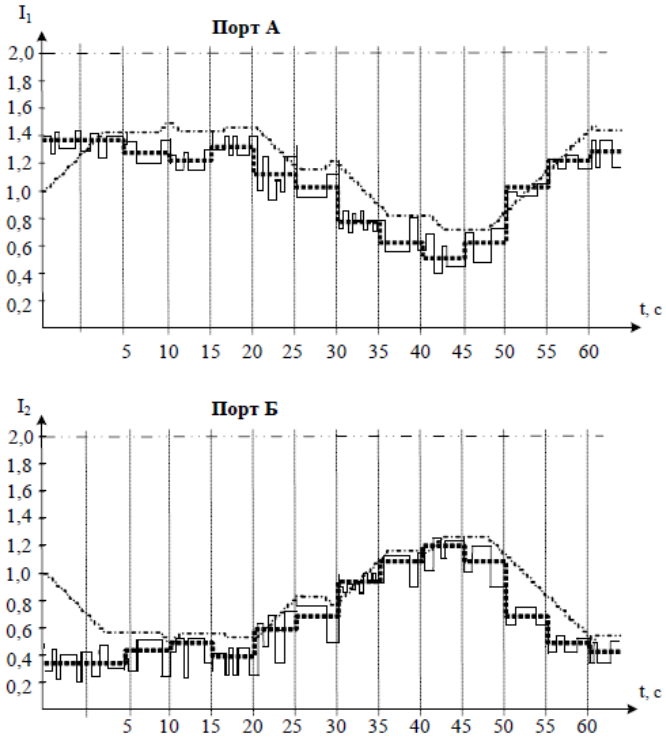


Рисунок 8.3 – Ілюстрація прикладу адаптивного регулювання смуг пропускання портів комутатора з урахуванням механізмів «згладжування» пульсацій пакетного трафіку

Тим не менш, в багатьох випадках за умов, коли пакетний трафік характеризується значною кількістю великих за величиною Тим не менш, в багатьох випадках за умов, коли пакетний трафік характеризується значною кількістю великих за величиною та тривалістю піків, параметри котрих непрогнозовано змінюються та тривалістю піків, параметри котрих непрогнозовано змінюються у часі з великою швидкістю, динамічні характеристики системи авторегулювання перерозподілом пропускної здатності комутатора мають вирішальне значення. Дійсно, розглянута вище система авторегулювання не має у своєму складі елементів, котрі дозволяють своєчасно реагувати на швидкі зміни у пульсаціях трафіку.

Тому сигнали авторегулювання часто не встигають за темпом змін у трафіку. Як результат, спостерігається ситуація, коли або поточний трафік досить часто перевищує пропускну спроможність портів (в цьому випадку через втрати пакетів якість обслуговування різко погіршується), або з метою запобігання втрат пакетів здійснюється резервування пропускної здатності комутатора (за рахунок певного зниження коефіцієнтів навантаження елементів мережевого обладнання).

Від вищенаведених недоліків буде позбавлено комутаційне обладнання, у складі котрого застосовується САР, що здатна своєчасно відслідковувати характер змін у пульсаціях пакетного трафіка. На жаль, реальний трафік в мережах пакетної комутації характеризується надзвичайно високою швидкістю змін. Тому до технічних засобів САР щодо параметрів швидкодії висуваються надзвичайно жорсткі вимоги. Навіть за умов застосування сучасної наносекундної елементної бази не завжди вдається побудувати САР, що встигали б відслідковувати реальні зміни характеристик потоків пакетів на портах комутаторів. Тому з урахуванням вищезазначеного особливо привабливими виглядають системи, що містять у своєму складі механізми прогнозування майбутнього стану потоків пакетів на портах комутатора. Однак ці системи виходять за межі даного розгляду.

### 8.5 Методи вимірювання навантаження

Вимірювання показників навантаження широко використовуються під час вирішення багатьох експлуатаційних завдань. Володіння методами та практичними навичками вимірювання цих показників конче необхідне експлуатаційному персоналу, особливо адміністраторам, в зоні відповідальності котрих знаходиться група задач Performance Maintenance. Розглянемо кілька характерних експлуатаційних задач, вирішення котрих напряму пов’язано із вимірюванням показників навантаження.

1) Персонал, який займається задачами Performance Maintenance, повинен раціональним чином розподіляти потоки інформації, що просуваються каналами зв’язку між вузлами мережі, з тим, щоб забезпечити необхідний рівень якості обслуговування цих потоків. Адміністратори, зазвичай, намагаються більш/менш рівномірно завантажити усі елементи мережевого обладнання, оскільки у цьому разі усі користувальницькі потоки з точки зору запобігання негативному впливу пульсацій трафіку знаходяться у приблизно однакових умовах. Крім того, на рівномірно завантаженій мережі значно простіше визначити різницю між її пропускною спроможністю та обсягом вже задіяних мережних ресурсів і, отже, більш точно оцінити можливості щодо збільшення її завантаженості.

2) Персонал повинен постійно слідкувати в оперативному режимі за «поведінкою» трафіка, намагаючись вчасно виявити нештатні події, що виникли

внаслідок непрогнозованого збільшення розмаху та / або тривалості пульсацій трафіку. Такі нештатні події можуть призвести до суттєво негативних, а в окремих випадках і до форс-мажорних наслідків.

Якщо внаслідок неочікуваних обсягів пульсацій пакетного трафіку пакети в чергах буферних пристроїв портів активних мережних елементів (комутаторів, маршрутизаторів тощо) затримуються довше розрахованого часу, то порушуються умови сервісних угод (SLA) з клієнтами щодо обумовлених параметрів затримок і девіації затримок пакетів. Це призводить до неякісного обслуговування чутливого до затримок трафіку (мультимедіа, IP-телефонія). Однак можливі і більш негативні наслідки.

В мережах з комутацією пакетів через тривалі або, можливо, нетривалі, але великі за розмахом пульсації трафіку виникають переповнення черг у буферних пристроях портів. Черги мають, іноді хоч і доволі великі, але кінцеві розміри. Тому «зайві» пакети (тобто, ті, що не помістилися у чергах), як правило, знищуються, що призводить до підвищення коефіцієнту втрат пакетів за межі унормованих значень. Як результат, користувальницькі потоки не отримують обумовлені у SLA рівні якості обслуговування. В окремих випадках через різке і тривале збільшення коефіцієнту втрат пакетів у мережі нормальне функціонування прикладних задач користувачів взагалі виявляється неможливим, що призводить до відмови в обслуговуванні.

В мережах з комутацією каналів через стрімке збільшення інтенсивності навантаження (наприклад, внаслідок незвичайної активності телефонних абонентів) також можливі відмови в обслуговуванні клієнтів. Тому оператори телефонних мереж намагаються відслідковувати незвичайні події у суспільному житті громадян, які користуються їхніми послугами, з тим, щоб своєчасно прийняти необхідні заходи з розподілу потоків інформації, що просуваються каналами зв’язку між вузлами телефонної мережі.

3) Персонал повинен мати можливість виявлення та локалізації проблем, що пов’язані із перенавантаженням елементів обладнання. Для цього, необхідно, перш за все, організувати вимірювання поточних значень інтенсивності потоків інформації на кожному із елементів мережі.

4) Персонал має забезпечити оперативну фіксацію інформації щодо інтенсивності оброблюваного трафіка. Ця інформація використовується як вихідна в задачах оптимізації роботи мережі, прогнозування навантаження на мережу, інженерії трафіка, планування та подальшого розвитку мережі. На основі результатів прогнозування навантаження здійснюють розрахунки необхідної кількості додаткового обладнання (каналів транспортування інформації, комутуючого та іншого вузлового обладнання), яке має бути уведено в дію для забезпечення якісного обслуговування клієнтів мережі. Після усереднення та статистичної обробки зафіксованої інформації щодо інтенсивності трафіка та порівняння цієї інформації із можливостями обладнання мережі, зазвичай, виявляються шляхи подальшого удосконалення характеристик мережі: підвищення коефіцієнту навантаження на мережу без втрати рівня якості обслуговування; підвищення рівня якості обслуговування шляхом більш раціонального вибору параметрів служби QoS; переінсталяція параметрів механізмів згладжування та формування трафіку (зокрема, зміна виділених для черг обсягів буферної пам’яті).

Як бачимо, вимірювання навантаження елементів мережі широко застосовується в експлуатаційній практиці.

В залежності від змісту вирішуваних завдань обираються відповідні показники навантаження, методи та інструментальні засоби його вимірювання.

Розглянемо методи вимірювання навантаження в мережах з комутацією каналів. В системах комутації каналів, як було вже вказано, навантаження вимірюють у кількості годино-зайнять на визначеному інтервалі часу, а інтенсивність навантаження – у ерлангах (год зайн / год). Необхідно підкреслити, що вимірюється тільки дійсне навантаження, яке реально було обслужене. Так зване втрачене навантаження (наприклад телефонні виклики), що з різних причин не було обслужене, безпосередньо виміряти неможливо. Проте втрачене навантаження можливо розрахувати через виміряні значення інтенсивності дійсного навантаження згідно формул, відомих із теорії телетрафіку.

Якщо існує потреба виміряти навантаження на якомусь одному двохполюсному елементі мережі з комутацією каналів (зокрема, на абонентській телефонній лінії) за певний період часу (наприклад, від 0 до $T$), то слід використати будь-який вимірювальний засіб (програмний або апаратний), який здатний фіксувати проміжки часу, коли цей елемент зайнятий обслуговуванням. Тоді навантаження на цей елемент $H$ (за визначений період часу) визначиться згідно формули:

$$H = \sum_{i=1}^{n} H_i \,, \tag{8.7}$$

де $H_i$ – тривалість і-го зайняття елементу мережі, $n$ – кількість зайнять елемента мережі протягом інтервалу 0, $T$.

Якщо отримане таким чином навантаження $H$ розділити на загальний час вимірювань у годинах, тобто віднести його до одиниці часу, то отримана величина буде представляти інтенсивність навантаження $У$ цього двохполюсного елементу:

$$У = \frac{H}{T} = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_i}{\sum_{i=1}^{n} t_i}, \tag{8.8}$$

Якщо існує потреба виміряти навантаження на багатополюсному елементі мережі з комутацією каналів (зокрема, на комутаторі каналів) за певний період часу (наприклад, від 0 до $T$), то слід використати будь-який вимірювальний засіб, який здатний фіксувати кількість зайнятих обслуговуванням двохполюсних елементів (наприклад, зайнятих телефонних ліній) в окремі моменти часу. Оскільки середнє значення навантаження багатополюсного елементу за період вимірювань дорівнює середній кількості одночасно зайнятих двохполюсних елементів, то навантаження $H$ на багатополюсний елемент (за визначений період часу) визначиться згідно формули:

$$H = \sum_{i=1}^{N} k_i \,, \tag{8.9}$$

де $k_i$ – кількість одночасно зайнятих двохполюсних елементів під час $i$-го сканування багатополюсного елементу; $N$ – загальна кількість сканувань.

Вищенаведений метод вимірювання навантаження багатополюсного елементу іноді називають методом сканування, якому, на жаль, притаманна певна методологічна похибка, оскільки відповідно до нього навантаження вимірюється лише у певні окремі моменти, а не безперервно у часі. Середня похибка методу сканування визначається за формулою Пальма:

$$\underset{n}{dH} = H\ SQRT\left(\frac{1+e^{+\alpha}}{1-e^{-\alpha}}\left(\ldots\left(\ldots\alpha-2\right)\right)\right), \tag{8.10}$$

де $n$ – сумарна кількість зайнятих двохполюсних елементів за весь період вимірювань $T$; $\alpha$ – відношення інтервалу $\Delta t$ між двома суміжними моментами сканування (інтервалами сканування) до середнього часу одного зайняття $\theta$.

Для визначення інтенсивності навантаження на багатополюсний елемент необхідно отримане значення навантаження $H$ розділити на загальний період сканування $T$.

Розглянемо методи вимірювання навантаження в мережах з комутацією пакетів. В системах комутації пакетів, як було вже вказано, навантаження вимірюють у кількості інформації (бітів, байтів, фреймів, пакетів), що була оброблена обладнанням системи протягом певним чином обраного періоду часу. Якщо цей період виявиться тривалим, то оперувати значними обсягами інформації, що представляють навантаження, при вирішенні експлуатаційних завдань буде незручно. Тому при експлуатації пакетних мереж, головним чином, користуються поняттям «інтенсивність навантаження», що розуміється як кількість оброблених пакетів протягом однієї секунди. Так що параметр інтенсивності навантаження має розмірність швидкості обробки пакетів вузловим обладнанням.

Для вимірювання інтенсивності навантаження в пакетних мережах, як правило, використовують методи прямого підрахунку PDU, що просуваються через певним чином обрану точку вимірювання. Кожна подія перетину пакетом точки вимірювання фіксується та накопичується у відповідному лічильнику. Зрозуміло, що для обробки гігабітових потоків необхідно резервувати великі обсяги пам’яті, якщо ми бажаємо накопичити дані про поточну інтенсивність завантаження на великих проміжках часу. Тому з метою економії пам’яті дані про поточну інтенсивність завантаження, як правило, усереднюють на інтервалах різної тривалості. Величина інтервалу усереднення залежить від змісту експлуатаційних задач.

З метою зменшення ресурсів пам’яті, що мають бути витрачені на проведення вимірювань, вимірювання інтенсивності навантаження в деяких випадках проводять вибірково з певним періодом вимірювань. За цих умов отримують не всю можливу сукупність даних про інтенсивність навантаження (так звану генеральну сукупність), а лише певну її частину (тобто, вибіркову сукупність). Як результат, виникає помилка вибірки $\Delta$, яка визначається як величина відхилення певних параметрів вибіркової сукупності даних від аналогічних параметрів генеральної сукупності. Вибіркова сукупність повинна з контрольованою точністю відображати генеральну сукупність даних, що робить актуальним завдання оцінки мінімально необхідного обсягу вибіркових даних $n$, які забезпечують задану точність вимірювань (не перевищуючи припустимого значення помилки вибірки $\Delta$). Така оцінка робиться з використанням

методів математичної статистики. Зокрема, один із найпростіших методів визначення необхідного обсягу вибіркових даних полягає в наступному.

Помилку вибірки $\Delta$ розуміють як відхилення середнього значення вибіркової сукупності з обсягом $n$ від середнього значення генеральної сукупності з обсягом $N$, де $N >> n$ . Тоді відповідно до теореми Чебишева – Ляпунова:

$$\Delta \approx \frac{\gamma\sigma}{\sqrt{n}}, \tag{8.11}$$

де $\gamma$ – коефіцієнт, що визначає ймовірність того, що фактична помилка виявиться не більше $\Delta$ (існує у табульованому вигляді; якщо, наприклад, $\gamma$ =2,6, то формула є вірною з ймовірністю 1%); $\sigma$ – середньо квадратичне відхилення вибіркової сукупності.

Вирішуючи (8.11) відносно $n$, отримаємо значення мінімально необхідного обсягу вибіркової сукупності:

$$n_{\min} = \frac{\gamma^2\sigma^2}{\Delta^2}. \tag{8.12}$$

## 8.6 Оцінка характеристик обладнання з урахуванням інтенсивності навантаження

Поняття «інтенсивність навантаження» широко використовується в експлуатаційній практиці при вирішенні різноманітних експлуатаційних завдань. Розглянемо приклад, що є типовим для задач експлуатації телефонних мереж, коли використовують звісні співвідношення між продуктивністю обладнання комутаційної системи, ємністю абонентської бази телефонного вузла та необхідною пропускною здатністю міжстанційних ліній зв’язку.

Припустимо, що необхідно організувати так званий виніс (тобто, віддалений концентратор абонентських телефонних каналів), що має бути розташованим у сільському населеному пункті, віддаленому від однієї із районних АТС м.Києва. Функціональні можливості виносу у порівнянні із повноцінною АТС суттєво звужені. Зокрема, абоненти, що приєднані до одного виносу, вимушені створювати телефонні з’єднання при спілкуванні між собою тільки через віддалену АТС. Проте в якості виносу можливо використати, як варіант, і міні АТС. У даному випадку суттєвою перевагою застосування виносу (а не повно функціонального сільського телефонного вузла) для селян є забезпечення можливості користування номерним ресурсом київської міської телефонної мережі.

Припустимо також, що лінія зв’язку між київською АТС та сільським виносом вже прокладена, а на базі цієї лінії побудована цифрова система передачі (ЦСП) з використанням обладнання типу ІКМ-30. Пропускна спроможність побудованої ЦСП – 2 × $E1$, тобто забезпечена можливість одночасного передавання 2 × 30 = 60 телефонних розмов.

За таких умов для організації виносу необхідно визначити:

1) мінімально необхідну продуктивність обладнання виносу;

2) максимально можливу кількість абонентів, що можуть бути підключені до виносу;

3) необхідну кількість абонентських портів станційного обладнання київської АТС для підключення виносу до цієї АТС.

Визначення вищезазначених трьох параметрів обладнання фрагменту телефонної мережі отримаємо із застосуванням поняття «інтенсивність навантаження».

Інтенсивність навантаження елементів обладнання фрагменту телефонної мережі, що розглядається у даному прикладі, доцільно визначати в ерлангах (Ерл). Для двохполюсної мережі 1 Ерл = 1 год зайн / год. Проте на ділянці між АТС та її виносом маємо 60 еквівалентних двохполюсних мереж. Тому максимально можлива у даних умовах інтенсивність навантаження обладнання ЦСП – 60Ерл.

Якщо в якості показника продуктивності виносу обрати максимально припустиме значення інтенсивності його навантаження, за яким під час функціонування виносу не порушуються припустимі норми за усіма іншими показниками якості його роботи (зокрема, за показниками завадостійкості, затримок у встановленні / роз'єднанні телефонних з'єднань тощо), то у нашому прикладі мінімально необхідна продуктивність виносу має бути визначена на рівні 60 Ерл, не менше.

Для визначення максимально можливої кількості абонентів, що можуть бути підключені до виносу, необхідно задатися розрахунковим значенням можливого питомого навантаження на одну абонентську лінію, що підключена до виносу. Раніше, коли ще не було Інтернету, цей показник регламентувався національними та міжнародними нормами на рівні 0,07 Ерл на одного абонента, тобто вважалося, що у середньому протягом однієї години одна абонентська лінія може бути зайнятою телефонними перемовинами не більше 4,2 хвилин. Сучасні абоненти, як свідчить практика, більш активно користуються послугами телефонного зв'язку. Тому в якості сучасної норми показника питомого навантаження на одну абонентську лінію беруть значення 0,1…0,2 Ерл / аб (для звичайних користувачів) або 0,2…0,4 Ерл / аб (для бізнес-клієнтів). У нашому прикладі задамося розрахунковим значенням показника питомого навантаження на одну абонентську лінію, що підключена до виносу, на рівні 0,15 Ерл / аб, тобто будемо вважати, що у середньому протягом однієї години кожна окрема абонентська лінія може бути зайнятою телефонними перемовинами не більше 9,0 хвилин. За цих умов мережа абонентського доступу до обладнання виносу має складатися із 60 Ерл / 0,15 Ерл = 400 абонентських ліній, не більше. Інакше, неприпустимо зростає ймовірність виникнення перенавантаження елементів обладнання даного фрагменту телефонної мережі. Так що, для нашого прикладу максимально можлива кількість абонентів, що можуть бути підключені до виносу, складає 400 осіб.

### 8.7 Параметри телефонного трафіку

Телефонний виклик – це вимога джерела виклику на встановлення з'єднання з іншим абонентом, яке надійшло в мережу телефонного зв'язку. Виклики характеризуються моментом надходження. В якості джерела виклику може служити телефонний аппарат.

Основними термінами теорії телетрафіка (ТТ) є такі вихідні поняття як:

– повідомлення;
– виклик;
– заняття;
– час заняття;
– пучок ліній;
– трафік;
– година найбільшого навантаження;
– концентрація;
– втрати.

Предметом вивчення теорії телетрафіка стали процеси обслуговування системою телефонного зв'язку потоків повідомлень та їх кількісні характеристики на станціях, комутаційних вузлах, мережах зв'язку, а також їх окремих частинах.

Математичний апарат, досліджуваний теорією телетрафіка, включає чотири основні елементи:

– потік вхідних повідомлень;
– систему розподілу інформації, тобто систему обслуговування;
– характеристики якості системи;
– дисципліна обслуговування.

Потік повідомлень включає поняття про модель потоку викликів (вимог на з'єднання), закони розподілу тривалості обслуговування повідомлень, а також тип займаного для передачі повідомлень канала і спосіб передачі – аналоговий або дискретний.

Система обслуговування характеризується структурою побудови та набором структурних параметрів.

Під дисципліною обслуговування розуміють:

– спосіб обслуговування (з явними втратами, з очікуванням, з повторенням або комбінований);
– порядок обслуговування (в порядку черговості, у випадковому порядку і з пріоритетом);
– режим шукання виходів комутаційної системи (вільний, груповий і індивідуальний).

До характеристик якості обслуговування вхідних повідомлень належать:

– ймовірність явної втрати повідомлень;
– ймовірність умовної втрати повідомлень;
– середній час затримки повідомлень;
– ймовірність втрати виклику, що надходить;
– інтенсивність обслуговуваного навантаження.

До основних понять теорії телетрафіка відносять поняття повідомлення – як сукупності інформації, що має початок і кінець, і призначеної для передачі через мережу зв'язку або комутаційну систему. Повідомлення характеризується обсягом, категорією, адресою джерела і приймача повідомлень, а також формою представлення інформації.

Повідомлення підрозділяється на:

– обслужене (передане через мережу зв'язку);
– втрачене (не передане внаслідок зайнятості, пошкодження, зайнятості і не відповіді приймача);
– затримане (надійшло в мережу зв'язку і очікує початку передачі);

– умовно втрачене (надійшло в мережу зв’язку і затримане понад допустимого (контрольного) строку, навіть якщо воно потім і було передане).

Виклик – це, як було вже відмічено, вимога джерела на встановлення з’єднання, яка надійшла в мережу зв’язку, комутаційну систему, на вхід ступені шукання, в керуючий пристрій (КП) з метою передачі повідомлень. Виклики характеризуються моментом надходження. Джерело виклику – телефонний або телеграфний апарат, прилад або лінія зв’язку, керуючий пристрій. Приймачами викликів також є апарати, прилади та лінії.

Виклики поділяються на:

– обслужені (коли джерела цих викликів отримали з’єднання з потрібними приймачами);

– загублені (які отримали відмову у встановленні з’єднань);

– затримані (ті, що очікують початку встановлення з’єднання через відсутність в даний момент вільних і доступних ліній);

– надходжені (незалежно від того, чи були ці виклики обслужені, втрачені або затримані).

Заняття – будь-яке використання приладів, ліній і пристроїв з метою встановлення з’єднань незалежно від того, закінчилося воно передачею повідомлень, чи ні. Заняття характеризується моментом і його тривалістю.

Час заняття (тривалість) – це проміжок часу, протягом якого лінія зайнята. Як правило, у розрахунках комутаційних пристроїв і в цілому при проектуванні систем електрозв’язку використовується середній час заняття.

Пучок ліній – це група ліній (приладів), на якій одночасно можна здійснювати передачу певної кількості повідомлень, наприклад, певну кількість телефонних розмов.

Трафік (навантаження) – визначається як сума часу заняття у годинах

$$A = \frac{C \cdot \bar{t}}{60} \text{ Ерланг.} \qquad (8.13)$$

де $C$ – число викликів; $t$ – середній час заняття у хвилинах; $A$ – трафік.

Трафік, як правило, вимірюють у годинах найбільшого навантаження (ГНН). Година найбільшого навантаження – це безперервний проміжок часу доби, протягом якого інтенсивність трафіку є найбільшою. Розрахунок пропускної здатності мереж телекомунікації базується на вихідних даних на годину найбільшого навантаження (ГНН). Вважається: якщо вже в ГНН забезпечується необхідна якість обслуговування, то в інші години, тим більш, мережа має забезпечити необхідну якість. Слід також врахувати, що ГНН для різних видів телекомунікації не збігаються. Так, телефонний зв’язок використовує реальні масштаби часу, що вимагає безумовного забезпечення необхідних ресурсів мережі для задоволення запитів користувачів. У той час, як при передачі даних, доставка повідомлень може бути відкладена на інші години, зокрема на момент спаду ГНН. ГНН істотно впливають на трафік мережі, який оцінюється концентрацією $k$.

Під концентрацією розуміється зіставлення трафіку в ГНН із середньодобовим трафіком (середнє за 24 години) або середньомісячним трафіком (середнє за 30 діб × 24 години). Отримані таким чином величини, висловлюють добові чи місячні концентрації трафіку. Значення трафіку для телефонних мереж істотно залежить від

ємностей телефонних станцій та мережі у цілому.Концентрація на телефонних мережах коливається в залежності від ємності міських телефонних мереж (МТС) у межах $k$ = 0,07…0,17. Проте якість обслуговування абонентів оцінюється не концентрацією, а втратами.

Втрати – це міра якості обслуговування абонентів, яка позначається через – $P$. Втрати визначаються як відношення числа втрачених викликів до загальної кількості дзвінків, що надійшли на входи системи зв'язку (наприклад, на АТС):

$$P = \frac{C_{заг}}{C_{пост}} = \frac{C_{пост} - C_{обс}}{C_{пост}}, \tag{8.14}$$

де $C_{заг}$ – кількість втрачені викликів; $C_{пост}$ – загальна кількість викликів; $C_{обс}$ – кількість обслужених викликів.

Для телефонних мереж при втратах 0,02…0,03 якість обслуговування мережі вважається задовільною. Втрати обчислюються в тисячних частках. Якщо втрати $P$ = 0,001, то це означає, що в середньому при великій кількості спостережень на кожну тисячу викликів буде втрачено один виклик.

Параметром, що істотно впливає на загальний трафік телефонних станцій і споруд зв'язку, є кількість джерел трафіку (категорій абонентів) $N$.

На телефонних мережах розрізняють наступні категорії абонентів:

$N_{кі}$ – абоненти квартирного індивідуального сектору;

$N_{нг}$ – абоненти господарського сектору;

$N_{бс}$ – абоненти бізнес сектору;

$N_{та}$ – абоненти телефонів-автоматів;

$N_{зл}$ – число з'єднувальних ліній (ЗЛ) до відомчих АТС (ВАТС).

Отже, загальне число абонентів складається як

$$N = N_{кі} + N_{нг} + N_{бс} + N_{та} + N_{зл}. \tag{8.15}$$

Іншим параметром трафіку, що враховується, є число викликів $C$, що надходять від кожного джерела. Тоді, відповідно до категорій абонентів необхідно розрізняти:

$C_{кі}$ – число викликів, що надходять від абонентів квартирного індивідуального сектора телефонної мережі;

$C_{нг}$ – число викликів, що надходять від абонентів господарського сектора;

$C_{та}$ – число викликів, що надходять від таксофонів;

$C_{зл}$ – число викликів, що надходять від ЗЛ до АТС.

Отже, середня кількість викликів визначається як:

$$\overline{C} = \frac{\sum N_i C_i}{N} = \frac{N_{кі}C_{кі} + N_{нг}C_{нг} + N_{бс}C_{бс} + N_{та}C_{та} + N_{зл}C_{зл}}{N}. \tag{8.16}$$

Третім параметром трафіку є середня тривалість заняття, яка також залежить від категорії джерел викликів, а також видів з'єднань.

Розрізняють заняття, що характеризуються фактом здійснення розмов, зайнятістю абонента, невідповідю абонента, а також заняття, що пов'язані з помилками при наборі з боку абонента.

Статистика показує наступні дані про частки різного роду викликів і занять:
1) заняття, що закінчилося розмовою $K_р$ = 0,40…0,60;
2) заняття, що закінчилося зайнятістю абонента $K_{зн}$ = 0,20…0,30;
3) помилка при наборі номера $K_{пом}$ = 0,01…0,03;
4) невідповідь абонента $K_{на}$ = 0,12…0,20;
5) недобір або технічна несправність $K_{тех}$ = 0,03…0,07.
Прийнято, що сума всіх вищевказаних коефіцієнтів дорівнює одиниці:

$$K_р + K_{зн} + K_{пом} + K_{но} + K_{тех} = 1. \quad (8.17)$$

Перший коефіцієнт у виразі (8.17) визначає заняття, що закінчилися розмовою $K_р$. Для визначення цього коефіцієнта зазвичай використовують метод контрольних викликів. Метод зводиться до набору не менш 200 викликів від кожної станції в усіх напрямках з фіксацією і урахуванням кожного дзвінка. Дослідження показали, що середня тривалість заняття $t_р$ для телефонних мереж визначається як:

$$t_р = t_{св} + t_{на} + t_{вс} + t_{пв} + T + t_з, \quad (8.18)$$

де $t_{св}$ – час слухання сигналу «Відповідь станції» (3 с); $t_{на}$ – 1,5с × $n$ – час набору номера абонента; $n$ – число цифр у нумерації ГТС; $t_{вс}$ – час встановлення з'єднань (1,5…2 с); $t_{пв}$ – час посилки виклику (7…8 с); $T$ – середня тривалість чистої розмови; $t_з$ – час звільнення приладів станцій після закінчення розмови (1…1,5 с).

З урахуванням формули 8.18 виникає навантаження (трафік), яке для всіх категорій абонентів на станції можна визначити формулою:

$$A = \sum_{i=1}^{m} N_i C_i \bar{t}_i \ . \quad (8.19)$$

де $i$ – категорія абонентів від 1 до $m$.

Якщо є дані про питому абонентського навантаження, тобто про трафік на одного індивідуального абонента $y_i$ для різних категорій абонентів, то справедливо наступне:

$$y_i = C_i \cdot t_i \ . \quad (8.20)$$

Тоді загальний для всієї станції трафік визначається формулою:

$$A = \sum_{i=1}^{m} N_i y_i \ . \quad (8.21)$$

Параметр $y_i$ називають питомою абонентського трафіка категорії $i$ й за рекомендацією E.514 ITU-T в залежності від категорії може мати наступні значення:
$y_{кх}$ = 0,03 ерл;
$y_{нх}$ = 0,06 ерл;
$y_{та}$ = 0,10 ерл;
$y_{сл}$ = 0,17 ерл.

Раніше для проектування МТС в якості контрольних цифр приймалися наступні дані:

$y_{кв}$ = 0,03…0,06 ерл;
$y_{нх}$ = 0,06…0,12 ерл.
$y_{та}$ = 0,20…0,40 ерл;
$y_{сл}$ = 0,60…0,80 ерл;
$y_{атс}$ = 0,1…0,60 ерл;
$y_{бм}$ = 0,08…0,20 ерл.

## 8.8 Потоки телефонних викликів: властивості та характеристики

Випадкові потоки телефонних викликів класифікуються в залежності від наявності або відсутності трьох наступних їхніх властивостей:

– стаціонарності;
– післядії (відсутності післядії);
– ординарності.

Стаціонарність потоку означає незмінність у часі статистичних параметрів процесу утворення викликів, тобто з часом ймовірнісні характеристики потоку не змінюються.

На міжміських та міжнародних телефонних станціях потік викликів має, як правило, явно виражений нестаціонарний характер, тому що інтенсивність потоку - число викликів в одиницю часу істотно залежить від годин доби, дня тижня, місяця року і навіть сезону року. Проте всередині доби майже завжди можна знайти одногодинні (ГНН) або двогодинні проміжки часу (пікові періоди), протягом яких вступний потік викликів близький до стаціонарного.

Післядія – означає залежність ймовірнісних характеристик потоку від попередніх подій.

Потік викликів, що надходять від досить великої групи джерел, близький за своїми властивостями до потоку без післядії, якщо при цьому не враховувати повторних викликів. Потік від малої групи, навпаки, помітний післядією. Потік повторних викликів також є прикладом потоку з післядією, тобто повторний виклик виникає як результат втрати попереднього виклику.

Потік з післядією підрозділяється на два види – з простою і обмеженою післядією.

Ординарність означає практичну неможливість одночасного надходження дзвінків. Тобто, ймовірність надходження двох або більше викликів за будь-який нескінченно малий проміжок часу зводиться до нуля. У мережах електрозв’язку потік викликів, як правило, ординарний. До основних характеристик випадкового потоку відносяться: провідна функція, параметр потоку та інтенсивність.

Провідна функція випадкового потоку – це математичне сподівання числа викликів у проміжку (0, $t$). Ця функція – невід’ємна, безперервна і приймає тільки кінцеві значення.

Параметр потоку в момент $t$ визначає щільність ймовірності надходження виклику:

$$\lambda(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{P_{i\geq 1}(t, t+\Delta t)}{\Delta t}. \qquad (8.22)$$

Інтенсивність стаціонарного потоку – математичне сподівання числа викликів в одиницю часу. Для нестаціонарних потоків використовується поняття середньої і миттєвої інтенсивності.

Середня інтенсивність потоку в проміжку ($t1$, $t2$) – математичне сподівання числа викликів в цьому проміжку, що приведене до одиниці часу, і позначається як μ ($t1$, $t2$). Миттєва інтенсивність потоку $\mu(t)$ в момент $t$ – похідна провідної функції потоку по $t$. Характеристики потоків викликів істотно впливають на схему розподілу реального трафіку на телефонних станціях. Рекомендується дослідження розподілу трафіку на станціях здійснювати за схемою, представленою на рисунку 8.4.

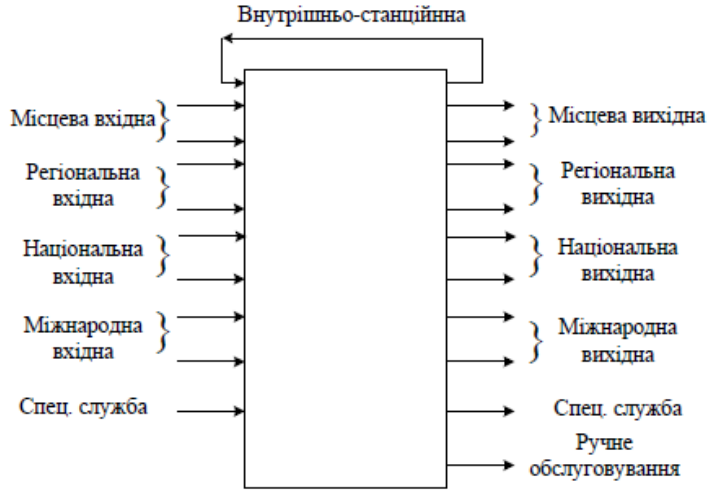


Рисунок 8.4 – Розподіл трафіку на мережах телекомунікацій

Вимірювання трафіку, по суті, може бути зведене до вимірювання часу, а вимір миттєвого значення трафіку може бути зведене до вимірювання похідного трафіку за часом. Для комутаційної системи слід розрізняти трафік входів і виходів. Трафік входів, як правило, більше трафіку виходів. При вимірах на конкретному пучку визначають середню інтенсивність навантаження як середнє число зайнятих ліній за певний проміжок часу. Нагадаємо, що інтенсивність трафіку 1 Ерл створюється безупинно зайнятою лінією протягом години. Відповідно інтенсивність трафіку 2 Ерл створюється двома зайнятими лініями протягом години. Трафік розглядають як сукупність викликів, що проходять через групу ліній або каналів.Трафік характеризується трьома своїми параметрами:

– числом абонентів і їхніх категорій;

– числом дзвінків, що припадають на одного абонента;

– тривалістю заняття ліній.

Існує жорсткий взаємозв’язок між ємністю обладнання, трафіком і якістю обслуговування, тобто втратами.

### 8.9 Розрахунок телефонного трафіка

Виникаючий трафік – це виклики, що надходять від абонентів телефонної мережі і займають на деякий час різні сполучні лінії та пристрої станції і мережі. Це вимагає цілодобового дослідження розподілу виникаючого трафіку за напрямками як внутрішньостанційних, так і до інших станцій мережі з метою визначення максимальної величини трафіку, що приходить в безперервний проміжок часу

довжиною в одну годину. Згідно з рекомендаціями МСТ необхідно всі виміри проводити в статистичну годину найбільшої навантаженості (ГНН), коли середня інтенсивність трафіку максимальна. Вимірювання і визначення самої ГНН проводиться в робочі дні двічі на рік в місяці найбільшї навантаженості. Визначена таким чином статистична ГНН називається фіксованою.

На криву розподілу трафіку впливає безліч чинників, зокрема, структурний склад абонентів досліджуваних станцій, тобто співвідношення часток бізнесових абонентів та адміністративного сектору, ритм міського життя (початок і кінець робочого дня, перерва), програми телебачення, свята. Для більшості телефонних мереж характерна наявність трьох періодів максимального трафіку:

– ранкового (з 9.00…12.00);

– післяобіднього (з 14.00…16.00);

– вечірнього (з 20.00…22.00).

Як було вказано, потік виникаючих викликів у межах фіксованих ГНН і в ГНН окремих днів є нестаціонарним. Це призводить до значних коливань навантаження у часі і, як наслідок, до зростання середніх втрат. Нестаціонарність потоку на реальних мережах в існуючих методах розрахунку не враховують. Зазвичай вважають, що з ймовірністю 0,75 реальні втрати в межах фіксованого ЧНН не перевищать розрахункових, а в інших випадках перевищення буде, як правило, незначним.

Якщо припустити, що коливання інтенсивності трафіку на МТС щодо середнього значення навантаження Агнн відбуваються за нормальним законом, то отримуємо наступну оцінку навантаження на МТС:

$$A_{МТС} = A_{ГНН} + 0{,}6742\sqrt{A_{ГНН}} \; . \tag{8.23}$$

Найбільш достовірним шляхом визначення виникаючого навантаження в ГНН є використання реально виміряних даних на АТС. Проте найбільш простим і поширеним методом визначення виникаючого трафіку є метод, що базується на знанні питомої абонентського навантаження (трафіку), що приходить в середньому на одного абонента – $y_i$, тобто:

$$A = \sum_{i=1}^{m} N_i y_i \; . \tag{8.24}$$

Як правило, проектувальник системи зв’язку задається значенням $y_i$, виходячи із конкретних умов використання цієї системи.

## 8.10 Особливості вимірювання телефонного трафіка

Вимірювання трафіку проводяться з метою вирішення низки практичних і теоретичних завдань:

– проектування мереж електрозв’язку;

– управління мережами електрозв’язку;

– прогнозування навантаження;

– укладання угод SLA;

– перевірки гіпотез про кількісні і якісні властивості навантаження.

Об’єктами вимірювань можуть бути:

– загальна кількість викликів, що поступають;

– чисельність викликів від конкретних джерел трафіку;

– частка розмов, що відбулися;

– тривалість обслуговування викликів;

– затримки і втрати викликів.

У математичній статистиці всю досліджувану сукупність однорідних елементів прийнято називати генеральною сукупністю. Частину генеральної сукупності, вибраної для вимірювань,

називають вибірковою сукупністю. Зазвичай досліджується поведінка вибіркової сукупності. Розрізняють три способи вимірювання:

– безперервне спостереження;

– сканування досліджуваного процесу;

– аналіз випадкових подій.

Для повнодоступного пучка обслуговуючих приладів будемо вважати, що час заняття дорівнює одиниці, а час вимірювань більш ніж у 20 разів перевищує середній час заняття У цьому випадку для розподілу статистичних оцінок можна використовувати нормальний закон.

Деякі важливі постулати:

Точність вимірювання зростає пропорційно:

$$\frac{1}{\sqrt{T}}.$$

Абсолютна середньоквадратична похибка вимірювань для обслуженого навантаження ($Y$) при малій ймовірності втрат (менше 0,01) визначається за формулою:

$$\frac{1}{\sqrt{T}}\sqrt{2Y}.$$

Відносна середньоквадратична похибка вимірювань для обслуженого навантаження ($Y$) визначається за формулою:

$$\frac{1}{\sqrt{T}}\sqrt{\frac{2}{Y}}.$$

Абсолютна середньоквадратична похибка вимірювань при малій ймовірності втрат (менше 0,01) визначається за формулою:

$$\frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{2\pi(1-\pi)}.$$

Відносна середньоквадратична похибка вимірювань при малій ймовірності втрат визначається за формулою:

$$\frac{1}{\sqrt{N}}\sqrt{\frac{2(1-\pi)}{\pi}}.$$

Припустимо, що ми провели 5000 контрольних викликів і визначили оцінку ймовірності втрат викликів на рівні 0,01. Тоді відносна середньоквадратична похибка вимірювань складе приблизно 14%, що не завжди задовільняє вимогам експериментатора. У таблиці 8.1 наведено дані щодо необхідної кількості контрольних викликів для забезпечення вибраної точності оцінки.

Таблиця 8.1 – Кількість контрольних викликів для забезпечення вибраної точності оцінки

| Значення показника ймовірності втрат викликів | Необхідна кількість контрольних викликів для забезпечення нижченаведеної точності оцінок | | |
|---|---|---|---|
| | 5% | 10% | 20% |
| 0,01 | 39600 | 9900 | 2500 |
| 0,02 | 19600 | 4900 | 1200 |
| 0,03 | 12900 | 3200 | 800 |
| 0,04 | 9600 | 2400 | 600 |
| 0.05 | 7500 | 1900 | 500 |

Вказівки для проектування телефонних мереж містяться у рекомендаціях МСЕ (ITU) і національних стандартах Адміністрації зв'язку. Зокрема, МСЕ рекомендує, щоб при міжнародному телефонному зв'язку для 30 максимальних ГНН втрати не перевищували 0,01. У той же час для 5 таких ГНН дозволяється встановлювати норму втрат у 0,07.

Зразкові норми для втрат викликів «від абонента до абонента» (end-to-end) для ТМЗК наведені у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 – Норми для втрат викликів «від абонента до абонента»

| Вид установлюючого з'єднання | Допустимі втрати |
|---|---|
| В межах МТС | 0,03…0,05 |
| Внітрішньо-зоновий зв'язок | 0,07 |
| Міжміський зв'язок (через МТС) | 0,07 |
| Міжміський зв'язок | 0,13 |

## Питання для контролю

1. Надайте визначення терміну «навантаження».
2. Надайте визначення терміну «інтенсивність навантаження».
3. Що таке експлуатаційна пропускна здатність обладнання?
4. Чим відрізняється визначення навантаження на обладнання мереж з комутацією пакетів від визначення навантаження на обладнання мереж з комутацією каналів?
5. Що таке миттєвий коефіцієнт навантаження?
6. Що узято за одиницю вимірювання навантаження у мережах з комутацією каналів?
7. Що таке двохполюсна мережа? Яке максимальне навантаження витримує двохполюсна мережа протягом однієї години?

8. Надайте визначення коефіцієнту навантаження на телефонний вузол?

9. Надайте характеристику змінам інтенсивності трафіку?

10. Що таке один ерланг?

11. Назвіть показники нерівномірності навантаження.

12. Які три складові у змінах інтенсивності пакетного трафіку Ви здатні назвати?

13. Які показники використовуються для кількісного оцінювання регулярної складової нерівномірності навантаження?

14. Надайте визначення коефіцієнту концентрації для години найбільшого навантаження.

15. Що таке ГНН?

16. Поясніть принцип адаптивного керування пропускною спроможністю портів пакетного комутатору.

17. Які методи вимірювання навантаження Ви знаєте?

18. Назвіть кілька характерних експлуатаційних задач, вирішення котрих напряму пов’язано із вимірюванням показників навантаження.

19. Як вимірюють навантаження на багатополюсному елементі мережі з комутацією каналів?

20. Поясніть метод сканування при вимірюванні навантаження багатополюсного елементу.

## Література

1. S. Hemant. Segment Routing in MPLS Networks: Transition from traditional MPLS to SR-MPLS with TI-LFA FRR. Packt, 2024. 292 p.

**ДЛЯ НОТАТОК**

**У 66**

**Управління та експлуатація комутаційних систем** : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка денної та заочної форм навчання / уклад. А.А. Ткачук. Луцьк: ЛНТУ, 2025. 184 с.

Конспект лекцій з дисципліни «**Управління та експлуатація комутаційних систем**»: складений відповідно до діючої програми курсу.

Призначений для здобувачів вищої освіти спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка освітньої програми «Телекомунікації та радіотехніка».

Комп’ютерний набір А.А. Ткачук

Редактор А.А. Ткачук

Підп. до друку «___» _____ 2025 р.
Формат 60х84/16. Папір офс. Гарнітура Таймс.
Ум. друк. арк. ____. Тираж 10 прим. Зам. ____

Відділ іміджу та промоцій
Луцького національного технічного університету
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75