

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
МІЖНАРОДНИЙ ГУМАНІТАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра комп'ютерних наук

Соловська І.М.

СИСТЕМИ КОМУТАЦІЇ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

Навчальний посібник для здобувачів
галузі знань – 12 Інформаційні технології,
спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»,
галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації,
спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»

Одеса – 2023 рік

Рекомендовано Вченою радою Міжнародного гуманітарного університету (Протокол № 5 від 23.01.2023 р.)

Соловська І.М.

Системи комутації в телекомунікаціях: Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня галузі знань – 12 Інформаційні технології, спеціальності 123 «Комп’ютерна інженерія», галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Соловська І.М. Кафедра комп’ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса. 2023. – 100 с.

1 ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Системи комутації та розподілу інформації» формує у здобувачів необхідний обсяг теоретичних і практичних знань щодо комутаційних технологій в системах розподілу інформації, методів комутації, узагальненої архітектури систем комутації та розподілу інформації з точки зору функціональних підсистем, принципів побудови цифрових та систем комутації, основних методів проектування сучасних інформаційно-комунікаційних мереж з метою надання сучасної номенклатури послуг з гарантованою якістю обслуговування QoS.

Вивчення дисципліни забезпечує володіння знаннями щодо основних комутаційних технологій, які використовуються в системах розподілу інформації, принципами функціонування систем розподілу інформації та методами проектування мультисервісних мереж.

Знання, отриманні при вивченні дисципліни «Системи комутації та розподілу інформації» дозволять бакалаврам виконувати проектування та експлуатацію мультисервісних мереж, застосовуючи необхідні процедури сигнальної взаємодії та розрахунки навантаження, включно з обґрунтованим вибором обладнання з необхідними технічними характеристиками та виконанням завдань управління та адміністрування мультисервісних мереж.

Метою дисципліни є формування знань та засвоєння базових понять систем комутації та розподілу інформації різних комутаційних технологій. Вивчення принципів та методів застосування комутаційних технологій для проектування та подальшої експлуатації мультисервісних мереж, а також використання сучасних технологій з метою надання послуг з гарантованою якістю обслуговування.

Передумовами для вивчення дисципліни є знання і вміння, отримані студентом при вивченні, в тому числі і паралельному, навчальних дисциплін бакалаврської підготовки, таких як: «Теорія ймовірностей та математична статистика», «Теорія інформації та кодування», «Цифрова обробка сигналів та зображень», «Телекомунікаційні системи та мережі», «Комп'ютерні мережі та Інтернет» та написанні випускної кваліфікаційної роботи.

Знання, уміння та навички, набуті під час вивчення дисципліни, використовуються при подальшому вивченні дисциплін бакалаврської підготовки, практики та написанні кваліфікаційної роботи.

2 ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

У процесі реалізації програми дисципліни «Системи комутації та розподілу інформації» формуються наступні компетентності із передбачених освітньо-професійною програмою «Комп'ютерні мережі та Інтернет» зі спеціальності 172 Електронні комунікації та радіотехніка.

Інтегральна компетентність

ІК1. Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі телекомунікацій та радіотехніки, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності

ЗК-2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК-4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності

ПК-3. Здатність використовувати базові методи, способи та засоби отримання, передавання, обробки та зберігання інформації.

ПК-5. Здатність використовувати нормативну та правову документацію, що стосується інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.) для вирішення професійних завдань.

ПК-8. Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів.

ПК-9. Здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів.

ПК-10. Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки.

ПК-11. Здатність складати нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань.

ПК-12. Здатність проводити роботи з керування потоками навантаження інформаційно-телекомунікаційних мереж.

ПК-15. Здатність проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних, так і самостійно створених методів, прийомів і програмних засобів автоматизації проектування.

Програмні результати навчання

ПРН 1. Знання теорій та методів фундаментальних та загальноінженерних наук в об'ємі необхідному для розв'язання спеціалізованих задач та практичних проблем у галузі професійної діяльності.

ПРН 2. Вміння застосовувати базові знання основних нормативно-правових актів та довідкових матеріалів, чинних стандартів і технічних умов, інструкцій та інших нормативно-розпорядчих документів у галузі електроніки та телекомунікацій.

ПРН 5. Вміння проводити розрахунки елементів телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення, згідно технічного завдання у відповідності до міжнародних стандартів, з використанням засобів автоматизації проектування, в т.ч. створених самостійно.

ПРН 7. Здатність брати участь у проектуванні нових (модернізації існуючих) телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних,

телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН 8. Вміння застосовувати сучасні досягнення у галузі професійної діяльності з метою побудови перспективних телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення тощо.

ПРН 9. Вміння адміністрування телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних та телекомунікаційних мереж.

ПРН 13. Здатність до вибору методів та інструментальних засобів вимірювання параметрів та робочих характеристик телекомунікаційних систем, інфокомунікаційних, телекомунікаційних мереж, радіотехнічних систем та систем телевізійного й радіомовлення та їх елементів.

3 ЗАПЛАНОВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ЗА НАВЧАЛЬНОЮ ДИСЦИПЛІНОЮ

Здобувачі повинні знати:

- комутаційні технології, особливості побудови, керування і принципи роботи комутаторів ATM, Ethernet, елементи мережі та принципи комутації IP/MPLS;
- сигналізацію та керування в мережі IMS/TISPN; протоколи сигналізації (SIGTRAN, MGCP, H.248 (MEGACO), SIP, RTP/RTCP) класифікацію видів сигнальної взаємодії по ділянках мережі; види та параметри сигналів; способи та принципи керування комутацією в системах комутації та розподілу інформації;
- основи побудови і сучасні технології, що використовуються для розвитку мультисервісних мереж IMS/TISPN;
- сценарії сигнального обміну при встановленні і руйнуванні з'єднань, процедури і функції підсистем сигналізації;
- навантаження та робота комутаційної системи – основні поняття, методики розрахунку навантажень та кількості обладнання комутаційних систем;
- основні технології, принципи та методи побудови мультисервісних мереж, стратегії та етапи впровадження, принципи технічної експлуатації, управління та адміністрування;
- тенденції подальшого розвитку мереж IMS/TISPN.

Здобувачі повинні вміти:

- синтезувати схеми цифрових та пакетних комутаційних полів за різними технологіями комутації, аналізувати процедури комутації;
- аналізувати та обирати способи сигнальної взаємодії на ділянках мережі, описувати алгоритми встановлення з'єднання в системах цифрової та пакетної комутації та розподілу інформації;
- проводити вибір технологій, оптимальних для мереж доступу різного призначення (FTTx/PON, BWA); детально аналізувати специфікації

інтерфейсів доступу, скласти сценарії модернізації мереж абонентського доступу.

- проводити розрахунки необхідних параметрів систем комутації і розподілу інформації (абонентських і міжстанційних навантажень) з метою досягнення нормативної якості та надійності надання послуг, використовуючи математичні методи розрахунку;

- проводити вибір технологій, оптимальних для мультисервісних мереж IMS/TISPAN, детально аналізувати специфікації інтерфейсів та протоколів;

- розробляти проектну документацію розвитку мереж IMS/TISPAN за технічними умовами, використовуючи сучасні методи проектування.

4 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Комутаційні технології.

Класифікація методів комутації: комутація каналів, комутація пакетів. Порівняльна характеристика методів комутації. Синхронні цифрові комутаційні поля з комутацією каналів. Просторова комутація, принципи побудови БПК. Часова комутація та принципи побудови БЧК. Просторово-часова комутація та побудова БПЧК типу Чп.

Асинхронні ЦКП з комутації пакетів. Технологія ATM. Принципи роботи ATM-switch, особливості побудови, керування та буферізації комірок. Асинхронні ЦКП з комутацією пакетів Ethernet. Технологія Ethernet (Fast Ethernet та Gigabit Ethernet). Структура Ethernet-switch та призначення функціональних блоків. Принципи роботи Ethernet-switch, особливості побудови та керування.

Тема 2. Системи комутації та розподілу інформації.

Узагальнена архітектура СК і РІ та її функціональні підсистеми. Призначення та функції. Мережеві можливості та номенклатура послуг.

Цифрові системи комутації. Узагальнена архітектура ЦСК (опорне обладнання, виносні комутаційні та абонентські модулі). Функціональні підсистеми ЦСК. Стандартизовані протоколи, інтерфейси ЦСК. Мережні можливості та номенклатура послуг. Характеристики основних функціональних підсистем.

Пакетна система комутації. Архітектура та призначення її складових (AG, MG, SG, *Softswitch*). Протоколи сигналізації (SIGTRAN, MGCP, H.248 (MEGACO), SIP, RTP/RTCP). Архітектура обладнання SI-3000 (Access plan – MSAN, Control Plan – MSCN, Application Plan – OSAP). Призначення та мережеві функції, особливості використання.

Тема 3. Системи комутації мультисервісних мереж IMS/TISPAN.

Функціональна архітектура IMS (Rel.5-7) згідно 3GPP TS 23.221. Сигнальна взаємодія IMS. Процедури IMS. Принципи взаємодії SIP та

Diameter (RFC 3588). Архітектура мережі IMS, обладнання, принципи взаємодії та сервіси. Основні принципи управління, технічної експлуатації та обслуговування обладнання IMS.

Тема 4. Проектування та експлуатація систем комутації та розподілу інформації.

Основні задачі, методики та етапи проектування комутаційного обладнання. Основна послідовність проектування. Розробка структурних та функціональних схем проектованої мережі. Навантаження та його види. Визначення та види навантаження. Добові коливання навантаження, ГНН. Основні принципи розрахунку навантажень для систем комутації з комутацією каналів та пакетів. Прогнозування й розподіл абонентських навантажень, матриця коефіцієнтів тяжіння, міжстанційне навантаження та баланс навантажень. Розробка функціональної схеми та обґрунтування принципів взаємодії.

5 КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

5.1 Узагальнена архітектура цифрової системи комутації (ЦСК)

Цифрова система комутації (ЦСК) – це єдиний територіально-розподілений апаратно-програмний комплекс обладнання, що складається з основного опорного обладнання (ОпО), яке виконує цифрову комутацію, керування і централізує функції технічної експлуатації та обслуговування системи, а також з виносних комутаційних модулів (ВКМ) і виносних абонентських модулів (ВАМ), сполучених з ОпО і, можливо, один з одним цифровими внутрісистемними з'єднувальними лініями.

Під ВКМ розуміють автономну частину обладнання ЦСК, здатну незалежно функціонувати на мережі як окрема станція і лише в процедурах технічної експлуатації і керування залежати від ОпО.

Під ВАМ розуміють винесену від ОпО або ВКМ частина обладнання системи, яке повністю керується від ОпО або ВКМ і призначено для підключення абонентських ліній (АЛ) за допомогою абонентських концентраторів або мультиплексорів.

Сучасна ЦСК характеризується:

- ємністю від 100 до 500 тисяч номерів;
- наявністю достатньої номенклатури типів і ємностей ВАМ та повноцінних, з можливостями транзитних з'єднань і замикання, внутрішніх викликів ВКМ;
- широкою номенклатурою абонентських і лінійних стиків та способів сигнального обміну, зокрема наявністю спільноканальної сигналізації СКС-7;
- централізованою технічною експлуатацією і можливістю взаємодії з мережею управління електрозв'язком TMN (Telecommunication Management Network) та можливостями взаємодії з моніторинг-центрами;
- можливостями широкосмугової пакетної комутації і взаємодії з пакетними мережами IP, асинхронного режиму перенесення інформації АТМ (Asynchronous Transfer Mode), транслявання кадрів FR (Frame Relay),

Ethernet; та комутування на вимогу й напівпостійно каналів B , H_0 , H_1 (відповідно 64, 384 та 1920 кбіт/с);

➤ достатньою номенклатурою послуг, включно з мультисервісними послугами та послугами інтелектуальної мережі IN (Intelligent Network);

Використання – універсальне. ЦСК може одночасно функціонувати як:

➤ опорна станція (ОПС) або опорно-транзитна станція (ОПТС),
 ➤ автоматична міжміська телефонна станції (АМТС),
 ➤ міжнародний центр комутації (МЦК),
 ➤ вузол спецслужб (ВСС) або інтелектуальний центр обробки викликів (Call-center);

➤ центр комутації стільникової мережі рухомого зв'язку MSC (Mobile Switching Center);

➤ пункт присутності Internet IPOP (Internet Point Presence);
 ➤ шлюз з пакетними мережами IP, ATM, FR, Ethernet;
 ➤ пункт комутації інтелектуальних послуг SSP (Service Switching Point).

ЦСК різних типів відрізняються параметрами і характеристиками конструктивних модулів, але їх архітектура ґрунтується на однакових принципах. В узагальненому вигляді архітектура ЦСК представлена на рис. 5.1.

Найбільш значущими архітектурними елементами ЦСК є:

- опорне обладнання (ОПО);
- виносні комутаційні модулі (ВКМ);
- виносні абонентські модулі (ВАМ).

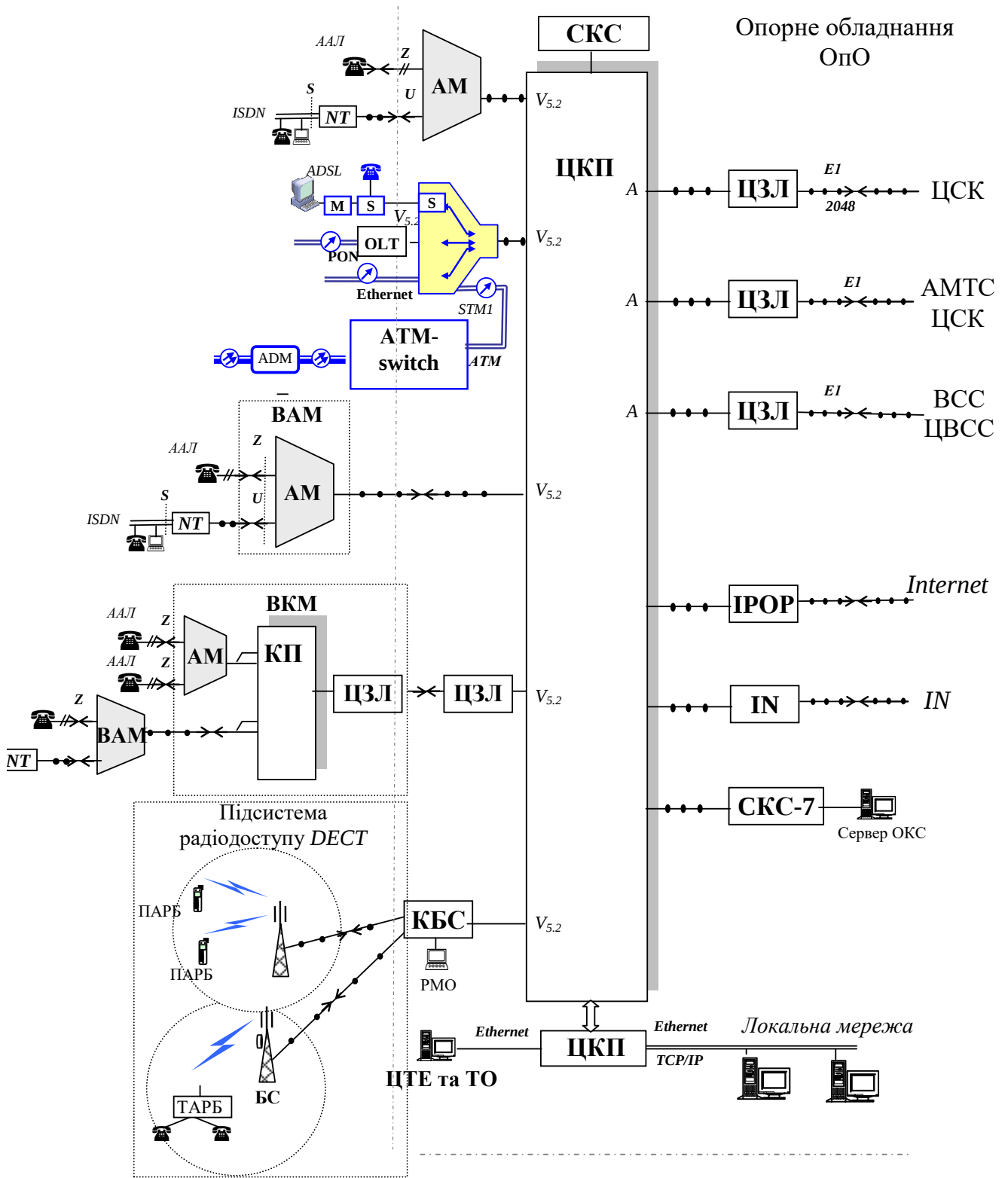


Рисунок 5.1 – Узагальнена архітектура ЦСК

Опорне обладнання містить головне (центральне) комутаційне поле (ЦКП) системи, в яке підключаються локальні абонентські модулі (АМ), комплекти цифрових з'єднувальних ліній (ЦЗЛ), модуль спільного каналу

сигналізації (СКС-7), модуль синхронізації СКС, контролер базових станцій (КБС) підсистеми DECT, модулі пакетної комутації АТМ¹, взаємодії з мережею Internet – ІРОР, інтелектуальною мережею ІN, керує роботою ОпО і всією територіально розподіленою ЦСК центральний керуючий пристрій.

Виносні абонентські модулі забезпечують стик з абонентською лінією – аналоговою (стик типу Z) або цифровою (стик типу U). Встановлені ВАМ для зменшення витрат на абонентську мережу, як правило, не дозволяють замикати внутрішнє навантаження, тому ВАМ не можуть функціонувати автономно і керуються від ОпО або ВКМ.

Виносні комутаційні модулі містять комутаційне поле (КП) і абонентські модулі – локальні і виносні. Обладнання ВКМ пов'язане з ОпО внутрішньосистемним протоколом сигналізації та встановлення з'єднань і керуванням від ЦКП ОпО, зокрема, адміністративно-експлуатаційних функцій, хоча ВКМ здатне автономно обслуговувати з'єднання між своїми абонентами. Наявність у ВКМ комутаційного поля з деяким числом напрямів зв'язку дозволяє організовувати опорні станції і з'єднувати ВКМ між собою кільцевою транспортною мережею.

Виносні абонентські і комутаційні модулі включаються в комутаційний модуль ОпО цифровими лініями зв'язку – внутрішньосистемними ЗЛ за допомогою протоколу V5.2.

Протокол V5.2 містить від 1 до 16 трактів Е1, з окремим сигнальним каналом в кожному тракті. Для сигналізації використовується КІ-16, але додатково сигнальними також може бути будь-яке КІ, окрім КІ-0. Протокол V5.2 виконує всі основні і допоміжні функції керування викликами, а також функції мережевої взаємодії. Забезпечує концентрацію навантаження і динамічне призначення КІ, підтримує первинний доступ до ISDN. Завдяки наявності протоколу керування трактами і протоколу захисту, забезпечує резервування при відмові тракту шляхом перемикання на інший тракт.

¹ **АТМ** – (Asynchronous Transfer Mode) – це *асинхронний режим переносу*, який забезпечує перенос усіх видів інформації у пакетах фіксованої довжини (комірках) з асинхронним мультиплексуванням потоків комірок від різних користувачів в загальному швидкосному потоці.

Окрім цього по V5.2 передається пакет службових протоколів (керування сигнальними і розмовними каналами, а також трактами E1). У нульовому тракті організовується фізичний C-канал (набір необхідних протоколів). У будь-якому іншому тракті організовується резервний фізичний C-канал (у KI-16).

Цифрова система комутації має функціональні підсистеми різного призначення, що реалізуються апаратно-програмними засобами.

Підсистема комутації ЦСК:

➤ підсистема вузькосмугової комутації каналів призначена для створення неблокованих з'єднань будь-яких каналних інтервалів групових трактів, розподілу інформації за напрямками відповідно до адресної інформації, підтримки і руйнування з'єднань каналів 64 кбіт/с і груп каналів 64 кбіт/с (відповідно 64, 384 та 1920 кбіт/с);

➤ підсистема широкосмугової комутації пакетів (на базі ATM-switch або Ethernet-switch), яка на базі асинхронного режиму перенесення інформації або швидкої комутації пакетів FPS², або комутації кадрів Ethernet забезпечує, комутацію різношвидкісних цифрових потоків (від 2 Мбіт/с, 622 Мбіт/с до 1 Гбіт/с) і використовується для обслуговування широкосмугових абонентських модулів, до яких підключені широкосмугові АЛ (мідні на технологіях xDSL і оптичні PON), забезпечує концентрацію широкосмугового навантаження та стик з транспортною мережею ATM/Ethernet.

Цю підсистему мають не всі ЦСК, хоча для сучасної ЦСК наявність пакетного комутатора ATM/Ethernet-switch є необхідною умовою..

Підсистема абонентського доступу ЦСК:

➤ підсистема вузькосмугового абонентського доступу забезпечує стик з аналоговими (типу Z), цифровими (типу U або S) абонентськими лініями, погоджує сигналізацію на абонентській ділянці та виконує функції концентрації абонентського навантаження. Для аналогових АЛ використовується двотонава багаточастотна сигналізація DTMF³, для

² FPS – (Fast Packet Switching) – технологія комутації пакетів

³ DTMF – (Dual-Tone Multi-Frequency) – двухтонова багаточастотна сигналізація

цифрових АЛ – сигналізація типу EDSS1⁴. Апаратно підсистема реалізована аналоговими абонентськими комплектами (ААК) і пристроями мережевого NT (Network termination) та лінійного LT (Line termination) закінчення ЦАЛ доступу до ISDN базового доступу 2B+D (Basic Rate Access);

➤ підсистема широкосмугового абонентського доступу призначена для стику з високошвидкісними ЦАЛ (симетричними SDSL і асиметричними ADSL), що використовують технологію xDSL, симетричних ліній із стиком V5.2 до оптичного лінійного закінчення OLT⁵ PON пасивної оптичної мережі абонентського доступу, оптичних ліній стику з обладнанням синхронної цифрової ієрархії SDH для передачі комірок ATM на рівні транспортного модуля STM-1, оптичних або мідних симетричних ліній стику з комп'ютерною мережею Ethernet. Наявність цієї підсистеми в ЦСК припускає наявність підсистеми широкосмугової комутації ATM/ Ethernet –switch;

➤ підсистема безпроводного абонентського радіодоступу призначена для підключення фіксованих абонентів з обмеженою мобільністю і рухливістю абонентів (технології DECT) з метою організації радіолінії на абонентській ділянці. До складу підсистеми входить КБС, базові станції (БС), мультиплексори базових станцій (МБС), портативні і термінальні абонентські радіоблоки (ПАРБ і ТАРБ). КБС забезпечує організацію і керування мережею радіодоступу DECT⁶, Базові станції організовують радіоканали і забезпечують доступ абонентських радіоблоків до підсистеми. МБС – призначений для роз'єднання/об'єднання і перетворення тракту Е1 від КБС, а також для керування декількома БС. ПАРБ використовуються для забезпечення обмеженої мобільності користувачів при радіодоступі до БС (у радіусі 300-600 м). ТАРБ забезпечують стаціонарний радіозв'язок при радіодоступі до БС (на відстань до 10 км), підключаючи по звичайних проводових АЛ телефонні апарати, таксофони, персональні комп'ютери;

⁴ EDSS1 – European Digital Subscriber Signaling) – цифрова абонентська сигналізація

⁵ OLT – (Optical Line Termination) – оптичне лінійне закінчення,

⁶ DECT – (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) – стандарт цифрової безпроводного зв'язку.

➤ підсистема лінійного доступу забезпечує стик із ЗЛ, тобто узгодження внутрішніх трактів, що включаються в підсистему із зовнішніми з'єднувальними лініями зв'язку і утворена лінійними комплектами цифрових з'єднувальних ліній (ЦЗЛ). Стик з ЦЗЛ (типу А або А₁), з аналоговими ЗЛ – стик типу С₂ – дво- або трипровідні ФЗЛ, стик типу С₁ – з каналами з частотним розділенням;

➤ підсистема сигналізації забезпечує обмін лінійними та керуючими сигналами в зовнішніх і внутрішньосистемних напрямках зв'язку, а також абонентської сигналізації. Забезпечує наступні види сигналізацій: абонентську (виклик станції, набір номера, відповідь, відбій); внутрішньосистемну і міжстанційну (на вимогу зустрічної станції, забезпечується модулями стику із ЗЛ. Для взаємодії з АТСК-У використовується БЧК (лінійні сигнали в КІ-16, сигнали керування – в розмовному тракті), з ЦСК – СКС-7 – спільний канал сигналізації, що організовується для групи інформаційних каналів, може обслуговувати до 2000 інформаційних каналів;

➤ підсистема синхронізації забезпечує як циклову, так і надциклову синхронізацію цифрових потоків;

➤ підсистема електроживлення підрозділяється на первинне (± 60 або ± 48 В) і вторинне електроживлення (± 5 , ± 12 В і т.інш.);

➤ підсистема керування керує функціонуванням системи в цілому і складається з центрального керівного пристрою (ЦКП) і керуючих пристроїв кожного модуля системи.

➤ підсистема технічної експлуатації і обслуговування забезпечує зв'язок операторів з центром технічної експлуатації (ЦТЕ) для контролю і керування, зокрема здійснюється збір і аналіз пошкоджень, діагностика модулів. Оператор може діагностувати обладнання, вимірювати електричні параметри, параметри телефонного навантаження і т. інш. ЦТЕ централізує технічне обслуговування і адміністративне керування всім територіально розподіленим обладнанням ЦСК. У мінімальній комплектації ЦТЕ містить комп'ютер технічної експлуатації з відповідною периферією (принтер, накопичувачі) і систему робочих місць персоналу. ЦТЕ повинен мати стик з

мережею керування електрозв'язком TMN (Telecommunication Management Network).

Забезпечення додаткових видів послуг при ОпО:

ЦСК різних типів відрізняються параметрами і характеристиками конструктивних модулів, порівняльна характеристика типів ЦКС, використовуваних на ТмЗК України наведена у табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Порівняльні характеристики основних типів ЦСК

Технічні характеристики	<i>EWSD/V15</i>	<i>5ESS</i>	<i>SI2000/V5</i>	Квант-Е	ЄС-11	Дніпро
Область застосування	АМТС, ОПТС, ОПС, <i>MSC, SSP, Call-center</i>	АМТС, ОПТС, <i>MSC, SSP, Call-center</i>	ОПТС, ОПС, ЦС, ВС, КС, <i>Call-center</i>	ОПТС, ОПС, ЦС, ВС, КС	ОПС, ЦС, ВС, КС	ОПТС, ОПС, РАТС, ЦС ВС, КС
Максимально припустима ємність, тис. номерів	понад 500	понад 500	100	100	13,5	до 30
Номенклатура ємностей ВАРМ, ВКМ, номерів	<i>RDLU</i> – до 1984, 3986, <i>RSU</i> – до 50 000	<i>RAIU</i> – до 3552, <i>MMRSM</i> до 12000, <i>VCDX</i> – до 25 000	<i>miniAN</i> -320, <i>AN</i> -704, <i>SAN</i> -1408-2800	БАЛ-128, 256,	БАД-150, 240, 480	62, 496, 992, 1488, 1984
Наявність інтегрованого блока широкопasmового доступу з IP, АТМ, FR, Ethernet	<i>IPoP / PHUB DLU-IP SURPASS</i>	<i>BAIU</i>	<i>BAN, mBAN, μBAN IP BAN</i>	—	—	—
Кількість реалізованих	близько 100	близько 100	близько 30	близько 25	близько 15	близько 20

додаткових послуг						
Наявність інтегрованого стику з оптичною транспортною мережею	<i>STM-1</i>	<i>STM-1</i>	<i>STM-1</i>	—	—	<i>PDH – E1, E2, E3</i>

Для забезпечення комутованого доступу до Internet по телефонній лінії (dial-up) при ОпО організовується пункт присутності Internet – IPOP⁷ шляхом установки багатофункціональних серверів мережі Internet, що забезпечують вихід в мережу WWW⁸.

Серверу IPOP виділяється необхідна пропускна спроможність в комутаційному полі ОпО у напрямі до провайдера послуг Internet (цей напрям постійно комутується в ЦКП ОпО). Для доступу користувачів до Internet передбачається виділення потрібної кількості серійних абонентських номерів модемів для дозвону до IPOP.

Послуги інтелектуальної мережі Intellegent Network – обладнання SSP встановлюється частіше при АМТС і дозволяє логіку послуг перемістити за межі станції (тобто відокремити від функцій комутації) і надавати можливість швидко створювати новий вид послуг. Сучасна номенклатура послуг IN передбачає наступні послуги: оплата зв'язку за рахунок абонента – "Безкоштовний виклик" (Freephone – FRH); Виклик по розрахунковій картці" (Account Calling Card – ACC); «Інформаційна послуга за додаткову платню», "Послуга з доданою вартістю" (Premium Rate – PRM); "Телеголосування" (Televoiting – VOT).

Дуже складне обладнання ЦСК вимагає високої надійності і ремонтпридатності, тому все критично важливе обладнання – ЦКП, керуючі пристрої, електроживлення і.т.д. - дублюється з метою гарантованої роботи

⁷ IPOP – Internet Point of Presence – пункт присутності Internet

⁸ WWW –(Word Wide Web) – глобальна павутина

5.2 Підсистеми вузькосмугового та широкосмугового абонентського доступу

Сучасна ЦСК має можливості підключення достатньої номенклатури типів абонентських ліній. Абонентський доступ може бути: аналоговим, вузькосмуговим цифровим, широкосмуговим цифровим, оптичним та безпроводним.

Аналоговий абонентський доступ

Підсистема вузькосмугового абонентського доступу дозволяє підключати до абонентських модулів ЦСК аналогові абонентські лінії (ААЛ) зі стиком типу Z, для яких в аналоговому абонентському комплекті (ААК) виконуються функції BORSCHT. Приклад підключення ААЛ показано на рис. 5.2.

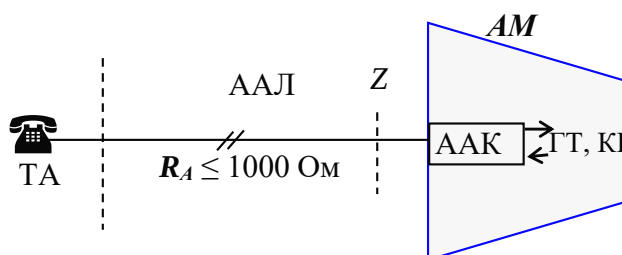


Рисунок 5.2 – Організація аналогового абонентського доступу

Аналоговий абонентський комплект (ААК) призначений для підключення аналогового ТА по двопровідній абонентській лінії (проводи а і в), перетворення аналогового інформаційного сигналу в цифрові і навпаки, і має чотирипровідний вихід (ГТ, КІ).

Аналоговий абонентський комплект виконує наступні функції:

- приймає «Сигнал виклику»,
- приймає адресну інформацію від абонента ДКШІ (номер абонента Б),
- живить ТА-А,
- виконує аналого-цифрове і цифро-аналогове перетворення,

- посилає сигнал «Посилка виклику» в ТА-Б,
- сприймає сигнал «Відбій».

Для ААЛ в абонентському комплекті виконуються функції BORSCHT:

B (battery feed) – живлення ТА,

O (overvoltage protection) – захист станційного обладнання від високих напруг в абонентській лінії,

R (Ringing) – посилення «Сигнал виклику» частотою 25 Гц,

S (Supervision) – контроль стану АЛ – приймання від абонента сигналу «Виклик», набору ДКШ і сигналу «Відбій»,

C (Coding) – кодування (АЦП і ЦАП),

H (Hybrid) – узгодження двопровідної АЛ з чотирипровідним ГТ,

T (Testing) – діагностика АЛ і тестування АК.

Цифровий абонентський доступ до ISDN.

ЦМІО (ISDN) – це цифрова мережа інтегрального обслуговування, яка дозволяє об'єднати різноманітні термінали в єдиний територіальний комплекс обладнання і забезпечити взаємозв'язок між терміналами на основі сучасних цифрових систем комутації.

Для доступу ISDN стандартизовані наступні типи каналів: В – цифровий канал 64 кбіт/с – для передачі мовної інформації або даних; D – цифровий канал 16 або 64 кбіт/с – для передачі сигнальної інформації. Розрізняють цифрові абонентські лінії (ЦАЛ):

- базового доступу 2B+D₁₆ (Basic Rate Access), містить два В-канали, кожен з яких має швидкість 64 кбіт/с і один D-канал із швидкістю 16 кбіт/с.

- первинного доступу 30B+D₆₄ (Primary Rate Access), містить 30 В-каналів із швидкістю 64 кбіт/с і одного каналу D 64 кбіт/с для сигналізації.

Підсистема вузькосмугового абонентського доступу дозволяє підключати до абонентських модулів ЦСК вузькосмугові цифрові абонентські лінії (ЦАЛ) базового доступу до ISDN 2B+D₁₆ (Basic Rate Access) зі стиком типу U або S пристроями мережевого NT (Network termination) і лінійного LT (Line termination) закінчення ЦАЛ до цифрових абонентських комплектів (ЦАК). У абонента 2B+D₁₆ встановлюється блок мережевого

закінчення NT, який полягає їх комплектів NT₁ і NT₂ і ЦАЛ стик U, що має із сторони, а з абонентською – стик S (чотирипровідну пасивну шину).

Приклад підключення ЦАЛ 2B+D₁₆ до ISDN показано на рис. 5.3.

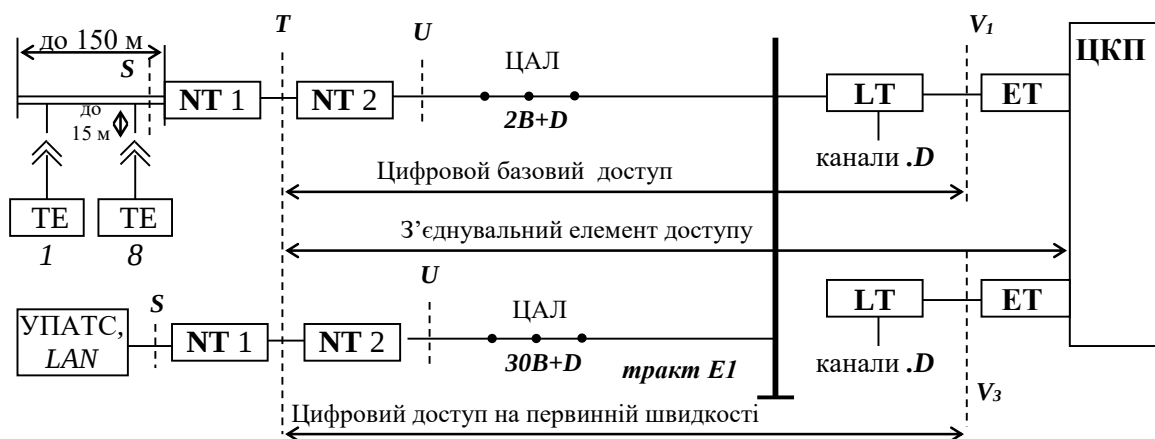


Рисунок 5.3 – Організація абонентського доступу до ISDN

Цифровий абонентський комплект ЦАК призначений для підключення чотирипровідних цифрових АЛ із стиком S або двопровідних із стиком U. ЦАЛ доступу 2B+D₁₆ із стиком S підключають термінали ISDN безпосередньо на станції, а для організації ЦАЛ із стиком U 2B+D, необхідно встановити у користувача блок мережевого закінчення NT, який збоку абонентського обладнання має чотирипровідний стик S, до якого підключається до восьми абонентських терміналів TE (Terminal Equipment) на відстані до 150 м.

ЦАК для кожної ЦАЛ має обладнання лінійного закінчення LT, яке забезпечує регенерацію лінійний сигналів, перетворення кодів, взаємодію і живлення NT.

У стику U з двопровідною ЦАЛ окрім каналів 2B+D₁₆ є канали синхронізації і техобслуговування. Напрями прийому і передачі розділяють методом адаптивної ехокомпенсації. У ЦАЛ використовується лінійний код 2B1Q (заміна двох двійкових символів на один чотирирівневий).

У стику S є тільки канали 2B+D₁₆, а дані передаються в квазітрійковій формі (код AMI). Блок NT регенерує лінійний сигнал, перетворює коди

(AMI-2B1Q), синхронізує TE, активізує канал D, приймає із службового каналу команди діагностування абонентського обладнання, керує доступом TE до загальної шини S.

Широкосмуговий абонентський доступ. Підсистема широкосмугового абонентського доступу дозволяє підключати до широкосмугових абонентських модулів ЦСК високошвидкісні цифрові абонентські лінії технології xDSL.

Технологія xDSL дозволяє організовувати на базі аналогової двопровідної лінії високошвидкісні цифрові абонентські лінії асиметричного та симетричного доступу. Асиметричні ЦАЛ мають різні швидкості передачі від мережі до користувача і навпаки. Симетричні ЦАЛ припускають, що швидкості передачі від мережі до користувача і від користувача до мережі однакові.

➤ високошвидкісна асиметрична ЦАЛ ADSL (швидкість передачі від мережі до користувача складає 8 Мбіт/с, від користувача до мережі до 1 Мбіт/с). Ця технологія використовується взагалі домашніми користувачами для отримання послуг відео за замовленням, високошвидкісного доступу до Internet, передавання великих об'ємів даних з Internet, (відео, мультимедіа), дистанційного навчання.

Технологія ADSL використовує метод розділення смуги пропускання аналогової АЛ на декілька частотних смуг (несучих). Різні несучі одночасно переносять різні частини передаваних даних – це принцип FDM⁹. При цьому виділяється телефонний діапазон 0,3-3,4 для передачі мови, діапазон для передачі "висхідного" потоку даних, та діапазон для "низхідного" потоку даних.

Для розділення смуг частот – для роботи ТА в діапазоні 0,3-3,4 кГц і передачі даних по ААЛ у висхідному і низхідному діапазоні необхідні пристрої для розділення спектра за частотою – *spliter* (сплітери).

Для організації ЦАЛ ADSL порібно додаткове абонентське та станційне обладнання. У абонента встановлюються сплітер і модем ADSL, в сплітер включається ТА і модем, до якого підключається комп'ютер,

⁹ FDM (Frequency Division Multiplexing) – частотне ущільнення

комп'ютер повинен мати інтерфейсну плату, наприклад, *Ethernet 10baseT*, на станції також необхідні сплітери, які відрізняють мову від даних, плати *ADSL*, а для концентрації даних необхідний *DSLAM*.

DSLAM – це широкосмуговий модуль доступу цифрових абонентських ліній *xDSL*, призначений для концентрації навантаження і транспортування її до мережі *Ethernet/ATM* (рис. 5.4).

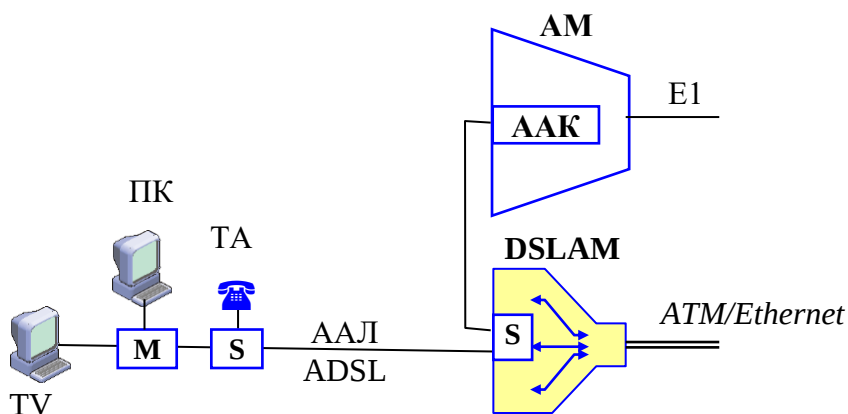


Рисунок 5.4 – Принцип організації широкосмугового доступу

Абонентські модулі (АМ) ЦСК апаратно реалізують можливості підключення різних типів абонентських ліній, і поділяються на вузькосмугові та широкосмугові абонентські модулі. Вузькосмугові забезпечують підключення аналогових абонентських ліній та вузькосмугових цифрових ліній ISDN. Широкосмугові – забезпечують підключення високошвидкісних ліній *xDSL* та оптичних ліній абонентського доступу.

Вузькосмуговий аналоговий абонентський модуль призначений для підключення аналогових абонентських ліній, концентрації абонентського навантаження, забезпечення абонентської та внутрішньостанційної сигналізації. Структурна схема вузько смугового аналогового абонентського модуля (на прикладі АМ ЦСК «Квант-Е») приведена на рис. 5.5.

Абонентський модуль працює в двох режимах:

➤ при вихідному зв'язку підключає абонентський комплект (АК) до будь-якого вільного каналного інтервалу (KI_i), групового тракту (ГТ);

Рисунок 5.5 – Структурна схема ААМ

Пристрій сигналізації і синхронізації (ПСС) виконує функції з'єднання абонентського модуля з пристроєм комутації та спряження (ПКС) ОпО. За допомогою ПСС здійснюється отримання синхронізуючих імпульсів по КІ-0 з модуля синхронізації комутаційної системи (СКС-М) ПКС і утворення внутрісистемного сигнального каналного каналу (ВССК).

Контролер КС-8а здійснює керування дією всього АМ. Він приймає і обробляє адресну інформацію від ТА абонента або керуючого пристрою ПКС ОпС, взаємодіє з керуючим пристроєм ПКС ОпО по ВССК, керує роботою ПЧК і рештою пристроїв абонентського модуля.

Генератор викличних сигналів (ГВС) виробляє напругу змінного струму частотою $25/\pm 5$ Гц для посилок «Сигналу Виклику» в викликуваний телефонний апарат абонента.

Діагностичний комплект (ДГН) призначений для вимірювання параметрів абонентських комплектів і абонентських ліній.

Цифровий подовжувач (ЦП_{пд}) вносить в розмовний тракт додаткове загасання 6 дБ. ЦП_{пд} використовується тільки при автономній роботі модуля, оскільки при роботі у складі ОпО все необхідне загасання забезпечує ПКС.

Цифровий приймач (ЦП) призначений для приймання адресної інформації багаточастотним кодом типу DTMF (цифри і службові комбінації кодуються двома частотами).

Цифровий генератор тональних сигналів (ЦГТС) виробляє 32 тональних сигнали, необхідних для роботи будь-якого периферійного пристрою, а також одне мовне повідомлення тривалістю 4с (автоповідач). Рівень всіх сигналів – 6 дБ.

Вузкосмуговий цифровий абонентський модуль призначений для підключення ЦАЛ базового $2B+D_{16}$ та первинного доступу $30B+D_{64}$. Структурна схема цифрового абонентського модуля (на прикладі модуля ЦСК «Квант-Е» представлена на рис. 5.6.

Таблиця 5.2 – Типи модулів підімкнення цифрових АЛ

№	Тип модуля	Умови застосування
01	ТЕЗ на 4 лінії S_0	 для кабелю з $d=0,5$ мм, L 500 м
02	ТЕЗ на 8 ліній S_0	
03	ТЕЗ на 4 лінії U	 $2B + D$ L 5 км
04	ТЕЗ на 8 ліній U	
05	ТЕЗ на 1 лінію S_2	 $30 B + D$
06	ТЕЗ на 2 лінії S_2	

Функціонально широкосмуговий абонентський модуль – це DSLAM, необхідний для концентрації високошвидкісного пакетного навантаження та передачі його у мережу передачі даних за допомогою ATM/Ethernet, що базуються на технологіях SDH, оптичного інтерфейсу STM-1 і інтерфейсу E1 з інверсним мультиплексуванням¹⁰ ATM (Inverse Multiplexing ATM-IMA). Оптичний інтерфейс забезпечує 155 Мбіт/с, а інтерфейс E1/IMA – $n \times 2$ Мбіт/с (максимально 16 Мбіт/с), де n – кількість використаних інтерфейсів E1.

Структурна схема широкосмугового абонентського модуля DSLAM приведена на рис. 5.7.

¹⁰ Інверсне мультиплексування – припускає розбиття початкового цифрового потоку на два і більш цифрових потоки з меншими, але однаковими, швидкостями, передачу цих потоків по різних парах кабелю і подальше мультиплексування цих потоків в приймачі.

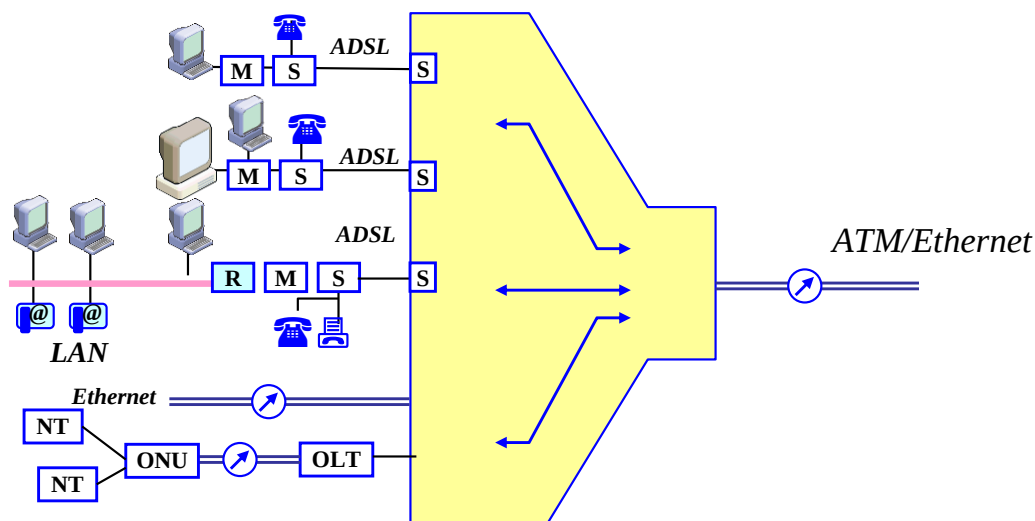


Рисунок 5.7 – Структурна схема DSLAM

Широкополосний абонентський модуль DSLAM (на прикладі модуля BAN SI-2000/V.5) має ємність 240 ліній xDSL містить 16 плат і сполучну плату з шиною ATM ($2 \times 1,2$ Гбіт/с). До складу DSLAM входять наступні плати:

- абонентська плата ЦАЛ з ADSL/G.SHDSL (максимально до 15 плат по 16 ЦАЛ ADSL).,
- плата з мовними роздільниками (сплітерами) на 16 сплітерів:
- керуюча плата процесора BB CPU;
- плата STM-1 з мережевим інтерфейсом ATM 155 Мбіт/с; або плата на 8 E1/IMA з інтерфейсом ATM – 8 Мбіт/с, або плата Fast Ethernet.

Конструкція модуля *BAN SI-2000/V.5* показана на рис. 5.8.

5.3 Підсистема лінійного доступу. Мережні стики ЦСК

Стик типу Z забезпечує підключення ААЛ до аналогових абонентських комплектів. По ААЛ в стики Z можуть включатися телефонні й факсимільні апарати, місцеві, міжміські й універсальні таксофони одно- і двобічної дії, модеми й термінали передачі даних з телефонним алгоритмом встановлення з'єднання, а також, в лінії з серійним пошуком, модемні пули пунктів присутності Internet, апарати спеціальних довідково-інформаційних служб.

Стик типу U забезпечує підключення ЦАЛ доступу $2B+D_{16}$ до послуг ISDN на основній швидкості BRA утворено між блоком лінійного закінчення LT і фізичною АЛ, яка в приміщенні абонента закінчується блоком мережного закінчення NT зі стиками S або T з абонентським обладнанням.

Між групою LT (до 16) і комутаційним полем утворюється стик типу V_1 . В деяких ЦСК існує можливість використання стику U для ввімкнення винесеної групи з 2, 4, 8 чи 16 аналогових абонентів, що спільно користуються двома каналами B, часто з додатковим ущільненням (по два канали 32 кбіт/с у кожному).

У такому разі використовуються лише засоби передавання стику U, замість LT і NT встановлюється мультиплексне обладнання, а для індивідуальних АЛ передбачаються стики типу Z.

Типові абонентські та лінійні стики ЦСК показані на рис. 5.10.

Стик типу V_2 призначений для підключення ВАР (абонентського концентратора) у цифрове комутаційне поле станції трактами E1 (2048 кбіт/с). Далі в межах ВАР забезпечуються стики Z і U з АЛ.

Стик типу V_3 доступу $30B+D_{64}$ до послуг ISDN на первинній швидкості 2048 кбіт/с PRA для підключення системи користувача – цифрової інтегральної ВАРС, локальної комп'ютерної мережі чи швидкісних багатофункційних терміналів.

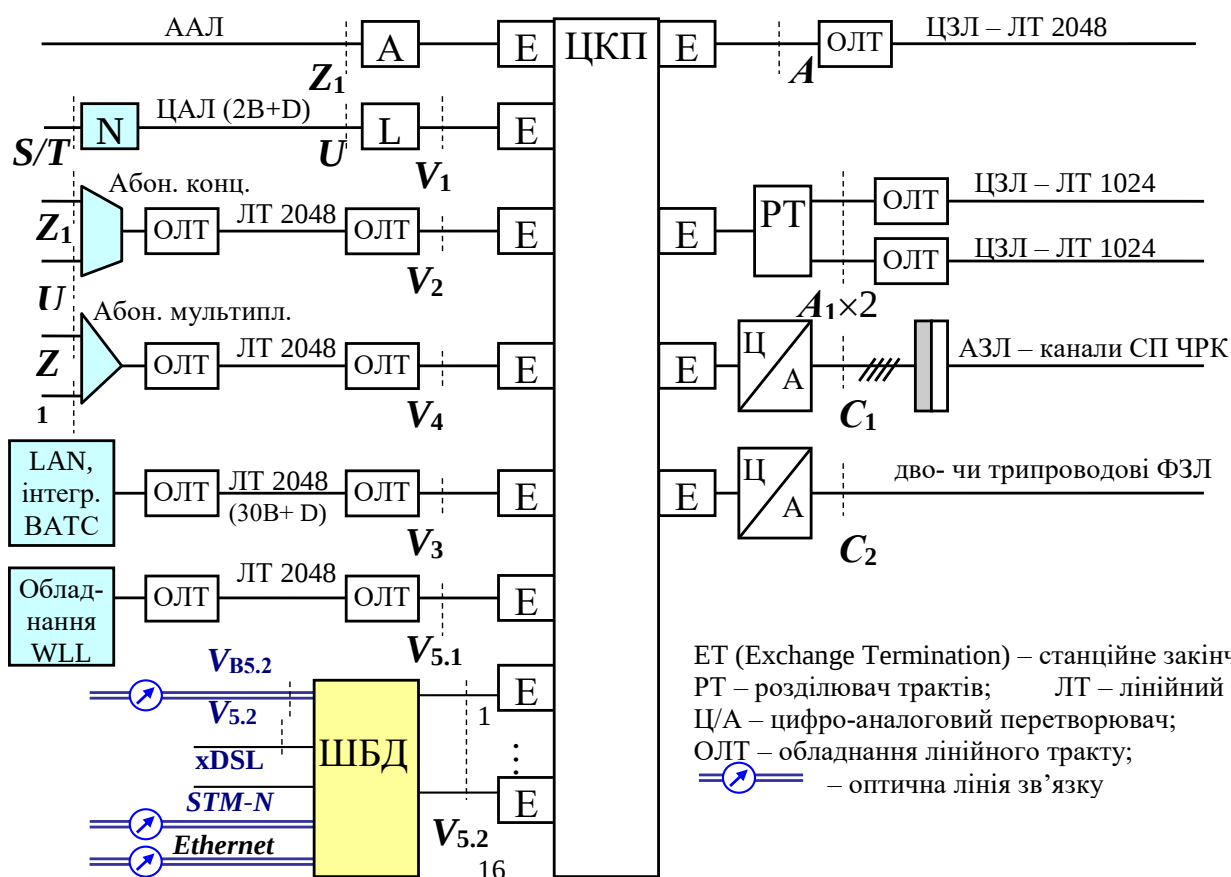


Рисунок 5.10 – Типові абонентські й лінійні стики ЦСК

Стик типу V_4 для підімкнення ВАР (абонентського мультиплексора). Між мультиплексором і фізичними АЛ мають забезпечуватись стики Z і U .

Універсальний стик типу V_5 існує в двох модифікаціях – $V_{5.1}$ і $V_{5.2}$, що відповідно дозволяє підключити в ЦКП один тракт $E1$, тобто до 30 ААЛ чи каналів B основного доступу (без концентрації), та до 16 трактів $E1$ – ліній доступу $30B+D_{64}$, ліній до обладнання безпроводного доступу WLL (Wireless Local Loop), до блока широкосмугового доступу - з можливою концентрацією (від 1:1 до 8:1) і окремими сигнальними каналами в кожному тракті. Порти з таким стиком мають власні протоколи: керування з'єднаннями ISDN, керування телефонними з'єднаннями, призначення несучих каналів (типу B) та, тільки для $V_{5.2}$, керування трактами і захисту (перемикання з'єднання на інший тракт у разі відмови).

У широкосмугових блоках доступу комутаторів АТМ можуть передбачатися аналогічні широкосмугові стики V_{B5} з оптичними (чи коаксіальними) АЛ доступу до широкосмугової мережі з інтеграцією служб

В-ISDN зі швидкістю 155 чи 622 Мбіт/с. Крім того, ці блоки повинні мати стики $V_{5.2}$, стики для підключення АЛ технологій xDSL, а також стики з транспортною мережею АТМ на рівні синхронного транспортного модуля принаймні STM-1.

Стик типу А для ЦЗЛ – каналів стандартного 32-канального тракту ІКМ типу Е1 (2048 кбіт/с).

Стик типу A_1 для ЦЗЛ – каналів 16-канального тракту $E_{1/2}$ (1024 кбіт/с), аналогічного ІКМ-15.

Стик типу C_1 між обладнанням аналого-цифрового перетворення, що включається на виході ЦКП, і чотирипровідними АЗЛ одно- й двобічного, в тому числі й універсального використання, фізичними (ФЗЛ) чи ущільненими за допомогою СП ЧРК. Стик має модифікації: C_{11} – для каналів СП ЧРК.

Стик типу C_2 між обладнанням аналого-цифрового перетворення, що включається на виході ЦКП, й дво- чи трипроводовими ФЗЛ.

5.4 Концентрація абонентського навантаження. Виносні абонентські та комутаційні модулі ЦСК

Архітектура ЦСК (рис. 5.11) базується на:

- опорному обладнанні (ОПО);
- виносних комутаційних модулях (ВКМ);
- виносних абонентських модулях (ВАМ).

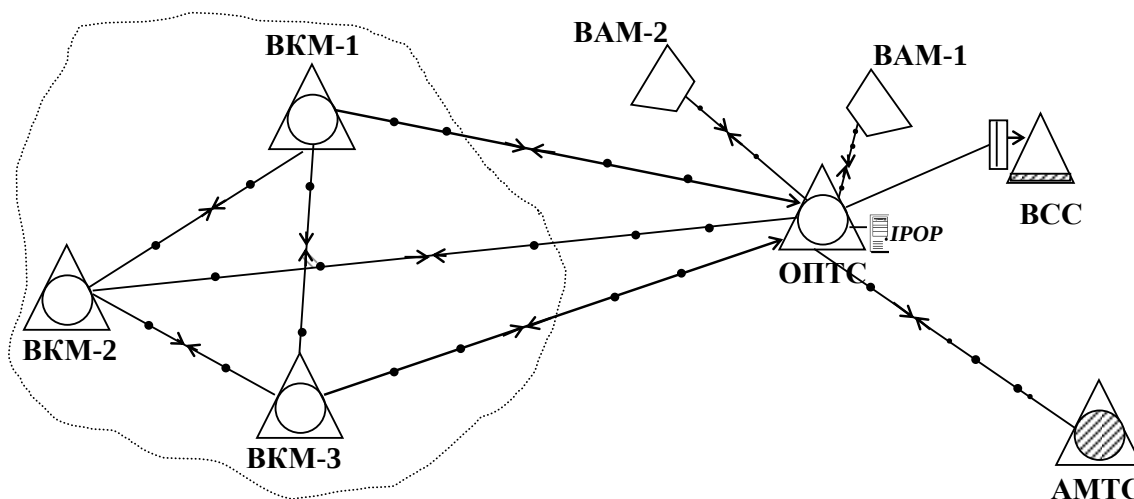


Рисунок 5.11 – Структура ЦСК

Опорне обладнання (ОпО) ЦСК може функціонувати на ТмЗК в якості опорної станції (ОПС), опорно-транзитної станції (ОПТС) або транзитної станції (ТС) з функціями об'єднання й розподілу вихідних і вхідних місцевих і міжміських сполучень для всіх (або частини станцій на базі ВКМ) та, можливо, цифрових станцій інших систем, а також в якості центра технічної експлуатації (ЦТЕ) всього територіально розподіленого обладнання системи.

Крім того, залежно від потреби (в тому числі одночасно), ця ОПТС може виконувати функції:

- вузла відомчих телефонних станцій (ВВТС);
- вузла спецслужб (ВСС) чи інтелектуального центра обробки викликів (Call-center);
- центра комутації стільникової мережі рухомого зв'язку MSC (Mobile Switching Center);
- міжміської АМТС чи зонової АМТС;
- пункту присутності Internet ІРОР (Internet Point of Presence) і шлюзу з пакетними мережами IP, ATM, FR, Ethernet;
- пункту комутації інтелектуальних послуг SSP (Service Switching Point).

Для взаємодії з ТМЗК частіше тільки ОПТС має напрямки зв'язку до АМТС, ВСС та інших станцій мережі.

За економічної обґрунтованості на МТМ всі ОПТС з'єднуються оптоволоконним кільцем, обладнаним цифровими системами передачі (ЦСП) синхронної цифрової ієрархії SDH (Synchronous Digital Hierarchy) з використанням технології спектрального ущільнення DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) і асинхронного режиму перенесення інформації АТМ (Asynchronous Transfer Mode) або технології багатопротокової комутації за позначками (Multiprotocol Label Switching, MPLS).

Виносні абонентські модулі (ВАМ) застосовуються для зменшення витрат на абонентську мережу, і функціонують, зокрема, в якості концентраторів (без замикання внутрішнього навантаження) у місцях скупчення невеликих груп абонентів – в мікрорайонах приватної забудови, в охоплюваних МТМ підлеглих малих населених пунктах (де немає потреби в транзитних з'єднаннях). Так як ВАМ не можуть функціонувати автономно, вони керуються від ОПТС або ВКМ і взаємодіють з ними внутрішньосистемними протоколами сигналізації.

Виносні комутаційні модулі (ВКМ) можуть застосовуватися в якості опорних станцій (ОПС). Як правило, така ОПС здатна виконувати ще й функції селищно-приміського вузла (СПВ), вузла вхідних транзитних повідомлень ВВТП, вузла спеціальних служб (ВСС) чи центра обробки викликів Call-Center, вузла Internet IPOP і шлюзу з пакетними мережами, SSP. Обладнання ВКМ пов'язане з ОПТС внутрішньосистемним протоколом сигналізації і встановлення з'єднань, зокрема адміністративно-експлуатаційних функцій, хоча ВКМ здатне автономно обслуговувати з'єднання між своїми абонентами. Наявність у ВКМ комутаційного поля з деяким числом напрямів зв'язку дозволяє організовувати опорні станції і з'єднувати ВКМ між собою кільцевою транспортною мережею.

Для взаємодії з АМТС, ВСС та іншими станціями мережі, між ВАМ, ВКМ та ОПТС використовують універсальні з'єднувальні лінії до ОПТС, яка має напрямки зв'язку до АМТС, ВСС та інших станцій мережі.

5.5 Особливості побудови комутаційного поля типових систем ЦСК

Цифрові комутаційні поля ЦСК в залежності від виконуваної технології комутації бувають вузькосмуговими та широкосмуговими. Вузькосмугові ЦКП забезпечують технологію комутації каналів, а широкосмугові – технологію комутації пакетів.

Вузькосмугові ЦКП з технологією комутації каналів призначені для створення неблокованих з'єднань будь-яких каналних інтервалів групових трактів, розподілу інформації за напрямками відповідно до адресної інформації, підтримки і руйнування з'єднань каналів 64 кбіт/с і груп каналів 64 кбіт/с (відповідно 64, 384 та 1920 кбіт/с);

Принципи побудови і параметри вузькосмугового цифрового комутаційного поля.

Вузькосмугове ЦКП – це повнодоступний односпрямований просторово-часовий комутатор каналів (ПЧК), побудований як $\mathcal{C}_n$ – часової комутації з просторовою селекцією, ємністю $N \times N$ групових трактів (ГТ), і має наступні пристрої:

Інформаційний запам'ятовуючий пристрій (ІЗП), який розділено на секції, кількість яких дорівнює кількості ГТ – N .

Кожна секція містить клітини пам'яті (КП) кількість яких визначається кількістю каналних інтервалів (КІ) – n , розрядність кожної КП дорівнює кількості біт інформаційного кодового слова – r .

На рис. 5.12 показана блок-схема ПКС 32×32 (на прикладі пристрою комутації і спряження (ПКС) ЦСК «Квант-Е»), схема містить два ІЗП 0,1, які працюють таким чином: у одному циклі ІЗП-0 працює в режимі запису, а ІЗП-1 – в режимі зчитування; в іншому циклі ІЗП працює навпаки, ІЗП-0 - в режимі зчитування, ІЗП-1- в режимі запису.

Адресний запам'ятовуючий пристрій (АЗП) односекційний, містить $N \times n = 32 \times 32$ клітин пам'яті, які поділені на групи клітин пам'яті (по кількості КІ) – n , кожна група складається з N клітин пам'яті по кількості ГТ.

Розрядність клітини пам'яті АЗП визначається:

$$r_{\text{КП АЗП}} = \text{БК} + \log_2 n + \log_2 N, \text{ БК} - \text{біт комутації, дорівнює 1.}$$

Просторово-часовий комутатор працює в режимі керування по виходах. Проступаючі кодові слова записуються впорядковано в секції ІЗП (номер секції відповідає номеру вхідної цифрової лінії ВхЦЛ), в клітину пам'яті номер якої співпадає з номером вхідного КІ.

Зчитування відбувається довільно за адресами з АЗП, дані комутації записуються по трьох шинах – шині адресу (ША), шині даних (ШД) і шині керування (ШК) в комірку пам'яті АЗП, яка відповідає номеру вихідної цифрової лінії ВЦЛ і вихідного КІ, дані містять номер комутованої ВхЦЛ і вхідного КІ.

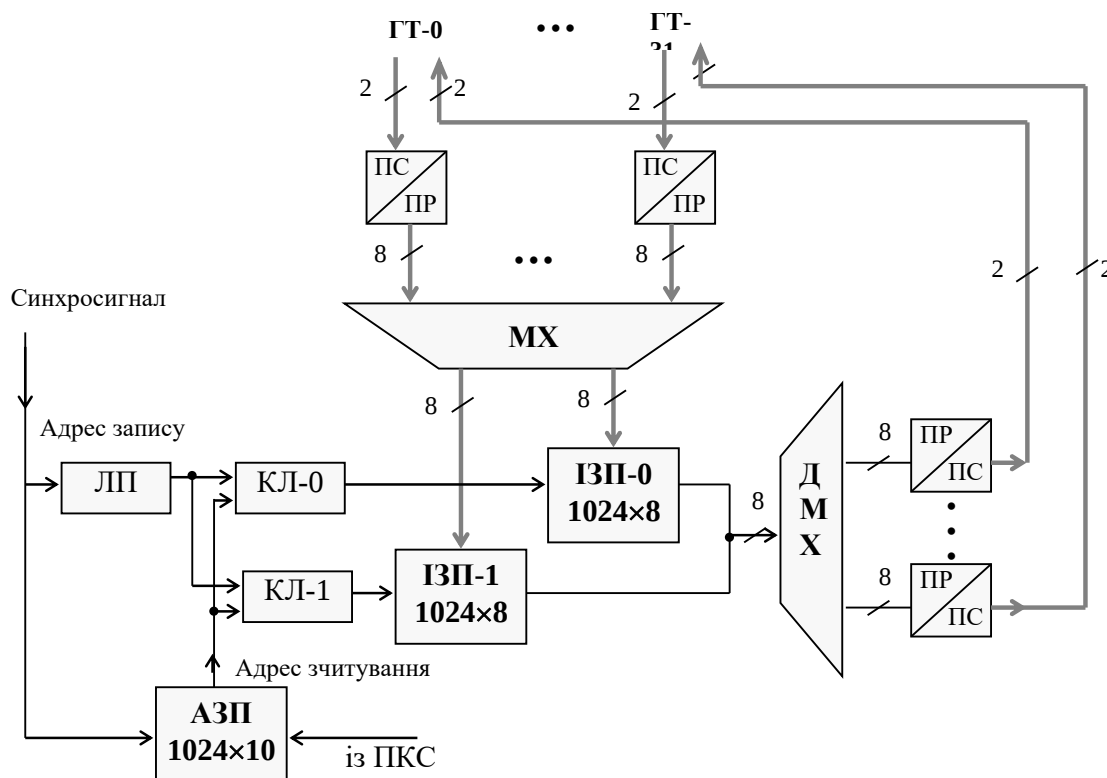


Рисунок 5.12 – Блок - схема ПКС 32×32 ЦСК „Квант-Е”

Пристрій комутації і спряження ПКС-32×32 – це просторово-часовий комутатор ємністю 32×32 тракти Е1 або 1024×1024 каналних інтервалів.

Структурна схема ПКС 32×32 зображена на рис. 5.15. Оскільки ГТ чотирипровідний, тому вхідні цифрові лінії (ВхЦЛ) включені в приймачі

сигналів, які погоджують вхідний цифровий потік в двійкову систему для комутації. Вихідні цифрові лінії (ВЦЛ) включені у виходи передавача для зворотнього перетворення.

ГТ-0 призначений для збору сигнальної інформації з КІ-16 з периферійних моду-лів, що включаються в ГТ-2 – ГТ-31 і запам'ятовування, в пристрої керування і сканування (ЗПКС).

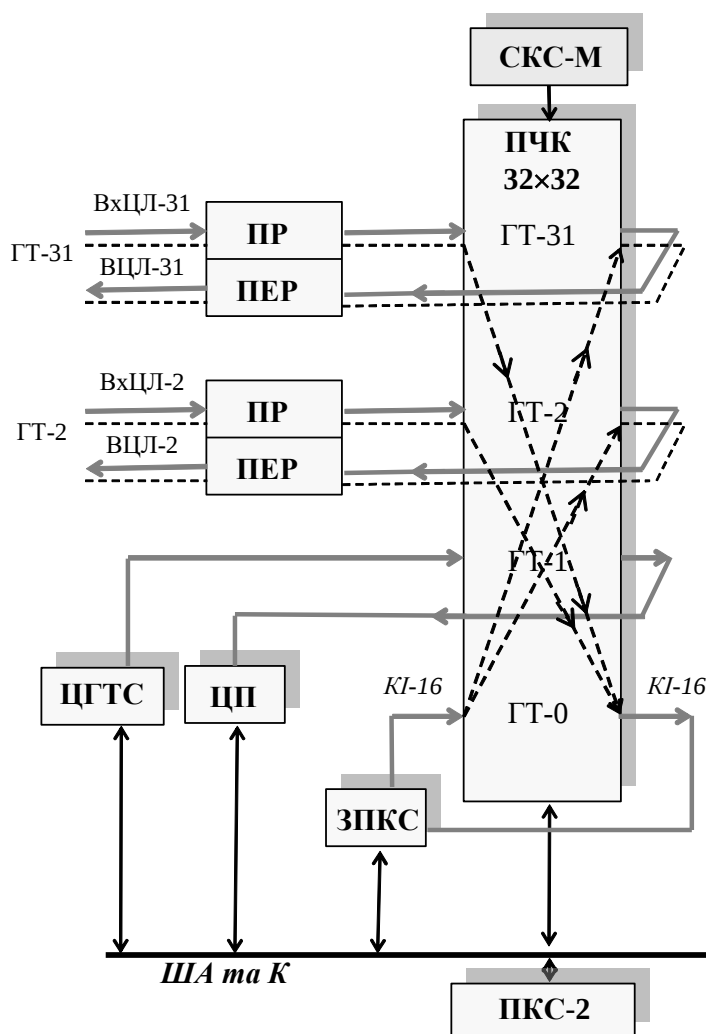


Рисунок 5.13 – Структурна схема ПКС 32×32 ”

Кожна ВхЦЛ (ВхЦЛ 2 – ВхЦЛ 31) має свій каналний інтервал в ГТ-0. Таким чином номер каналного інтервалу в ГТ-0 відповідає номеру ГТ 2–31.

Поступаюча сигнальна інформація послідовно записується в ЗПКС і потім паралельно через шини адреси (ША) і керування (ШК) передається в ПКС для аналізу цифр номера. Після аналізу ПКС видає в паралельному

вигляді сигнальну інформацію в ЗПКС, а звідти вона послідовно видається в ВЦЛ 2– 31 для периферійних пристроїв у внутрішньосистемних каналах сигналізації (ВССК) у КІ-16.

ГТ-1 – це включені цифрові приймачі (ЦП), за допомогою яких здійснюється приймання частотних керівних сигналів, і цифровий генератор тональних сигналів (ЦГТС), який виробляє тональні сигнали (сигнали ЦГТС приведені у табл. 5.7).

ПКС-2 здійснює керування роботою ПКС, приймає адресну інформацію із ЗПКС, аналізує цю інформацію, визначає напрям зв'язку, і комутує вільний каналний інтервал в чотирипровідному тракті.

Таблиця 5.4 – Сигнали, що формуються ЦГТС

Канальний інтервал	Частоти, Гц	Найменування сигналу
0	425	«Сигнал станції», «Контроль посилання виклику»
1	-	Сигнал тиші
2	425	Сигнал «Зайнято» (0,3с.-0,3 с.)
3	750...600	Службовий сигнал
4 – 12	700.1700	Багаточастотний код «2 з 6»
13 – 30	1200.3850	Сигнали, використовувані в частотних СП
31	-	Автовідповідач

Пристрій комутації і спряження ПКС 128x128 – це просторово-часовий комутатор, який має ємність 32×32 тракти із швидкістю 8192 кбіт/с. Вхідні ГТ-0 – ГТ-128 зі швидкістю 2048 кбіт/с включаються у мультиплексори (МХ) на виході яких створюється 32 ГТ із швидкістю 8192 кбіт/с. На виході комутаційної матриці тракти із швидкістю 8192 кбіт/с демультимплексуються (ДМХ) в тракти 2048 кбіт/с.

Для роботи внутрісистемного каналу сигналізації (ВССК) об'єднуються всі КІ-16 всіх підключених ГТ. Сигнальні ГТ збираються в мікроконтролер (МК7Л), який пов'язаний з ПКС трактом *HDLC*. Керування комутаційною

матрицею 32×32 тракти 8 Мбіт/с здійснюється за допомогою однокристального мікроконтролера МК-7Л зв'язаного синхронним *HDLC*-каналом з керуючим пристроєм комутаційного модуля (ПКС).

Структурна схема модуля ПКС 128×128 показана на рис. 5.14.

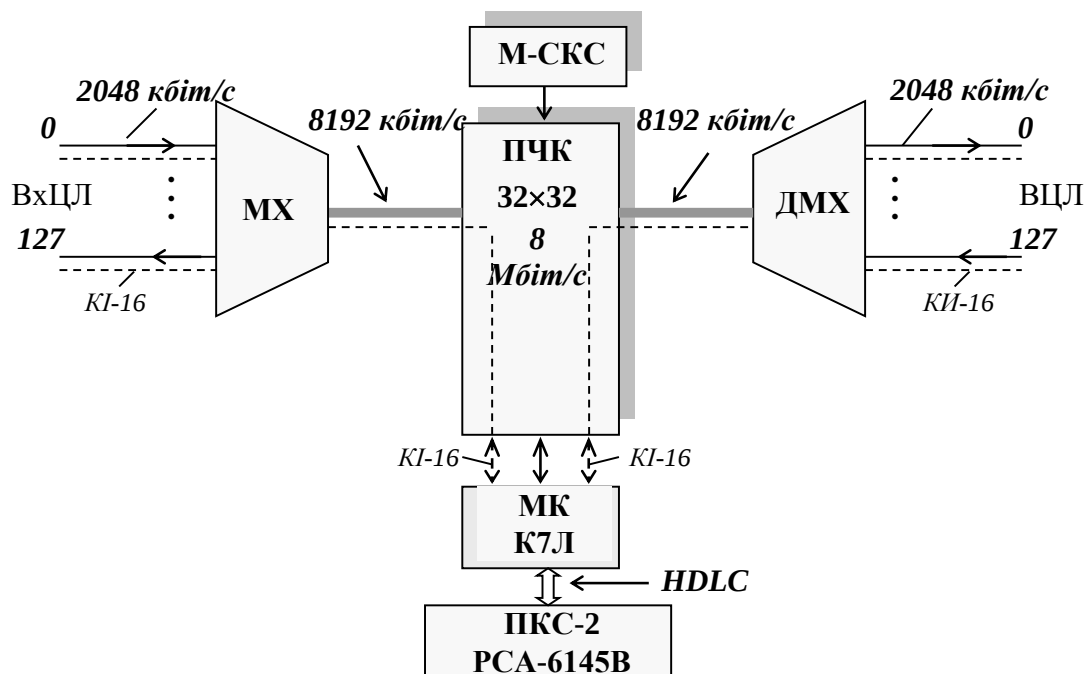


Рисунок 5.14 – Структурна схема модуля ПКС 128×128

Широкопasmові ЦКП з технологією комутації пакетів (на базі ATM-switch або Ethernet-switch) використовують асинхронний режим перенесення інформації комірками ATM, або швидкої комутації пакетів FPS¹¹, або комутації кадрів Ethernet, забезпечують комутацію різношвидкісних цифрових трактів (від 2 Мбіт/с, 622 Мбіт/с до 1 Гбіт/с). До асинхронних широкопasmових ЦКП підключаються високошвидкісні тракти з інверсним або статичним мультиплексуванням по яким здійснюється передача пакетів (технологій FPS, ATM, Ethernet). Асинхронні широкопasmові ЦКП мають внутрішню буферну пам'ять для збереження *пакетів*. Процедура буферизації може організовуватися на вході або виході пакетного комутатора, або організується загальний централізований буфер.

¹¹ **FPS** – (Fast Packet Switching) – технологія комутації пакетів

Принципи побудови широкосмугового цифрового комутаційного поля комутації пакетів комутатора АТМ (АТМ-switch).

Асинхронний режим перенесення інформації (АТМ) полягає в транспортуванні всіх видів інформації в пакетах фіксованої довжини (комірках – cell) з асинхронним мультиплексуванням потоків комірок від різних користувачів загалом у швидкісному цифровому тракті. Принцип комутації АТМ показано на рис. 5.17. Кожна комірка містить 5 байт заголовка і 48 – інформаційного поля. У кожному високошвидкісному тракті організуються віртуальні тракти (це група віртуальних каналів в одному напрямку) та віртуальні канали, які здійснюють передачу пакетів у одному напрямку. Ідентифікатори віртуального тракту VPI й віртуального каналу VCI зберігаються у заголовці комірки.

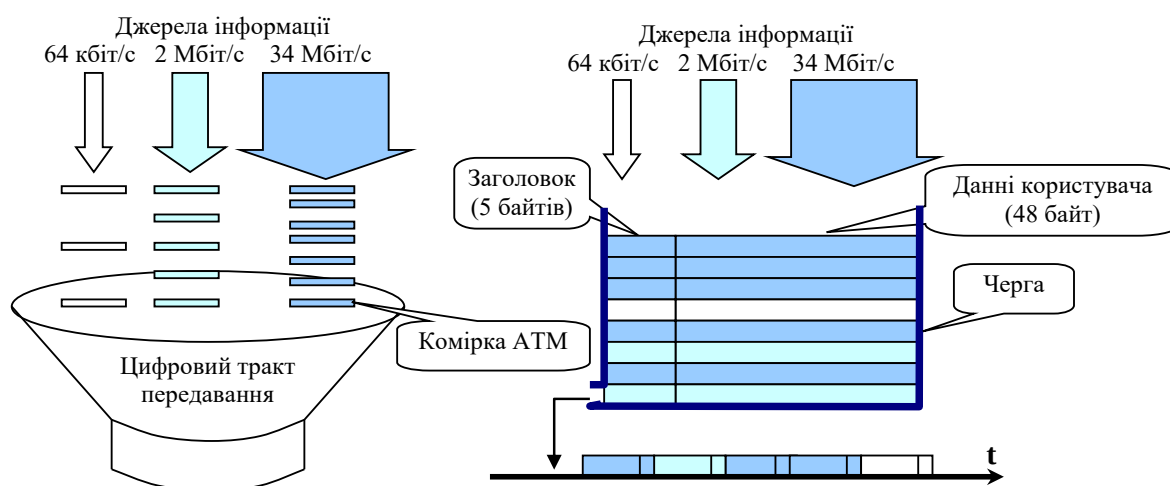


Рисунок 5.15 – Принципи комутації АТМ

Принцип роботи комутатора АТМ заснований на пошуку вихідних порту і логічного каналу, визначуваних ідентифікаторами вихідних віртуального тракту і каналу і на зіставленні їх з вхідним портом і віртуальним каналом. Пошук порту – просторова комутація, обмін логічного каналу – часова.

У комутаторах АТМ немає жорстко встановлених каналних інтервалів, тому можливо «змагання» комірок декількох логічних каналів за

один канальний інтервал. Цей конфлікт розв'язується буферизацією комірок. Окрім цього комутатор АТМ повинен забезпечити можливості багатоадресної передачі і пріоритетного обслуговування комірок.

Комутатори АТМ розрізняються принципом побудови:

- комутатори АТМ із загальною пам'яттю;
- комутатори АТМ із загальним середовищем;
- комутатори АТМ з просторовим розділенням.

Розглянемо принцип побудови комутатора із загальною пам'яттю (рис. 5.18).

У такому комутаторі вхідні і вихідні порти, з числом портів рівним N , обладналися власними контролерами, безпосередньо сполученими із загальною пам'яттю, доступною вхідним контролерами для запису і вихідним – для зчитування. Вхідний контролер аналізує заголовок комірки, визначає в яку чергу її помістити і інформує про це процесор комутатора. Процесор в кожному часовому циклі повинен обробити N вхідних комірок і вибрати для передачі N вихідних, тому швидкість запису і зчитування повинна бути $N \times v$, де v – це швидкість обміну через порт.

Об'єм загальної пам'яті визначається способом її використання, кількістю портів і швидкістю обміну. Пам'ять розділена на N секцій по кількості впорядкованих черг.

Структурна схема комутатора АТМ з загальною пам'яттю складається з наступних функціональних пристроїв:

Пс/Пр (Пр/Пс) – перетворювачі з послідовного коду в паралельний і навпаки;

- Пзаг – перетворювачі заголовка, необхідні для визначення і модифікації заголовків кожної комірки;
- блок пакетної комутації, що містить вхідний мультиплексор (МХ), буферну пам'ять і демультиплексор (ДМХ);
- контролер, який має регістр адрес запису (РАЗ), регістр адрес зчитування (РАЗч) на кожний з N зв'язаних списків;
- буфер адрес (БА) використовуваних адрес пам'яті.

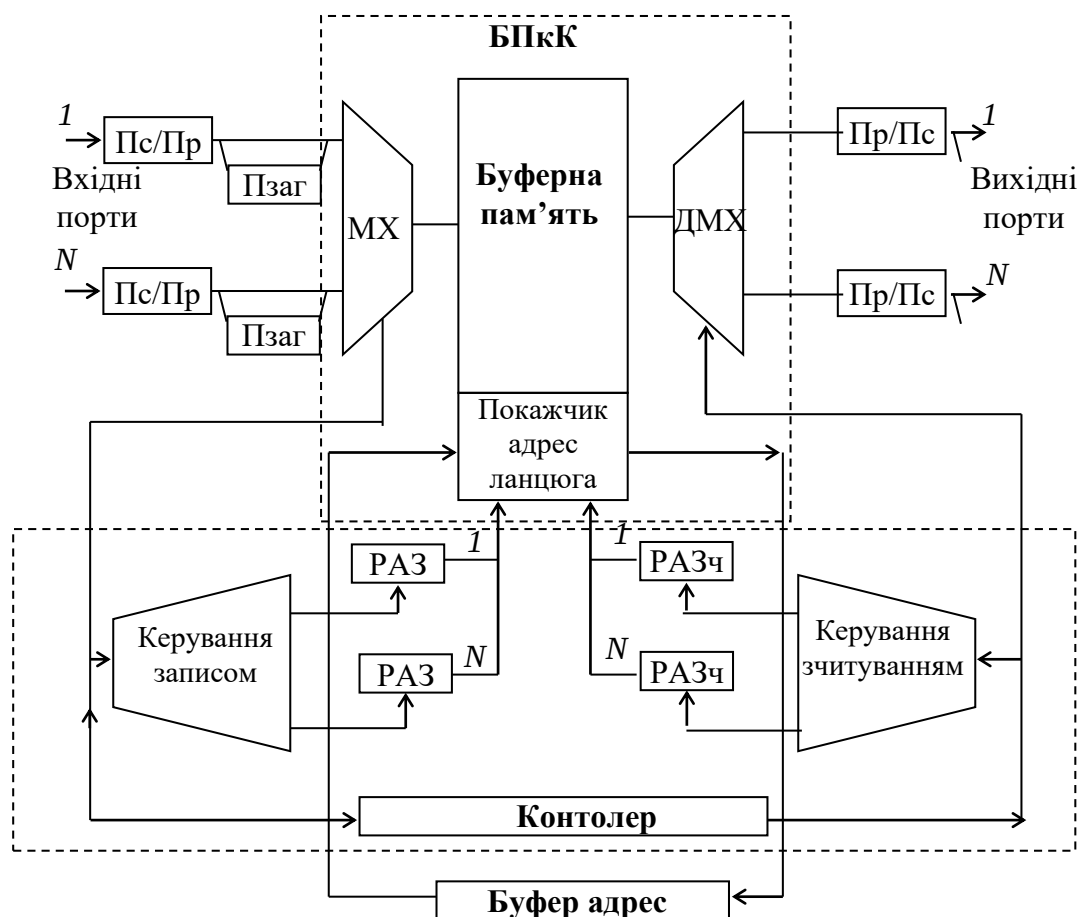


Рисунок 5.16 – Структурна схема комутатора АТМ із загальною пам'яттю

Для кожної вхідної комірки контролер визначає зв'язаний список, в який її треба помістити, відповідно модифікує її ідентифікатори за допомогою Пзаг і опитує потрібний РАЗ, звідки одержує адресу вільної області пам'яті в яку і записується комірка. Одночасно активізується база адрес – БА використовуваних областей пам'яті, яка видає адресу нової вільної області, унаслідок чого РАЗ і відповідні показники адресного ланцюжка набувають нового значення.

Аналогічно в кожному каналному інтервалі для кожного зв'язаного списку за допомогою РАЗч визначається одна комірка, яка вилучається з буферної пам'яті і передається в потрібний вихідний порт з одночасною корекцією показників адрес і змісту буфера адреси БА.

Такий комутатор може забезпечувати пріоритетне обслуговування комірок, для чого необхідно буферизувати комірки, призначені певному вихідному порту, в окремих для кожного рівня пріоритету зв'язаних списках

5.6 Принципи сигналізації в ЦСК

Сигналізація – це сукупність лінійних і керуючих сигналів, необхідних для встановлення, контролю і роз'єднання з'єднань.

Використовується три групи сигналів сигналізації:

- акустичні (інформаційні),
- лінійні,
- керування.

Інформаційні сигнали – акустичні сигнали передаються із станційних приладів абонентам і інформують їх про етапи встановлення з'єднання. До них відносяться:

- ✓ «Сигнал посилки виклику» $f = 25$ Гц, $U = 95$ В, тривалість посилки 1-1 с.
- ✓ «Готовність станції», $f = 425$ Гц, безперервний.
- ✓ «Зайнято», $f = 425$ Гц, посилення і пауза 0,3-0,4 с.
- ✓ «Контроль посилки виклику», $f = 425$ Гц, періодичне посилення 1 с-4 с.

Лінійні сигнали видзначають етапи встановлення з'єднання і дії абонентів: Передаються лінійні сигнали між приладами розмовного тракту.

У прямому напрямку передаються сигнали – «Сигнал заняття», «Сигнал роз'єднання». «Сигнал відбою абонента А». У зворотному напрямку: «Сигнал зайнято», «Сигнал відповіді абонента А».

Сигнали керування використовуються для передачі адресної інформації (в прямому напрямку), а також для передачі команд керування між керуючими пристроями (в зворотньому напрямку) в процесі встановлення з'єднання.

Розрізняють наступні види сигналізації:

- ✓ абонентську сигналізацію;
- ✓ внутрішньостанційну сигналізацію;
- ✓ міжстанційну сигналізацію.

Абонентська сигналізація – це сигналізація на ділянці від кінцевого пристрою до станції (від ТА абонента).

Для абонентської сигналізації використовуються наступні види сигналів:

- «Сигнали постійного струму» (замикання і розмикання шлейфу ТА).

Лінійні сигнали від аналогового ТА зображені на рис. 5.17:

ТА-А – АМ ЦСК

Зайняття станції

Відбій абонента А

АМ ЦСК – ТА-Б

Відповідь абонента Б

Відбій абонента А

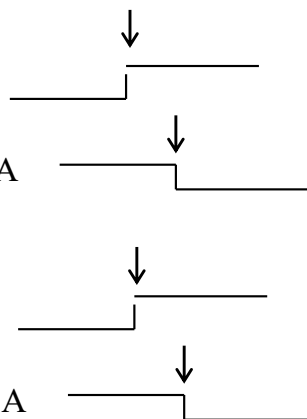


Рисунок 5.17 – Лінійні сигнали від ТА

Сигнали керування – ДКШІ або DTMF.

Внутрішньосистемна сигналізація. Для передачі керуючої і адресної інформації між керуючими пристроями (контролер БАЛ і ПКС-2 УКС) організуються внутрішньосистемні сигнальні канали (ВССК). Передача здійснюється в КІ-16 пакетом, який містить 16 восьмибітових байтів. Для передачі одного пакета використовується час одного надциклу. За цей час між керуючими пристроями передається вісім двобайтових посилок. Сигнальна інформація надходить в запам'ятовуючий пристрій крування та сканування (ЗПКС) і записується в КІ, номер якого відповідає номеру ГТ з якого надійшов пакет (рис. 5.18).

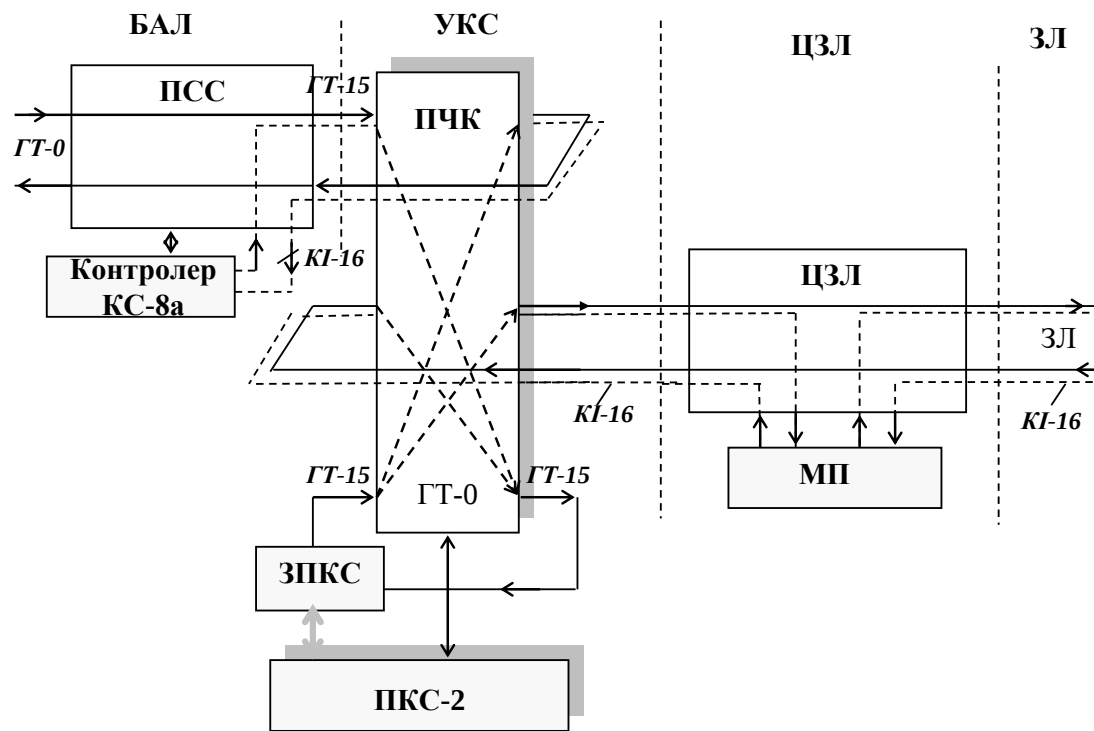


Рисунок 5.18 – Внутрішньосистемна сигналізація

Пакет внутрішньосистемної сигналізації

	7	6	5	4	3	2	1	0	
	0	0	0	1	1	0	1	1	0 0 байт – синхронізація
0		S		K		γ	β	α	1 1 байт – $\alpha\beta\gamma$ – кількість повідомлень
									S – прапорець (інверсія прапорця –
1	a	b	c	d					ознака нового пакета)
				1	2	3	4	5	K – контрольний біт
	a	b	c	d					2 байт – a b c d – цифра
2				1	2	3	4	5	3 байт – 1,2,3,4,5 – номер каналу
	a	b	c	d					4,5 байт – аналог 2,3
3				1	2	3	4	5	6,7 байт – аналог 2,3
	a	b	c	d					8,9 байт – аналог 2,3
4				1	2	3	4	5	10,11 байт – аналог 2,3

5	a	b	c	d					10	12,13 байт – аналог 2,3
				1	2	3	4	5	11	14 байт – байт рестарта
6	a	b	c	d					12	15 байт – контроль
				1	2	3	4	5	13	
7									14	
									15	

У цьому пакеті в нульовому і сьомому двобайтовому повідомленнях передається службова інформація. У нульовому байті передається синхронізація системи, в першому байті – статус біта, який показує зміни в даному пакеті в порівнянні з попереднім.

Якщо $S = 0$, то змін немає, $S = 1$ є зміни. $\alpha\beta\gamma$ – індикатор довжини пакету, тобто число двобайтових повідомлень, що несуть керуючу інформацію максимально дорівнює 6.

Двобайтові посилки з 1 по 6 – для передачі цифр номера. У байтах 2, 4, 5, 8, 10, 12 – по одному знаку номера, в байтах 3, 5, 7, 9, 11, 13 – номер КІ і ГТ. У сьомій двобайтовій посилці – рестарт, який відображає стан каналів в даному ГТ, а також контроль правильності пакету.

Міжстанційна сигналізація. Міжстанційна сигналізація залежить від типу зустрічної станції. При взаємодії з аналоговими станціями у цифровізованих напрямках зв'язку (див. рис. 5.11) звичайно передбачають обмін керівними сигналами багаточастотного коду (БЧК) “два з шести” чи, інколи, сигналізації R2D у розмовних КІ, а лінійних і декадних керівних сигналів: двома виділеними сигнальними каналами (ВСК) у лінійних трактах E1 (KI-16), E2 (KI-67...70) та, на ТМ САР трактами $E\frac{1}{2}$ (KI-0); на ТМ САР у трактах E1 і $E\frac{1}{2}$ одним ВСК часовим кодом чи двома каналами – ВСК і у розмовному КІ на частоті 2600 Гц.

Лінійні сигнали передаються специфічними кодовими комбінаціями або послідовністю одиниць відповідної тривалості, причому кожний ВСК використовує один біт сигнального КІ у певному циклі передавання і має швидкість 500 біт/с.

Відповідність ВСК до каналів корисного навантаження ілюструє рис. 5.20 на прикладі тракту Е1. Звичайно використовуються два ВСК (СК-1, СК-2) з чотирьох можливих. Слід мати на увазі, що в нульовому циклі передачі сигнальний КІ 16 використовується для надциклової синхронізації, а в циклах 1...15 – для передавання лінійних та керівних сигналів декадного коду.

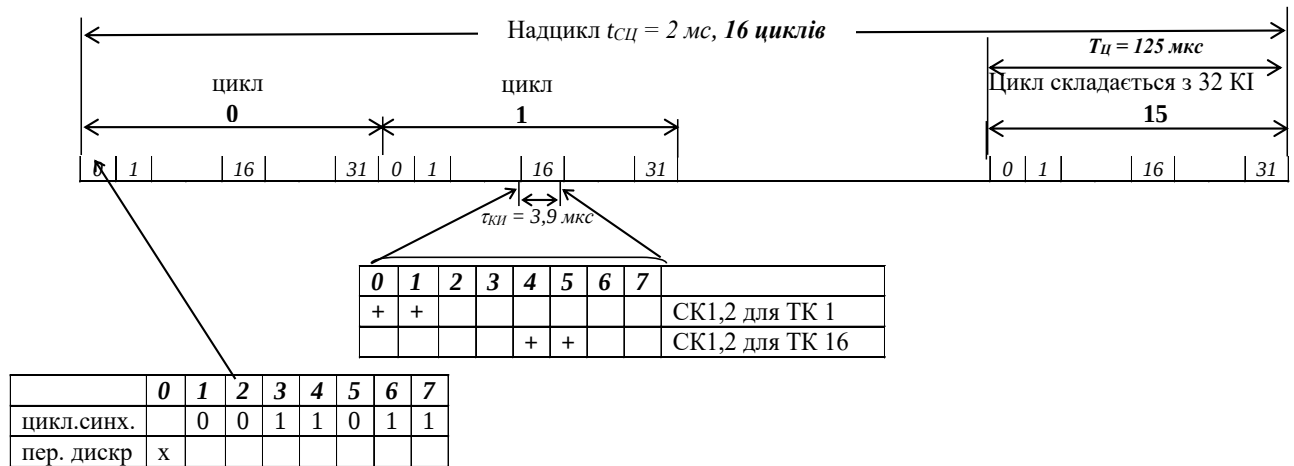


Рисунок 5.19 – Структура надциклу

Таблиця 5.5 – Сигнальний код 2 ВСК

Назва лінійного сигналу	Напрямок зв'язку			
	→		←	
	16	26	16	26
Початковий стан			1	
Зайняття		1		
Відповідь ТА-Б		1		1
Відбій ТА-Б		1	1	1
Відбій ТА-А	1	1		1
Роз'єднання			1	

За один цикл можна передати сигнали тільки для одного інформаційного каналу. Тому для утворення сигнальних каналів (СК) для 30 телефонних каналів утворюється надцикл, де використовується КИ-16 циклів Ц1...Ц15.

В кожному циклі в КІ-16 утворюється по 2 СК для двох телефонних каналів (кожна пара СК обслуговує один телефонний канал).

У напрямках зв'язку між цифровими станціями застосовується СКС-7. Передача по спільному каналу сигналізації (СКС-7), який надається всім інформаційним каналам напрямку зв'язку між двома ЦСК, приклад організації СКС-7 показано на рис. 5.20.

Спільний канал сигналізації (СКС-7) – це спосіб сигналізації, при якому по одному спільному каналу (між керівними пристроями) з використанням адресації повідомлень передають сигнальну інформацію, яка відноситься до багатьох розмовних каналів (до 2000 каналів). Мережу СКС-7 утворюють пункти сигналізації (SP). Для взаємодії між пунктами передачі сигнальної інформації організують канали передачі даних – ланки сигналізації (SL). Ланка сигналізації служить для організації переносу сигнальних повідомлень між пунктами сигналізації (канал 64 кбіт/с).

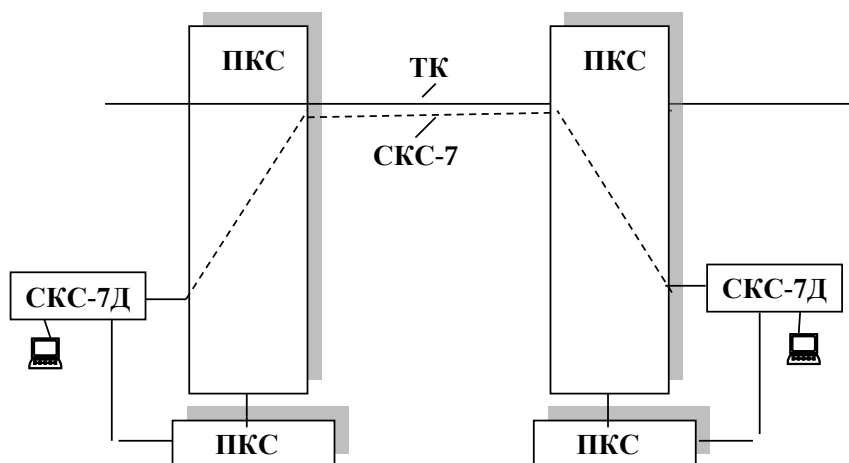


Рисунок 5.20 – Організація СКС-7

5.7 Процеси та алгоритми встановлення з'єднання в ЦСК

Принцип внутрішньостанційного з'єднання ЦСК «Квант-Е»

Умови з'єднувального тракту (рис. 5.23):

➤ телефонний апарат ТА-А (5-10-00) включений в АК-А двопровідною АЛ. Абонентський комплект включений в ПЧК КІ-0 ГТ-1;

- абонентський модуль АМ-А пов'язаний з ПКС ОпО, наприклад, ГТ-5. У цьому тракті КІ-16 комутується з КІ-5 ГТ-0 для прийому в ЗПКС адресної інформації від АМ-А. Розмовний – КІ-10 ГТ-5;
- абонентський модуль АМ-Б включений в ПКС ОпО ГТ-2, по цьому тракту ЗПКС видає адресну інформацію по КІ-16 в контролер АМ-Б. Розмова здійснюватиметься по КІ-12 ГТ-2;
- телефонний апарат ТА-Б (5-31-11) включений в АК-Б, який пов'язаний з ПЧК ГТ-4 КІ-15.

Етапи роботи абонентського модуля БАЛ-А при вихідному зв'язку

Етап 1. Приймання сигналу виклику від ТА абонента А в ААК абонентського модуля БАЛ:

- абонент знімає трубку свого ТА, замикається шлейф АЛ;
- у ААК зміну стану шлейфу фіксує точка сканування, ця зміна передається в ПЛМ, а потім в контролер БАЛ;
- до АЛ підключається ДГН;
- контролер аналізує інформацію про ТА-А – його номер і тип номеронабирача.

Етап 2. Посилання абоненту А сигналу «Готовність станції».

- Контролер БАЛ, визначивши в якій ГТ і КІ включений ААК абонента А, керує комутацією ЦГТС до ААК абонента А;
- виконується комутація КІ-0, ГТ-7 з КІ-0, ГТ-1 (згідно прийнятим умовам);
- сигнал «Відповідь станції» ($f = 425$ Гц) ЦГТС виробляється в цифровій формі, для передачі його в аналогову АЛ, в ААК він перетворюється в аналоговий;
- абонент прослуховує сигнал «Готовність станції».

Етап 3. Набір номера ДКШІ.

- Абонент набирає цифри номера ДКШІ, імпульси сприймаються АК-А;
- після набирання першої цифри, контролер відключає ЦГТС;

➤ контролер сканує АК-А і записує набраний номер в оперативний запам'ятовуючий пристрій.

Етап 4. Встановлення з'єднання в БАЛ-А.

- Контролер вибирає вільний КІ в ГТ-0 (ПСС);
- контролер формує пакет інформації, який містить номер ТА-Б, і номер вибраного каналного інтервалу в ГТ, яким БАЛ-А включений в ПКС (КІ-10 ГТ-5);
- цей пакет в КІ-16 ГТ-0 передається в ЗПКС ПКС;
- із ЗПКС дані комутації передаються в ПКС-2 ОпО, який визначає напрямок зв'язку.

Етапи встановлення з'єднання в ПКС

Етап 5. Встановлення з'єднання в ПКС.

- Керувальна інформація (номер абонента Б) запам'ятовується в адресному запам'ятовуючому пристрої ПКС-2;
- ПКС-2 аналізує цю інформацію і по трьом останнім цифрам визначає:
 - напрямок до БАЛ-Б (тобто ГТ-2, в який включений БАЛ-Б);
 - будь-який вільний КІ в ГТ-2 для розмови (за умов КІ-12).
- ПКС-2 формує пакет, в якому – три останні цифри номера абонента Б і номер розмовного ГТ і КІ (КІ-12 ГТ-2);
- ПКС-2 передає пакет в ЗПКС, який вставляє цю інформацію в КІ-16 ГТ ГТ-2;

Етапи роботи абонентського модуля БАЛ-Б при вхідному зв'язку

Етап 6. Встановлення з'єднання в БАЛ-Б.

- Контролер БАЛ приймає пакет через ПСС в КІ-16;
- контролер аналізує стан АК абонента Б (вільний або зайнятий);
- якщо лінія абонента зайнята, то контролер БАЛ-Б формує пакет, що містить інформацію про зайнятість ТА-Б і видає по ВССК в ПКС-2 ОпО. У свою чергу ОпО видає пакет в БАЛ-А і контролер АМ-А підключає до ТА-А сигнал «Зайнято» з ЦГТС;

➤ якщо лінія абонента вільна, то контролер БАЛ-Б формує пакет до ОпО і в контролер БАЛ-А передається сигнал що ТА-Б вільний.

Етап 7. Діагностика АЛ ТА-Б і посилення сигналів «Контроль посилки виклику» і «Посилка виклику».

➤ ДГН підключається через контакти реле К2 і К3 до розмовних проводів і перевіряє наявність сторонніх полярностей на розмовних проводах;

➤ посилення «Сигналу виклику» абоненту Б – від ГВС БАЛ-Б;

➤ для посилення сигналу «Контроль посилки виклику», за допомогою ПЧК комутується ЦГТС в БАЛ-Б.

Етап 8. Відповідь абонента Б.

➤ При відповіді абонента Б, замикається шлейф в ТА-Б і АК-Б фіксує сигнал «Відповідь»;

➤ контролер відключає ГВС і ЦГТС;

➤ контролер формує пакет в ПКС-2 ОпО про відповідь абонента;

➤ ПКС-2 формує пакет відповіді ТА-Б в контролер БАЛ-А.

Етап 9. Розмова.

➤ На час розмови керуючі пристрої (контролер БАЛ-А, ПКС-2 ОпО, контролер БАЛ-Б) створюють цифровий розмовний тракт і контролюють стан абонентських ліній;

➤ живлення мікрофонів ТА здійснюється з абонентських комплектів.

Етап 10. Відбій абонента А.

➤ Якщо першим дає відбій абонент А, то в ТА-А обривається шлейф і АК-А сприймає сигнал «Відбій»;

➤ АК-А передає цей сигнал в контролер БАЛ-А;

➤ контролер формує пакет інформації про відбій ТА-А, ця інформація сприймається ЗПКС і ПКС-2 ОпО і передається далі в контролер БАЛ-Б;

➤ руйнується розмовний тракт;

➤ якщо першим дає відбій абонент Б, то передача пакету інформації здійснюється від контролера БАЛ-Б через ОпО в контролер БАЛ-А.

Етап 11. Видача сигналу «Зайнято» безвідбійному абоненту.

➤ Для безвідбійного абонента, наприклад ТА-Б, створюється тракт посилення сигналу «Зайнято» з БАЛ-Б.

➤ для створення тракту контролер БАЛ-Б комутує ЦГТС (КІ-2, ГТ-7) до КІ-15, ГТ-4 і сигнал в цифровому вигляді надходить в абонентський комплект АК-Б;

➤ у АК-Б цифровий сигнал «Зайнято» перетворюється в аналогову форму і надходить в телефон ТА-Б.

5.8 Мережі наступного покоління NGN

Розвиток телекомунікаційних мереж визначається чинниками:

- зростанням навантаження Інтернет (щорічно зростає на 60-80 %, кількість абонентів широкосмугового доступу зростає на 80 % у рік);
- потребою суспільства в нових послугах;
- розвитком технологій абонентського доступу (xDSL, технології оптичного доступу, радіодоступу – Wi-Fi, WiMax) і так далі).

Сьогодні розвиток телекомунікаційних мереж прагне до мереж наступного покоління NGN (Next Generation Network).

Мережа NGN – це концепція побудови мереж зв'язку, забезпечуючих надання необмеженого набору послуг (Triple Play Service – мова, дані відео) з гнучкими можливостями за їх керуванням, за персоналізації і створення нових послуг за рахунок уніфікації мережевих рішень, що передбачає реалізацію універсальної транспортної мережі з розподіленою комутацією, винесення функцій надання послуг в крайові мережеві вузли і інтеграцію з традиційними мережами зв'язку і підтримкою передачі трафіку з різними вимогами до якості обслуговування QoS (Quality of Service).

Мультисервісна мережа - мережа зв'язку, що побудована відповідно до концепції мережі зв'язку наступного покоління NGN і забезпечує передачу мови, даних, відео, мультимедіа і надання необмеженого набору послуг.

Мультисервісні послуги можна умовно розділити на три групи:

- послуги передачі мовних повідомлень;
- послуги передачі відеозображень (передача нерухомих зображень, телефакс, кольоровий факс, відеотелефонія, відеоконференції, передача відеозображень, передача телевізійних зображень високої чіткості);
- послуги передачі даних (телетекст, інтерактивний обмін даними, передача великих об'ємів даних, пошук документів і т.д.).

5.9 Проєктування мультисервісної мережі

Пакетна система комутації (ПКСК) - це територіально розподілений апаратно-програмний комплекс обладнання, створений на базі пакетної технології IP / TCP і пакетних технологій канального рівня, який складається з:

✓ контролера медіашлюзи MGC (media gateway controller) або Softswitch, який керує комутацією, реалізуючи функцію управління процесом встановлення з'єднання в пакетній мережі, управляє маршрутизацією викликів в пакетній мережі; обробляє сигналізацію, будучи конвертором протоколів для взаємодії з пакетними мережами (наприклад, для ТМЗК протоколи SS7, DSS1 з боку пакетних мереж протоколи H.323, SIP, MGCP / MEGACO), реалізує функції кінцевого SP або транзитного STP пункту сигналізації ОКС-7; забезпечує управління шлюзами (AG, MG, SG); забезпечує збір статистичної інформації та забезпечує доступ до серверів додатків для доступу до послуг та доступу до інтелектуальної мережі.

➤ шлюзів доступу AG (Access Gateway) - забезпечує безпосереднє підключення користувачів за різними технологіями (аналогові і цифрові АЛ, лінії xDSL, оптичний і радіодоступ і пристрої інтегрованого доступу IAD і.т.д.) до мультисервісної мережі, основна функція шлюзів доступу складається в перетворенні інформації в пакетну форму RTP / RTCP / Ethernet / ATM і їх подальшу маршрутизацію; використовують інтерфейси доступу до ТМЗК по V5.2 і до пакетної мережі Ethernet - 100Base-T;

➤ медіашлюзи MG (media gateway), які забезпечують взаємодію з мережами загального користування (телефонного, пакетної, рухомий зв'язком) і необхідні для перетворення мови, даних в IP-пакети з присвоєнням адресації і маршрутизацію цих пакетів через транспортну мережу; підтримує інтерфейси в напрямку до ТМЗК E1 / SDH, в напрямку до пакетної мережі на основі IP-технологій - Ethernet (100/1000 Base-T);

➤ шлюзів сигналізацій SG (signalling gateway), які забезпечують взаємодію зовнішніх систем міжстанційних сигналізацій з сигналізаціями пакетної мережі; SG забезпечує обробку сигнальної інформації мереж з комутацією каналів (зазвичай СКС-7 2ВСК, R2D) і передачу її шлюзу MGC по керованій IP-мережі,

також дозволяє віддаленим пристроїв в IP-мережі обмінюватися сигнальними повідомленнями з ТМЗК; використовує інтерфейси до ТМЗК Е1, до пакетної мережі Ethernet - 100Base-T;

- сервера додатків AS (Application Server) реалізується спеціалізованим програмним забезпеченням для створення, управління і надання різних додаткових послуг;

- Billing server (AAA) - сервер управління взаєморозрахунками, виконує функції тарифікації, ведення рахунків, ідентифікації, авторизації, білінгу,

- API сервер - який реалізує різні голосові та інформаційні послуги та програми;

- SCP сервер - доступу до інтелектуальних послуг;

- пристрої управління NM (network manager), на базі Work station яке централізує функції технічної експлуатації, обслуговування та адміністрування системи.

Зв'язок різних елементів ПКСК з сервером викликів і різних серверів викликів між собою може виконуватися різними пакетними технологіями каналного рівня (Ethernet, ATM).

Softswitch 4 класу встановлюється при АМТС / МЦК забезпечує управління маршрутизацією, обробку сигналізацій, управління шлюзами і обслуговування викликів, а також транзит IP-пакетів містять інформацію різного виду (мова, дані, відео і їх комбінацію) по міжміським та міжнародним мережі. Softswitch 4 класу не має при собі серверів додатків і тому не забезпечує надання широкої номенклатури послуг.

Softswitch 5 класу, встановлюється на рівні місцевої мережі (ОПТС), і забезпечує управління маршрутизацією, обробку сигналізацій, управління шлюзами і обслуговування викликів кінцевих користувачів з метою надання їм широкого спектру послуг.

На розробленій схемі, показати проектовану пакетну систему комутації (ПКСК), встановлену в приміщенні ОПТС-722 на базі обладнання на базі MSAN SI-3000, яке складається з: обладнання медіа- та сигнальних шлюзів SMG, програмного комутатора іCS з функціями Softswitch 5 класу (рис. 5.22).

Для існуючих абонентів ОПТС одеської ГТС мультисервісний доступ забезпечений лініями ADSL за допомогою вузлів мультисервісного доступу BAN SI-2000 / V.6, які працюють в конвергентном режимі. В цьому випадку модулі BAN необхідно розмістити при ОПТС-722 або ОПТС-723 або ОПТС-726. З огляду на, що використовується підключення існуючих ААЛ цих ОПТС.

Аркадійський експеримент на одеській ГТС передбачає демонтаж фізично і морально застарілого обладнання існуючих РАТС -63 і РАТС-68, шляхом установки IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000 в корпусі зовнішнього виконання shelter ODU-M. До них підключаються аналоговими (ААЛ) існуючі абоненти демонтованих РАТС і передбачається підключення високошвидкісних ліній VDSL.

Шлюзи SMG встановлюються при кожній з ОПТС (ОПТС-722, ОПТС-746 і ОПТС-755).

Шлюзи SMG необхідності для обслуговування пакетного трафіку і мовного трафіку в режимі комутації пакетів RTP / RTCP, з огляду на те, що на мережі використовуються IP / DSLAM / BAN MSAN SI-3000 до яких підключені ААЛ (рис. 5.23).

Передбачається організація мережі мультисервісного доступу для нових абонентів, підключених як аналоговими (ААЛ), так і високошвидкісними лініями ADSL2 + і лініями VDSL до вузлів мультисервісного доступу IP / DSLAM / BAN MSAN SI-3000 розміщеним на території міста. У цьому випадку розміщення IP / DSLAM/BAN виконується при ОПТС або ОПС або ВКМ.

При кожній ОПТС необхідно використовувати пакетні комутатори Ethernet Switch для підключення вузлів мультисервісного доступу, враховуючи їх територіальне розташування. Всі пакетні комутатори з'єднуються за принципом «кожен з кожним».

5.10 Розрахунок кількості обладнання IP/DSLAM/BAN

IP/DSLAM/BAN об'єднує різні технології доступу DSL на одній і тій же апаратній платформі і дозволяє здійснювати підключення до мереж передачі даних / IP-мереж через Fast Ethernet або Gigabit Ethernet (або по інтерфейсах E1 / IMA, STM-1 або ATM / Ethernet).

Ємність однієї секції IP / DSLAM / BAN становить 608/576 xDSL ліній.

Корпус MEA має 20 монтажних позицій.

Секція IP / DSLAM / BAN може містити:

- абонентські плати SGM по 32 ADSL/G.SHDSL/ADSL2 +;
- абонентські плати SGN по 48/ADSL/G.SHDSL/ADSL2 +;
- плати splitter SSI: центральна комутаційна плата IDC (24GbE / 12GbE)

з керуючим процесором CDG, 20 портів GbE для задньої плати, 2 комутатора Ethernet, 4 SFP оптичних GbE інтерфейсів b 4 RJ-45 мідних GbE;

- плата FastEthernet SFP 1000BaseT;
- плата STM-1 з мережевим інтерфейсом ATM 155 Мбіт/с;
- плата 8 E1/IMA з інтерфейсом ATM 8x2Мбіт / с.
- Єдині експлуатація та управління за допомогою вузла SI2000 MN.

Для розвитку мультисервісної мережі до вузлів мультисервісного доступу IP / DSLAM / BAN необхідно підключити $N = 3000$ абонентських ліній, з яких 35% складають аналогові абонентські лінії, 40% - лінії ADSL2 +, 25% - лінії SHDSL. Визначити необхідну конфігурацію і необхідну кількість периферійних плат IP/DSLAM/BAN і зобразити конфігурацію IP/DSLAM.

1. Розрахунок кількості нових ААЛ, підключених вузлів IP/DSLAM/BAN виконується з урахуванням того, що за умовою їх кількість становить 35% від загальної ємності $N = 3000$ ($K_{ААЛ} = 0,35$):

$$N_{ААЛ} = N \times K_{ААЛ}, N_{ААЛ} = 3000 \times 0,35 = 1050 \text{ ААЛ}$$

2. Розрахунок кількості ЦАЛ ADSL2 + підключених до вузлів IP / DSLAM / BAN виконується з урахуванням їх кількості, що становить 40% від загальної ємності $N=3000$ ($K_{ADSL2+} = 0,4$):

$$N_{ADSL2+} = N \times K_{ADSL2+}, N_{ADSL2+} = 3000 \times 0,4 = 1200 \text{ ADSL2+}$$

З огляду на, що залишилася ємність це лінії SHDSL, то тоді:

$$N_{SHDSL} = N - N_{AAL} - N_{ADSL2+} = 3000 - 1050 - 1200 = 750$$

Слід врахувати, що для організації ліній ЦАЛ ADSL2 + не обходимо організувати ще N_{ADSL2+} аналогових абонентських ліній, на яких будуть організовуватися ADSL2 +. Тому, кількість підключаються ААЛ дорівнюватиме:

$$N_{\Sigma AAL} = N_{AAL} + N_{ADSL2+AAL} = 1050 + 1200 = 2250 \text{ ААЛ}$$

3. Розрахунок кількості периферійних плат POTS для підключення ААЛ виконується з урахуванням того, що кожна плата дозволяє підключити 64 ААЛ $n_{POTS} = 64 \text{ ААЛ}$:

$$n_{POTS} = \frac{N_{\Sigma AAL}}{64} = \left\lceil \frac{2250}{64} \right\rceil = 36.$$

4. Кількість периферійних плат SGN виконується з урахуванням того, що кожна плата дозволяє підключити 48 портів універсальних ЦАЛ ADSL2+ $n_{SGN} = 48 \text{ ADSL2+}$:

$$n_{SGN} = \frac{N_{ADSL2+}}{48} = \left\lceil \frac{1200}{48} \right\rceil = 25.$$

5. Кількість периферійних плат SGM виконується з урахуванням того, що кожна плата дозволяє підключити 32 порту ЦАЛ SHDSL $n_{SGM} = 32 \text{ SHDSL}$:

$$n_{SGM} = \frac{N_{SGM}}{32} = \left\lceil \frac{750}{32} \right\rceil = 24.$$

6. Для розрахунку необхідної кількості вузлів IP / DSLAM / BAN необхідно визначити загальну кількість периферійних плат для підключення всіх видів ліній (ААЛ, ADSL2+, SHDSL):

$$n_{\Sigma \text{ пер плат}} = n_{POTS} + n_{SGN} + n_{SGM} = 36 + 25 + 24 = 85$$

7. Для визначення кількості вузлів IP/DSLAM/BAN необхідно визначитися з конфігурацією вузла з резервуванням або без. У разі конструкції IP/DSLAM/BAN:

– без резервування 20 монтажних позицій IP/DSLAM/BAN використовуються наступним чином, одна плата агрегує комутатора EAS і 19 плат для периферійних плат;

– з резервуванням 20 монтажних позицій IP/DSLAM/BAN використовуються наступним чином, дві плати агрегує комутатора EAS і 18 плат для периферійних плат.

Тоді за умови розміщення периферійних плат в конструкції:

– без резервування

$$n_{IP/DSLAM/BAN} = \frac{n_{\Sigma \text{ пер плат}}}{19} = \left\lceil \frac{85}{19} \right\rceil = 5$$

– з резервуванням

$$n_{IP/DSLAM/BAN} = \frac{n_{\Sigma \text{ пер плат}}}{18} = \left\lceil \frac{85}{18} \right\rceil = 5$$

Примітка. Уточнити, що розміщення плат в IP / DSLAM / BAN виконується наступним чином, половина ААЛ, половина ADSL2 + або SHDSL.

5.11 Розробка функціональної схеми ПкСК SI-3000

Модуль BAN – це модуль широкосмугового доступу, класичний DSLAM, який включається в мережу передачі даних за допомогою інтерфейсів ATM, що базуються на технологіях SDH, оптичного інтерфейсу STM-1 і інтерфейсу E1 з інверсним мультиплексуванням ATM (Inverse Multiplexing ATM-IMA). Оптичний інтерфейс забезпечує 155 Мбіт/с, а інтерфейс E1/IMA $n \times 2$ Мбіт/с (максимально 16 Мбіт/с), де n – число використаних інтерфейсів E1.

Модуль BAN ємністю 240 ліній ADSL, телефонні послуги для яких забезпечуються за допомогою модуля MLC. Містить 16 плат і сполучну плату з ATM (2×1.2 Гбіт / с). У секцію встановлюються наступні плати:

- абонентські плати з ADSL і g.SHDSL (всього 15 плат по 16 ЦАЛ ADSL),
- керуюча плата – плата процесора;
- плата STM-1 з мережевим інтерфейсом ATM 155 Мбіт / с;

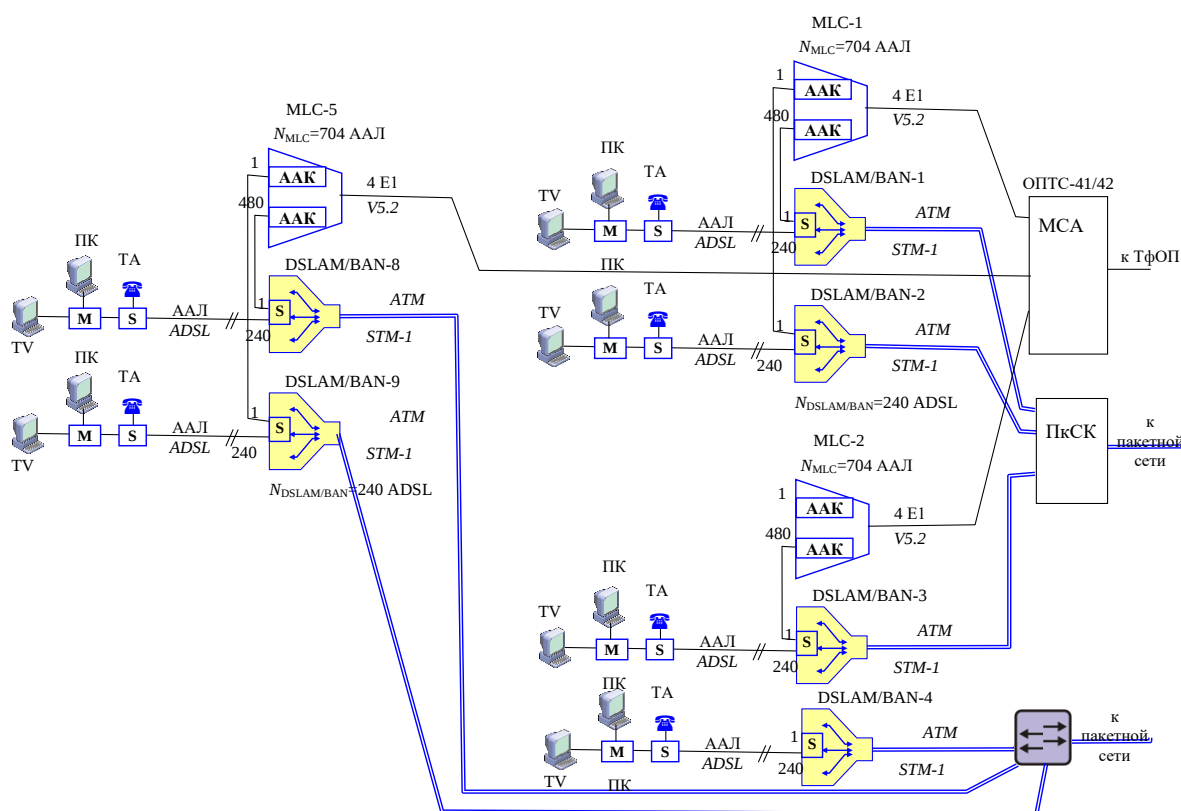


Рисунок 5.24 – Підключення модулів BAN

- плата 8 E1 / IMA з інтерфейсом ATM 8×2Мбіт / с.
- плата Fast Ethernet.
- управляється від MN.

IP/DSLAM/BAN об'єднує різні технології доступу DSL на одній і тій же апаратній платформі і дозволяє здійснювати підключення до мереж передачі даних/IP-мереж через Fast Ethernet або Gigabit Ethernet (або по інтерфейсах E1/IMA, STM-1 або ATM/Ethernet) (рис. 5.25).

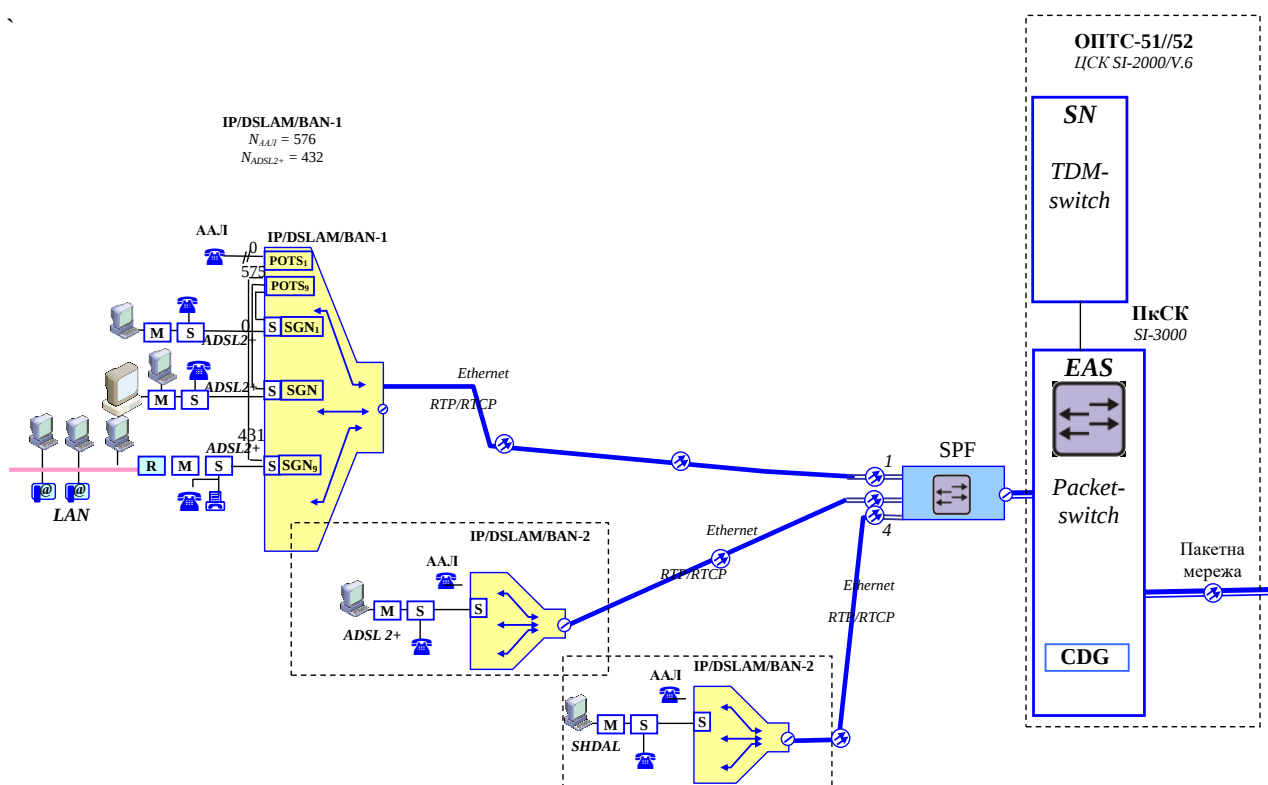


Рисунок 5.25 – Підключення модулів IP/DSLAM/BAN

Розглянути склад обладнання ПКСК MSAN (Switch Access Node) – мультисервисного вузла комутації і доступу:

- в MSAN використовується технологія внутрішньої мережі Gigabit Ethernet, для передачі трафіку і взаємозв'язку плат (48 Гбіт/с);
- плата агрегує комутатора Ethernet EAS з пропускною спроможністю 64 Мбіт/с забезпечує міжплатним з'єднання всіх плат зі швидкістю до 100 Мбіт / с або 1 Гбіт/с. Плата містить 3-4 інтерфейсу мережі Gigabit Ethernet,
- плата доступу POTS на 64 ААЛ (стик Z) містить медіа-шлюз і шлюз,

– плата абонентського шлюзу доступу AG на 32 E1 для підключення до комутатору каналів SN, містить медіа-шлюз для забезпечення перетворення мови TDM в цифрові аудіопакети RTP і шлюз сигналізації для перетворення сигналізації V5.2 в сигналізації мереж IP (MGCP, H.323); плата підключається до мережі TDM 32 трактами E1 інтерфейсом V5.2, а до мережі IP двома інтерфейсами GbE.

– плата SFP Fiber FE (FTTH Ethernet) забезпечує підключення 12 або 24 (для плати подвійної ширини) оптичних інтерфейсу FE (100/1000 Base-FX) і підключається за двома інтерфейсам 1000 Base-T до комутатора EAS;

– плата SFP Fiber GE (FTTH Ethernet) забезпечує підключення 10 або 20 (для плати подвійної ширини) оптичних інтерфейсу GE (1000 Base-FX) і підключається за двома інтерфейсам 1000 Base-T до комутатора EAS;

– плата iCS інтегрованого комутатора (Call Server), поєднує в собі також функції комутатора каналів TDM і медіа-шлюзу; програмного комутатора Softswitch класу 5 підтримує протоколи управління медіа-шлюзами (MGCP), сигналізаціями TDM (OKC-7, TCK, V5.2).

Функціональність медіа-шлюзу підтримують різні кодеки. Плата має модульну побудову і складається з комутатора TDM на 32 E1, комутатора Ethernet і монтажних позицій для плат DSP.

– плата SM – сигнальна і медіа-плата, має 32 тракту E1, для підключення вузлів доступу TDM (V5.2), до складу плати входить медіа-шлюз і шлюз сигналізації, підтримує всі види сигналізації для мереж з комутацією каналів і пакетів (CKC -7, V5.2, DSS1, MGCP, H.248, SIP-T, управління платою за протоколом MGCP / H.323, з'єднання з мережею доступу по 1 GbE MGCP. Плата масштабується по 8 E1.

– плата CS – програмного комутатора, класу 5 підтримує протоколи управління медіа-шлюзами MGCP, протоколи SIP, H.323, H.248.

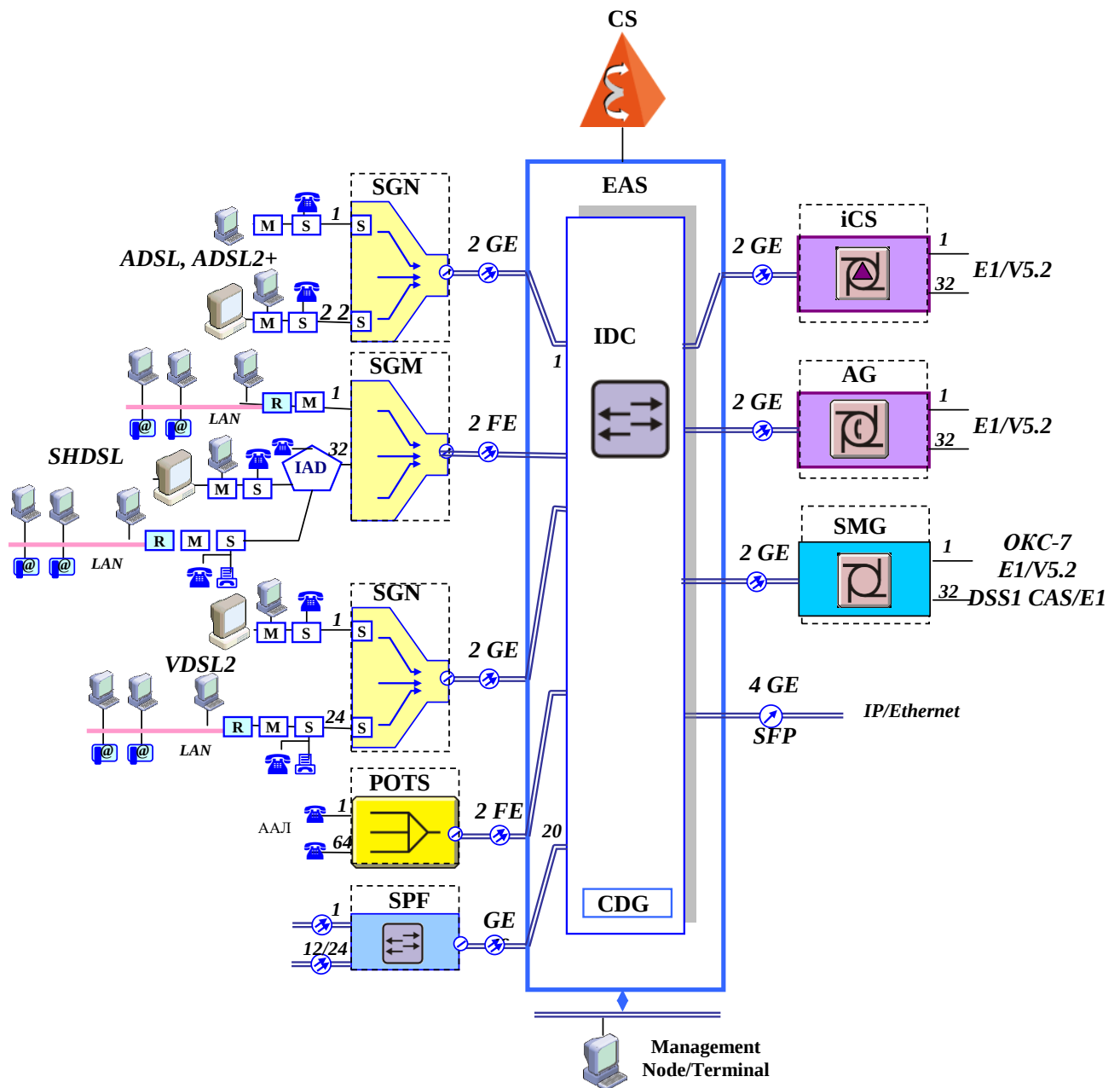


Рисунок 5.26 – Функціональна схема SI-3000

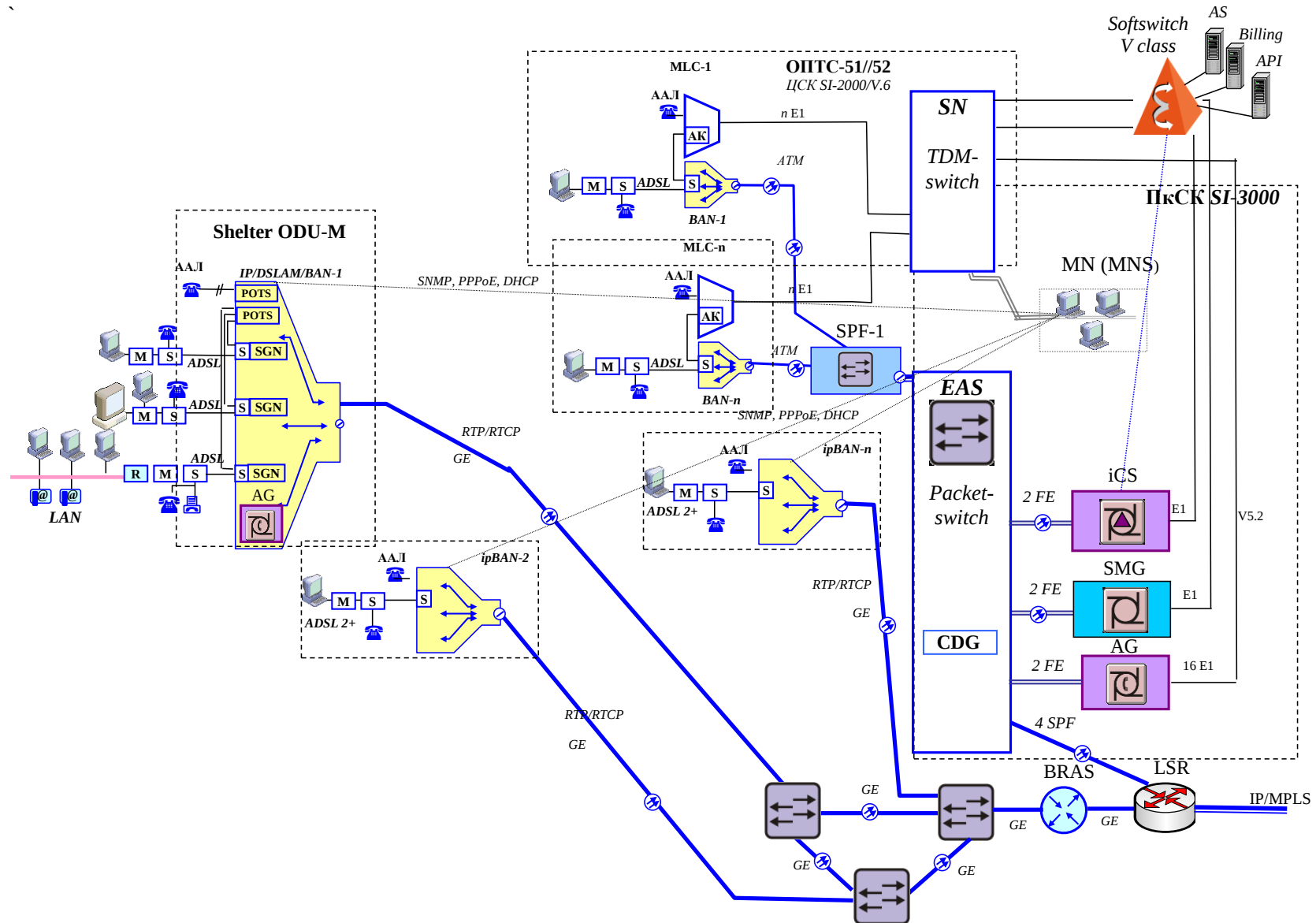


Рисунок 5.27 – Розширена функціональна схема SI-3000

6 ЗАВДАННЯ-ТЕСТИ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ І ВМІНЬ

6.1 Завдання-тести для перевірки знань з обов'язкової частини програми

Обведіть номер правильної відповіді

1 Цифрова система комутації (ЦСК) має модульну побудову і розподілену архітектуру та складається з ОпО, ВКМ і ВАМ, які функціонально можуть бути самостійними станціями, але залежать від ОпО:

- а) функціями керування;*
- б) функціями технічного обслуговування та експлуатації;*
- в) функціями електроживлення .*

2 Виносні абонентські модулі ЦСК застосовуються:

- а) для зменшення обсягу обладнання опорної станції;*
- б) для зменшення витрат на міжстанційні ЗЛ;*
- в) для зменшення витрат на мережу АЛ;*
- г) для збільшення номерної ємності мережі.*

3 Аналогові абонентські модулі ЦСК призначені для:

- а) підімкнення ААЛ;*
- б) відімкнення ЦАЛ;*
- в) прийому адресної інформації;*
- г) видачі інформаційних сигналів.*

4 До абонентських модулів ЦСК можуть підключатися аналогові та цифрові абонентські лінії зі стиками:

- а) стиком S;*
- б) стиком Z;*
- в) стиком U.*

5 Функції BORSCHT виконує:

- а) абонентський термінал;*
- б) мережне закінчення NT;*
- в) лінійне закінчення LT;*
- г) абонентський комплект.*

6 Вкажіть кінцеві пристрої, які можуть підключаються до аналогового абонентського модуля:

- а) інтегральні термінали;*
- б) телефони;*
- в) таксофони;*
- г) модеми з телефонним способом встановлення з'єднання.*

7 Вкажіть типи абонентських ліній, які можуть підключатися до широкосмугового абонентського модуля DSLAM:

- а) аналогові абонентські лінії;*
- б) цифрові абонентські лінії базового доступу $2B+D_{16}$;*
- в) цифрові високошвидкісні лінії асиметричного доступу ADSL;*
- г) цифрові високошвидкісні лінії симетричного доступу SDSL.*

8 Вкажіть кінцеві пристрої, які необхідні абоненту для підключення цифрової абонентської лінії ADSL:

- а) сплітер;*
- б) телефон;*
- в) модем;*
- г) комп'ютер.*

9 Яка ємність цифрового комутаційного поля ПКС ЦСК «Квант-Е»:

- а) 8×8 ГТ Е1;*
- б) 32×32 ГТ Е1;*
- в) 32×32 та 128×128 ГТ Е1.*

10 У якому КІ передається пакет ВССК між контролером АМ і ЗПКС ПКС ЦСК «Квант-Е»:

- а) KI-31;*
- б) KI-0;*
- в) KI-16.*

11 Скільки модулів ЦЗЛ використовується для кожного тракту E1 у зовньому напрямку

- а) один;*
- б) два;*
- в) чотири.*

12 Яка ємність цифрового комутаційного поля МСА ЦКСІ-2000/V.5:

- а) 32×32 ГТ E1;*
- б) 256×256 ГТ E1;*
- в) 256×256 та 480×480 ГТ E1.*

13 На скільки трактів типу E1 розрахована плата TPE модуля MLC ЦСК SI-2000/V.5 :

- а) один;*
- б) два;*
- в) чотири.*

14 Пункт присутності Інтернет ІРОР призначений для організації доступу до мережі Інтернет:

- а) широкосмугового доступу;*
- б) високошвидкісного доступу;*
- в) комутованого доступу dial-up.*

15 Які сигнали необхідні для встановлення, контролю та руйнування з'єднання:

- а) лінійні та керуючі сигнали;*
- б) лінійні сигнали;*
- в) керуючі сигнали.*

16 Сигнали, які інформують абонента про етапи встановлення з'єднання (ВС, ПВ, З, КПВ), це:

- а) інформаційні сигнали;*
- б) лінійні сигнали;*
- в) сигнали керування.*

17 Сигнали, які відмічають етапи встановлення з'єднання і дії абонента (зайняття, відбою, роз'єднання), це:

- а) інформаційні сигнали;*
- б) лінійні сигнали;*
- в) сигнали керування.*

18 Сигнали, які використовуються для передачі адресної інформації, це:

- а) інформаційні сигнали;*
- б) лінійні сигнали;*
- в) сигнали керування.*

Встановіть відповідність

19 Аналоговий абонентський модуль БАЛ ЦСК «Квант-Е»:

- | | |
|--|--|
| 1 Ємність БАЛ | <i>а) 256 ААЛ</i> |
| 2 ПЧК БАЛ має параметри | <i>б) 32 ААК</i> |
| 3 Кількість АК на одному ТЕЗі ААК | <i>в) 32 ААЛ</i> |
| 4 Кількість ГТ в ПЧК БАЛ для підключення ТЕЗів АК | <i>г) 128 ААЛ</i> |
| 5 У якому ТЕЗі БАЛ виконується аналого-цифрове перетворення | <i>д) $32 \times 32 \times 8$</i> |
| 6 Для надсилення абоненту інформаційного сигналу «Відповідь станції» у БАЛ використовується | <i>е) 8 ГТ</i> |
| 7 Скільки ГТ використовується для підключення БАЛ до ПКС | <i>ж) ТЕЗ ДГН</i> |
| 8 Який пристрій БАЛ приймає цифри абонентського номеру від тастатурного номеронабирача <i>DTMF</i> | <i>з) 16 ААК</i> |
| 9 Який пристрій БАЛ приймає цифри абонентського номеру від дискового номеронабирача абонента ДКШІ | <i>и) $8 \times 32 \times 8$</i> |
| | <i>к) 6 ГТ</i> |
| | <i>л) 8 ААК</i> |
| | <i>м) ТЕЗ ААК</i> |
| | <i>н) ТЕЗ ЦП</i> |
| | <i>о) ЦГТС</i> |
| | <i>п) ААК</i> |
| | <i>р) 2 ГТ</i> |
| | <i>с) 1 ГТ</i> |

20 Лінійний модуль MLC ЦСК SI-2000/V/5 має характеристики:

- | | |
|---|-----------------------------|
| 1 Ємність лінійного модуля MLC при підключенні тільки ААЛ становить | а) 352 ААЛ |
| 2 Ємність лінійного модуля MLC при підключенні тільки ЦАЛ 2В+D ₁₆ | б) 8 ААК |
| 3 На одній платі SAC розміщується ААК | в) 352 ЦАЛ |
| 4 Ємність ПЧК модуля MLC SWC становить | г) 16×16 трактів 16 Мбіт/с |
| 5 Для надсилання абоненту сигналу «Відповідь станції» у лінійному модулі MLC використовується | д) HDLC |
| 6 Скільки трактів Е1 використовується для підімкнення модуля MLC до комутаційного поля МСА | е) 8×8 трактів 16×16 Мбіт/с |
| | ж) 1 ГТ Е1 |
| | з) 704 ААЛ, |
| | і) 256 ЦАЛ |
| | к) 3 ГТ Е1 |
| | л) SAC |
| | м) 32 ААК |
| | н) 2 ГТ Е1 |
| | о) 4 ГТ Е1 |
| | п) 256 ААЛ |
| | р) 32×32 трактів 16 Мбіт/с |
| | с) 16 ААК |
| | т) DSP |

Доповніть твердження

21 Цифрова система комутації (ЦСК) має модульну побудову та розподілену архітектуру та складається з _____

22 На цифровій МТМ цифрові станції з'єднуються між собою наступним _____ типом _____ ЦЗЛ

23 Для зв'язку з АМТС використовуються ЗЛ _____

24 Аналоговий абонентський комплект виконує функції _____ для аналогових абонентських ліній.

25 Який КІ групового тракту типу E1 використовується для передачі сигнальної інформації

26 Для передачі корисної інформації у ГТ типу E1 використовується _____ канальних інтервалів.

27 Сигналізація, яка забезпечується на ділянці від абонента до станції, це- _____ сигналізація.

28 Сигналізація, яка забезпечується між керуючими приладами між модулями системи, - це _____ сигналізація.

29 Сигналізація, яка забезпечує обмін між станціями, це- _____ сигналізація.

30 Вкажіть типи сигналізації при взаємодії ЦСК з АТСК-У та ДК АТС _____.

6.2 ЗАВДАННЯ-ТЕСТИ

для перевірки знань і вмінь з більш поглибленого вивчення програми

1 Які мережні функції може виконувати обладнання ЦСК:

- а) ОПС, ОПТС, ТС;*
- б) АМТС;*
- в) ЦКМЗ;*
- г) Call-центр;*
- д) SSP.*

2 Вкажіть типи лінійних стиків, які повинна забезпечувати ЦСК

—.

3 Вкажіть які функціональні підсистеми ЦСК є обов'язковими

—.

4 Який тип побудови комутаційного поля використовується в сучасних ЦСК:

- а) Ч-П-Ч;*
- б) $Ч_n$;*
- в) $Ч_n$ -П- $Ч_n$.*

5 Які типи абонентських модулів має ЦСК «Квант-Е»:

- а) аналоговий абонентський модуль;*
- б) цифровий абонентський модуль;*
- в) широкосмуговий абонентський модуль;*
- г) безпроводний абонентський модуль.*

6 Які типи абонентських модулів має ЦСК SI-2000/V.5:

- а) аналоговий абонентський модуль;*
- б) цифровий абонентський модуль;*
- в) широкосмуговий абонентський модуль;*
- г) безпроводний абонентський модуль.*

7 Яку швидкість передачі даних забезпечує цифрова високошвидкісна абонентська лінія *ADSL*:

- а) до 1 Мбіт/с у висхідному потоці та до 8 Мбіт/с у низхідному;
- б) до 8 Мбіт/с у висхідному потоці та до 1 Мбіт/с у низхідному;
- в) до 2 Мбіт/с у висхідному потоці та до 2 Мбіт/с у низхідному.

8 Які функції виконує *DSLAM*

9 Який інтерфейс з пакетною транспортною мережею має *DSLAM BAN* ЦСК *SI-2000/V.5*:

- а) *STM-1/ATM*;
- б) *STM-1/Ethernet*;
- в) *STM-1/E1/IMA*.

10 Яка функція *BORSCHT* виконується в ААК при знятті абонентом мікротелефонної слухавки ТА:

- а) С;
- б) S;
- в) Т.

11 За скільки циклів передається пакет ВССК при п'ятизнаковій нумерації:

- а) 32;
- б) 16;
- в) 8.

12 Які дані містить пакет ВССК:

- а) номер ТА-А, ТА-Б, зарезервованого КІ і ГТ;
- б) номер ТА-А і ТА-Б;
- в) номер ТА-Б і номер зарезервованого КІ і ГТ.

13 Який пристрій абонентського модуля ЦСК «Квант-Е» виконує діагностику АК:

- а) ТЕЗ АК;*
- б) ТЕЗ ДГН;*
- в) ТЕЗ ЦП.*

14 Для прийому адресної інформації DTMF у лінійному модулі MLC ЦСК SI-2000/V.5 використовуються:

- а) HDLC;*
- б) DSP;*
- в) SAC.*

15 Які пристрої у комутаційному полі MCA ЦСК SI-2000/V.5 приймають і видають інформацію BCCK каналом IPC:

- а) HDLC;*
- б) DSP;*
- в) TS.*

16 Який пристрій у комутаційному модулі MCA ЦСК SI-2000/V.5 відповідає за тарифікацію:

- а) CVC;*
- б) DVA;*
- в) HDLC.*

17 Які градації ємності (шаг нарощування) комутаційного поля MCA ЦСК SI-2000/V.5

18 Блок просторово-часової комутації (БПЧК) ЦСК працює у режимі керування по входах, які дані повинні бути записані і в яку клітину пам'яті АЗП для комутації:

- а) адреса клітини пам'яті АЗУ відповідає номеру вхідного КІ та ВхЦЛ, а дані – БК та номеру вихідного КІ та ВЦЛ;*
- б) адреса клітини пам'яті АЗУ відповідає номеру вихідного КІ ВЦЛ, а дані – БК та номеру вхідного КІ ВхЦЛ.*

19 Блок просторово-часової комутації (БПЧК) ЦСК трикаскадний, вкажіть принцип керування на каскадах Ч та Ч' для ЦКП Ч-П-Ч':

- а) Ч – по входах, Ч' – по виходах;
- б) Ч – по виходах, Ч' – по входах.

20 Цифрове комутаційне поле комутації пакетів *ATM-switch* комутує комірки з окремою маршрутизацією кожної комірки на основі адресних даних її заголовка:

- а) 53 байти (5 – заголовок, 48 – інформація);
- б) 64 байти (4 – заголовок, 60 – інформація);
- в) 128 байтів (64 – заголовок, 64 – інформація).

21 Керування цифровою системою комутації може бути::

- а) повністю централізованим;
- б) децентралізованим;
- в) ієрархічним.

22 Для сигналізації по 2 ВСК використовуються СК-1,2, які знаходяться::

- а) в КІ-16;
- б) в КІ-0;
- в) в КІ-1-15, 17-31.

23 Сигналізація по спільному каналу СКС-7 може обслуговувати до

- а) 30 інформаційних каналів;
- б) до 100 інформаційних каналів;
- в) до 2000 інформаційних каналів.

24 Сигналізація DSSI застосовується:

- а) у напрямках між цифровими та аналоговими станціями мережі;
- б) у аналогових абонентських лініях;
- в) у каналах В цифрових абонентських ліній;
- г) у каналах D цифрових абонентських ліній.

Доповніть твердження:

25 Яке обладнання необхідне на ЦСК для організації широкосмугового доступу

_____.

26 Яке обладнання необхідне на ЦСК для організації безпроводового доступу _____ технології DECT _____.

27 Яке обладнання необхідне на ЦСК для організації доступу користувачів _____ до _____ Інтелектуальної мережі _____.

28 Яке обладнання необхідне на ЦСК для організації комутованого доступу _____ до _____ Інтернет _____.

29 Яке обладнання необхідне на ЦСК для організації технічної експлуатації _____ та _____ обслуговування _____.

30 Технічне обслуговування ЦСК яке здійснюється у разі перевищення встановленого для системи припустимого рівня помилок і збоїв називається _____, технічне обслуговування ЦСК яке здійснюється періодично за планом з метою виявлення і усунення пошкоджень _____ називається _____.

6.3 ЗАВДАННЯ-ТЕСТИ

для перевірки знань і вмінь для ректорської та галузевих перевірок

1 Цифрова система комутації (ЦСК) має модульну побудову і розподілену архітектуру та складається з ОпО, ВКМ і ВАМ, які функціонально можуть бути самостійними станціями, але залежать від ОпО:

- а) функціями керування;*
- б) функціями технічного обслуговування та експлуатації;*
- в) функціями електроживлення .*

2 Опорне обладнання (ОпО) ЦСК з'єднується зі своїми ВКМ і ВАМ цифровими з'єднувальними лініями:

- а) двобічної дії;*
- б) обддднобічної дії.*

3 Виносні абонентські модулі ЦСК застосовуються:

- а) для зменшення обсягу обладнання опорної станції;*
- б) для зменшення витрат на міжстанційні ЗЛ;*
- в) для зменшення витрат на мережу АЛ;*
- г) для збільшення номерної ємності мережі.*

4 Аналогові абонентські модулі ЦСК призначені для:

- а) підключення ААЛ;*
- б) підключення ЦАЛ;*
- в) прийому адресної інформації;*
- г) видачі інформаційних сигналів.*

5 Для зв'язку з АМТС від ЦСК використовуються ЗЛ:

- а) ЗЗЛ;*
- б) ЗЛМ;*
- в) ЗЗЛ та ЗЛМ.*

6 Для зв'язку з ВСС використовуються ЗЛ:

- а) двобічної дії;*
- б) однобічної дії.*

7 Функції *BORSCHT* виконує:

- а) абонентський термінал;*
- б) мережне закінчення NT;*
- в) лінійне закінчення LT;*
- г) абонентський комплект.*

8 До абонентських модулів ЦСК можуть підключатися аналогові та цифрові абонентські лінії. Вкажіть якими стиками:

- а) стиком S;*
- б) стиком Z;*
- в) стиком U.*

9 Яким чином передається адресна інформація від тастатурного номеронабирача ТА абонента по ААЛ:

- а) ДКШІ;*
- б) DTMF;*
- в) ДКШІ та DTMF.*

10 Груповий тракт (ГТ) – це:

- а) вхідна цифрова лінія;*
- б) вихідна цифрова лінія;*
- в) вхідна та вихідна цифрові лінії.*

11 Що передається в КІ-16 групового тракту типу Е1:

- а) синхронізація;*
- б) сигналізація;*
- в) корисні кодові слова.*

12 Скільки КІ використовується для передачі корисної інформації у ГТ типу Е1:

- а) 32;*
- б) 30;*
- в) 16.*

13 Аналоговий абонентський модуль БАЛ ЦСК «Квант-Е» має ємність:

- а) 256 ААЛ;*
- б) 128 ААЛ;*
- в) 32 ААЛ.*

14 ПЧК абонентського модуля БАЛ ЦСК «Квант-Е» має параметри:

- а) $32 \times 32 \times 8$;*
- б) $8 \times 32 \times 8$;*
- в) $32 \times 8 \times 8$.*

15 Яка кількість аналогових АК розміщується на одному ТЕЗі АК для ЦСК «Квант-Е»:

- а) 32;*
- б) 16;*
- в) 8.*

16 Аналоговий абонентський комплект виконує функції _____ для аналогових абонентських ліній.

17 У якому ТЕЗі абонентського модуля виконується аналого-цифрове перетворення:

- а) ТЕЗ АК;*
- б) ТЕЗ ДГН;*
- в) ТЕЗ ЦП.*

18 Для надсилання абоненту інформаційного сигналу «Відповідь станції» у абонентському модулі ЦСК «Квант-Е» використовуються:

- а) цифровий приймач;*
- б) цифровий генератор тональних сигналів;*
- в) абонентський комплект.*

19 Яка ємність цифрового комутаційного поля ПКС ЦСК «Квант-Е»:

- а) 8×8 ГТ Е1;*
- б) 32×32 Гт Е1;*
- в) 32×32 та 128×128 ГТ Е1.*

20 Скільки трактів типу Е1 використовується для підключення абонентського модуля БАЛ ЦСК «Квант-Е» до ПКС:

- а) два;*
- б) один;*
- в) чотири.*

21 У якому КІ передається пакет ВССК між контролером АМ і ЗПКС ПКС

- а) 31;*
- б) 0;*
- в) 16.*

22 Вкажіть ємність лінійного модуля МLC ЦСК SI-2000/V.5 при підключенні тільки ААЛ:

- а) 352 ААЛ;*
- б) 704 ААЛ;*
- в) 256 ААЛ.*

23 Скільки ААК розміщується на одній платі ААК SAC ЦСК SI-2000/V.5:

- а) 8;*
- б) 16;*
- в) 32.*

24 Яка ємність цифрового комутаційного поля МСА ЦКСI-2000/V.5:

- а) 32×32 ГТ Е1;*
- б) 256×256 ГТ Е1;*
- в) 256×256 та 480×480 ГТ Е1.*

25 Яка сукупність сигналів забезпечує встановлення, контроль та руйнування з'єднання:

- а) лінійних та керуючих сигналів;*
- б) лінійних сигналів;*
- в) керуючих сигналів.*

26 Які інформаційні сигнали одержує абонент в процесі встановлення з'нання

27 Сигналізація, яка забезпечується на ділянці від абонента до станції,- це _____ сигналізація.

28 Сигналізація, яка забезпечується між керуючими приладами між модулями системи, це _____ сигналізація.

29 Сигналізація, яка забезпечує обмін між станціями, - це _____ сигналізація.

30 Які послуги може мати абонент цифрової системи комутації, включений аналоговою абонентською лінією

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АК	– абонентський комплект індивідуальний,
АЦК	– абонентський цифровий комплект,
БАЛ	– блок абонентських ліній,
БАЛ-Ц	– блок абонентських ліній цифровий,
БС	– базова станція,
БЧК	– багаточастотний код „2 з 6”,
ВАМ	– виносний абонентський модуль,
ВКМ	– виносний комутаційний модуль,
ВЦЛ	– вихідна лінія цифрова,
ВССК	– внутрішньосистемний сигнальний канал,
ВхЦЛ	– вхідна лінія цифрова,
ГВС	– генератор викликуваного сигналу,
ГТ	– груповий тракт,
ДГН	– комплект діагностики,
ЗПКС	– запам'ятовуючий пристрій комутації та сигналізації,
КБС	– контролер базових станцій,
КІ-16	– канальний інтервал – 16
КС-8а	– контролер,
МБС	– мультіплексор БС,
МК-К7Л	– мікроконтролер внутрішньосистемної сигналізації,
МТЕ	– модуль технічної експлуатації,
ОПС	– опорна станція
ПАРБ	– переносний абонентський радіоблок,
ПКС	– пристрій комутації та спряження,
ПЛМ	– програмно-логічна матриця,

ПСС	– пристрій сигналізації та синхронізації,
ПЧК	– просторово-часовий комутатор,
РБС	– ретранслятор БС,
РМО	– робоче місце оператора,
СКС-7	– спільноканальна сигналізація,
СКС-М	– модуль синхронізації комутаційної системи,
ТАРБ	– термінальний АРБ,
ЦАК	– цифровий абонентський комплект,
ЦГТС	– цифровий генератор тональних сигналів,
ЦП	– цифровий приймач,
ЦЗЛ	– цифрова з'єднувальна лінія,
ЦМІО	– цифрова мережа інтегрального обслуговування,
ЦП	– цифровий приймач,
ЦТЕ	– центр технічної експлуатації.
ША та К	– шина адрес та керування,
<i>ADSL</i>	<i>Asymmetric Digital Subscriber Line</i> – асиметрична цифрова абонентська лінія,
<i>AN</i>	<i>Access Node</i> – вузол доступу,
<i>AN-BB</i>	<i>Broadband Access Node</i> – широкосмуговий вузол доступу,
<i>AN-NB</i>	<i>Narrowband Access Node</i> – вузькосмуговий вузол доступу,
<i>AN-WLL</i>	<i>WLL Access Node</i> – вузол безпроводового доступу,
<i>ATM</i>	<i>Asynchronous Transfer Mode</i> – асинхронний принцип передачі,
<i>BAN</i>	<i>Broadband Access Node</i> – широкосмуговий вузол доступу,
<i>BRI</i>	<i>Base Rate Interface</i> – інтерфейс базового доступу (2B+D),
<i>DECT</i>	<i>Digital Enhanced Cordless Telecommunication</i> – цифровий удосконалений безпроводовий зв'язок,
<i>DSLAM</i>	<i>Digital Subscriber Line Access Module</i> – модуль доступу по цифрових абонентських лініях
<i>DSS1</i>	<i>Digital Subscriber Signalling</i> – цифрова абонентська сигналізація,

System N 1

<i>HDLC</i>	<i>High level Data Link Controller</i>	– протокол обробки комунікаційні протоколів,
<i>IN</i>	<i>Intelligent Network</i>	інтелектуальна мережа,
<i>IP</i>	<i>Internet protocol</i>	– Інтернет-протокол,
<i>IPoP</i>	<i>Integrated Point of presence IP</i>	– вузол входу до мережі <i>Internet</i> ,
<i>ISDN</i>	<i>Integrated Services Digital Network</i>	– цифрова мережа з інтеграцією служб загального користування,
<i>ISDN-BA</i>	<i>ISDN basic access</i>	– базовий доступ до <i>ISDN</i> ,
<i>ISDN-PA</i>	<i>ISDN primary rate access</i>	– первинний доступ до <i>ISDN</i> ,
<i>miniAN</i>	<i>mini Access Node</i>	малий вузол доступу,
<i>miniSAN</i>	<i>mini Switch and Access Node</i>	малий вузол комутації та доступу,
<i>MLC</i>	<i>Line Module version C</i>	апаратне представлення вузла доступу,
<i>MN</i>	<i>Management Node</i>	– вузол керування,
<i>NT</i>	<i>Network termination</i>	– мережне закінчення,
<i>SAC</i>	<i>Subscriber Analog Board</i>	– абонентська плата для 32 портів підімкнення ААЛ,
<i>SAN</i>	<i>Switch and Access Node</i>	– вузол комутації і доступу,
<i>SBA</i>	<i>Subscriber Board A</i>	– абонентська плата для 16 чотирипроводових інтерфейсів типу <i>S</i> ,
<i>SBB</i>	<i>Subscriber Board</i>	– абонентська плата для 16 інтерфейсів базового доступу <i>ISDN</i> ,
<i>SBC</i>	<i>Subscriber Board</i>	– абонентська плата (ТЭЗ) для 16 двопроводових інтерфейсів типу <i>U</i> ,
<i>SN</i>	<i>Switch Node</i>	– вузол комутації,
<i>TAA</i>	<i>Analogue Trunk Line, A</i>	– плата для 16 двопроводових ФЗЛ інтерфейсів типу <i>C₂₂</i> ,
<i>TAB</i>	<i>Analogue Trunk Line, B</i>	– плата для 8 АЗЛ каналів СП ЧРК інтерфейсів типу <i>C₂₂</i> ,

<i>TCP/IP</i>	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i>	– протокол керування передачею/протокол Інтернету,
<i>V5</i>	<i>ETSI standard access interface</i>	– стандартний інтерфейс мережі доступу,
<i>VoIP</i>	<i>Voice over Internet Protocol</i>	– передача мовлення Інтернетом,
<i>WWW</i>	<i>World Wide Web</i>	– всесвітня павутина, інтерактивна інформаційна система мережі Internet.
<i>xDSL</i>	<i>Digital Subscriber Line</i>	– цифрова абонентська лінія, де <i>x</i> – вид технологій високошвидкісних ліній <i>DSL</i> ,

ЗМІСТ

1 ПЕРЕДМОВА	3
2 ОЧІКУВАНІ КОМПЕТЕНТНОСТІ, ЯКІ ПЛАНУЄТЬСЯ СФОРМУВАТИ ТА ДОСЯГНЕННЯ ПРОГРАМНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ.	5
3 ЗАПЛАНОВАНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ ЗА НАВЧАЛЬНОЮ ДИСЦИПЛІНОЮ.	8
4 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ.	10
5 КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ.	12
6 ЗАВДАННЯ-ТЕСТИ ДЛЯ ПЕРЕВІРКИ ЗНАНЬ І ВМІНЬ	56
6.1 Завдання-тести для перевірки знань і вмінь з обов’язкової частини програми.	56
6.2 Завдання-тести для перевірки знань і вмінь з більш поглибленого вивчення програми.	77
6.3 Завдання-тести для перевірки знань і вмінь для ректорської та галузевих перевірок	83
ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	87
Додаток А. Проєктування мультисервісної мережі.	92
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	97

ДОДАТОК А. ПРОЕКТУВАННЯ МУЛЬТИСЕРВІСНОЇ МЕРЕЖІ

Фрагмент міської телефонної мережі (МТМ) містить три вузлових райони (ВР). Цифровий вузловий район ЦВР-5 побудований на базі цифрової системи комутації (ЦСК) типу «Квант-Е», яка складається з опорно-транзитного обладнання (ОПТС) ОПТС-755 ємністю $N_{\text{ОПТС-755}}$, двох виносних комутаційних модулів (ВКМ) ємностями $N_{\text{ВКМ-1}}$, $N_{\text{ВКМ-2}}$ і трьох виносних абонентських модулів (ВАМ) ємністю $N_{\text{ВАМ-1}}$, $N_{\text{ВАМ-2}}$, $N_{\text{ВАМ-3}}$. Аналого-цифровий вузловий район ЦВР-4 побудований на базі ЦСК SI-2000/V.5 і складається з ОПТС-746 ємністю $N_{\text{ОПТС-746}}$ і двох РАТС-63 і РАТС-68 (ємністю N_{63} і N_{68}). Станції частково демонтовані за рахунок встановлених в їх приміщенні опорно-транзитних станцій (ОПС) ємністю $N_{\text{ОПС-746/5-6}}$ і $N_{\text{ОПС-746-7}}$.

Цифровий вузловий район ЦВР-2 побудований на ЦСК SI-2000/V.5 і складається з ОПТС-722 ємністю $N_{\text{ОПТС-722}}$ і двох ОПС ємністю $N_{\text{ОПС-726}}$ і $N_{\text{ОПС-723}}$. В обласному центрі діє зона АМТС (код зони нумерації 0-BC) типу EWSD/V.15.

При АМТС організований пункт комутації інтелектуальних послуг SSP (Service Switching Point) (план нумерації 0-800-xxxxxx, 0-900-xxxxxx). На МТМ функціонує центр обслуговування викликів (ЦОВ) до спецслужб Call-center, реалізований на обладнанні SI-2000/V.5 ОПТС-722, який забезпечує доступ до екстрених (1-xx), рекомендованих (17-xx) і довідково-інформаційних службам (15-xx).

Частка квартирних абонентів становить $K_{\text{ц}}$ від ємності станції. Частка абонентів з доступом до пункту інтелектуальних послуг SSP становить 0,01. Коефіцієнти тяжіння для МТМ вибираються самостійно в залежності від конфігурації мережі і прийнятих відстаней між станціями. Вихідні дані одеської МТМ наведені в табл. 1.

На розглянутій мережі виконується розвиток мультисервісної мережі Next Generation Network (NGN). У приміщенні ОПТС-722 встановлено обладнання пакетної системи комутації (ПКСК) на базі MSAN SI-3000, яке

складається з: обладнання медіа- та сигнальних шлюзів SMG, програмного комутатора iCS з функціями Softswitch 5 класу.

Шлюзи SMG встановлені при кожній з ОПТС одеської МТМ (ОПТС-722, ОПТС-746 і ОПТС-755). Для існуючих абонентів ОПТС одеської МТМ мультисервісний доступ забезпечений для $N_{\text{mcDSLAM/BAN}}$ абонентів лініями ADSL за допомогою вузлів мультисервісного доступу AN-BB BAN SI-2000/V.6 ємністю $N_{\text{BAN}} = 240$ ADSL, які працюють в конвергентном режимі.

Передбачається установка IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000 в корпусі зовнішнього виконання Shelter ODU-M.

До них підключаються аналоговими (ААЛ) існуючі абоненти демонтованих РАТС і передбачається підключення високошвидкісних ліній VDSL (частка яких становить $K_{\text{VDSL shelter}}$). Також передбачається організація мережі мультисервісного доступу для $N_{\text{mcIP/DSLAM/BAN}}$ нових абонентів, підключених як аналоговими (ААЛ), так і високошвидкісними лініями ADSL2 + (частка яких становить $K_{\text{ADSL2 +}}$) і лініями VDSL (частка яких становить K_{VDSL}) до вузлів мультисервісного доступу IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000 розміщеним на території міста (місця розміщення вибрати самостійно).

При установці вузлів мультисервісного доступу IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000 необхідно вибрати, відповідно до заданого варіанту, відповідне конструктивне виконання MEA-20 з резервуванням або без нього. Вихідні дані наведені в табл. А2.

1. Зобразити і проаналізувати структурну схему існуючої мережі. Розробити і коротко описати структурну схему, на якій показати АМТС і вузол спецслужб Call-center. На структурних схемах вказати всі необхідні станції і виносне обладнання, привести код, тип обладнання та нумерацію АЛ. Для пучків сполучних ліній (ЗЛ) вказати тип ЗЛ.

2. Провести розрахунок інтенсивностей навантажень для МТМ з комутацією каналів для ОПТС-746: визначити структурний склад абонентів станцій МТМ; розрахувати інтенсивності абонентських навантажень для станцій МТМ; розрахувати вихідні навантаження до пункту SSP і Call-center;

обрати коефіцієнти тяжіння і розрахувати інтенсивності міжстанційних навантажень на МТМ; перевірити баланс навантажень.

3. Визначити інтенсивності навантаження на пучки ЗЛ і визначити кількість ГТ для всіх напрямків зв'язку ОПТС-746.

4. Розробити структурну схему існуючої мультисервісної мережі NGN для МТМ.

На структурній схемі, розробленої для існуючої мережі, показати пакетну систему комутації (П_кСК) на базі обладнання SI-3000: програмний комутатор іСS (Softswitch 5 класу), медіа- та шлюзи сигналізації SMG, шлюзи абонентського доступу AG, сервера додатків AS, обладнання мультисервісних вузлів доступу AN-BB DSLAM/BAN SI-2000/V.6 і IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000, включених в П_кСК.

Показати взаємодію проекрованої П_кСК з обладнанням мультисервісної мережі та існуючим обладнанням МТМ.

5. Визначити необхідну кількість вузлів мультисервісного доступу IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000. Розрахувати необхідну кількість абонентів, підключених як аналоговими (ААЛ), так і лініями ADSL2+ до вузлів IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000.

Визначити кількість вузлів мультисервісного доступу DSLAM/BAN SI-2000/V.6. Визначити кількість периферійних плат для кожного вузла мультисервісного доступу IP/ DSLAM/BAN MSAN SI-3000 і, відповідно, загальна кількість вузлів мультисервісного доступу. Передбачити заданий конструктивне виконання IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000.

6. Зробити розрахунок інтенсивностей пакетних навантажень для вузла мультисервісного доступу IP/DSLAM/BAN і визначити пропускну здатність підключення вузла IP/DSLAM/BAN до пакетної мережі.

7. Розробка функціональної схеми проектованого пакетної системи комутації SI-3000.

На функціональній схемі показати: існуюче обладнання ОПТС-722 і ОПТС-746, всі напрямки зовнішньої зв'язку, обладнання П_кСК SI-3000, підключення мультисервісних вузлів доступу IP/DSLAM/BAN MSAN SI-3000 і DSLAM/BAN до IP-мережі.

Привести короткий опис функціональної схеми ПКСК SI-3000, коротко описати призначення основних модулів з обґрунтуванням їх вибору. Вихідні дані для виконання КП наведені в табл. А1.

Таблиця А1 – Вихідні дані

А	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N_{ОПТС-755}$ тис.	10	15	13	14	18	15	16	17	14	19
$N_{ОПТС-746}$, тис.	13	16	15	17	12	19	14	16	15	16
$N_{ВКМ-1}$	1024	409 6	2048	3072	4096	3072	2048	1024	3072	3072
$N_{ОПС-746/5-6}$	6000	500 0	4000	7000	6000	5000	4000	7000	5000	4000
В	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_{63} , тис.	7000	800 0	5000	6000	5000	8000	5000	6000	7000	9000
$N_{ОПТС-722}$, тис.	20	18	16	17	20	18	18	20	16	19
$N_{ВАМ-1}$	256	128	512	384	128	256	512	128	256	512
$N_{ВАМ-2}$	256	128	256	512	128	256	512	128	512	384
$N_{ОПС-746/7}$	6000	500 0	7000	4000	6000	5000	7000	4000	6000	7000
С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_{68}	5000	400 0	3000	6000	5000	4000	3000	6000	5000	4000
$N_{ВКМ-2}$	3072	409 6	3072	2048	1024	2048	3072	4096	1024	2048
$N_{ВАМ-3}$	256	128	256	128	256	128	256	128	256	128
$K_{Ц-5}$	0,68	0,79	0,80	0,81	0,88	0,73	0,90	0,95	0,76	0,70

Таблиця А2 – Вихідні дані

А	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
K_{ADSL2+}	0,3	0,4	0,6	0,55	0,45	0,5	0,65	0,35	0,6	0,5
K_{VDSL}	0,15	0,25	0,2	0,22	0,18	0,1	0,2	0,25	0,15	0,3
$K_{VDSL\ shelter}$	0,45	0,3	0,25	0,15	0,35	0,15	0,25	0,45	0,35	0,3
В	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Конструкція $IP/DSLAM/BA$ N	МЕА -20 без резер вува нням	МЕА -20 з резер вуван ням	МЕА -20 без резе рву вання м	МЕА -20 з резер вуван ням	МЕА -20 без резе рву вання м	МЕА -20 з резер вуван ням	МЕА -20 без резе рву вання м	МЕА -20 з резер вуван ням	МЕА -20 без резе рву вання м	МЕА -20 з резер вуван ням
$N_{mcDSLAM/BAN}$	1200	960	720	1680	960	720	1200	1680	720	1200
С	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$N_{mcIP/DSLAM/BAN}$	3500	2400	2050	3100	2000	3200	2600	2700	1950	2950
Конструкція $shelter$ для $IP/DSLAM/BA$ N	2	2	1	2	1	2	1	2	1	2

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Соловська І.М. Системи комутації та розподілу інформації. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2019. – 56 с.
2. Соловська І.М. Системи комутації в телекомунікаціях. – Одеса: МГУ, 2023. – 100 с.
3. Децик К. О., Бурачок Р. А. Системи комутації та розподілу інформації. Навчальний посібник. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. – 332 с.
4. Solovskaya I. Textbook of the discipline «Switching systems and information distribution», semester 2.2, 3.1 Networking Hardware and Switching Technologies», 2021. – С. 120.
5. Kurose, J. F., Ross, K. W. Computer Networking: A Top-Down Approach. 8th ed. Boston: Pearson, 2021. 864 p.
6. Bahaa, A., Shehata, M., Gasser, S. M., & El-Mahallawy, M. S. Call Failure Prediction in IP Multimedia Subsystem (IMS) Networks, Applied Sciences, vol. 12, no. 16, Article 8378, 2022, doi: 10.3390/app12168378.
7. Viswanathan & Bhatnagar Telecommunication Switching Systems And Networks, 2nd Edition, PHI Learning, 2015.
8. Syed A. Ahson, Mohammad Ilyas. IP multimedia subsystem (IMS) handbook:.. – CRC Press Taylor & Francis Group, 2019. – 41 с.
9. The 3G IP Multimedia Subsystem (IMS): Merging the Internet and the Cellular Worlds» by Gonzalo Camarillo, Miguel-Angel García-Martín John Wiley & Sons, 2016.
10. Miikka Poikselka, Georg Mayer, Hisham Khartabil, Aki Niemi. The IMS. IP Multimedia Concepts and Services in the Mobile Domain, John Wiley & Sons, Ltd, 2014.
11. Gerardus Blokdyk IP Multimedia Subsystem A Complete Guide, 5STARCooks, 2020.
12. 3GPP. TS 23.228: IP Multimedia Subsystem (IMS). 3rd Generation Partnership Project.
13. Kaczmarek, S., Sac, M., & Bachorski, K. Implementation of IMS/NGN Transport Stratum Based on the SDN Concept, Sensors (Basel), vol. 23, no. 12:5481, 2023, doi: 10.3390/s23125481.
14. Дузь В.І. Соловська І.М. Системи комутації і розподілу інформації. Модуль 2. Навчальний посібник. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2013, 164 с.
15. Стрелковська І.В. Прогнозування характеристик самоподібного

трафіку за допомогою сплайн-екстраполяції / І.В. Стрелковська, І.М. Соловська, Макоганюк А.О., Северин М.В. // Вісник університету «Україна». – 2019. – № 1 (22). – С. 87-94.

16. Strelkovskaya I.V. Self-similar traffic in G/M/1 queue defined by the Weibull distribution/ I.V. Strelkovskaya, T.I. Grygoryeva, I.N. Solovskaya // Radioelectronics and Communications Systems. – 2018. – V. 61, № 3 (2018). – P. 173-180.

17. Стрелковська І.В. Прогнозування мультимедійного трафіку пристроїв Інтернет речей IoT/5G / І.В. Стрелковська, І.М. Соловська // Міжнародна науково-практична конференція «Європейський вибір України, розвиток науки та національна безпека в реаліях масштабної військової агресії та глобальних викликів ХХІ століття» (до 25-річчя Національного університету «Одеська юридична академія» та 175-річчя Одеської школи права): матеріали конф., Одеса, 17 червня 2022 р.: тези доп. – Одеса: НУ ОЮА, 2022. – С. 731-736.

<http://dspace.onua.edu.ua/handle/11300/19774?locale-attribute=uk>

18. Strelkovskaya I. Solovskaya I., Tolmak V. Use of spline-extrapolation to increase the quality indicators of telecommunication systems. Збірник наукових праць ОНАЗ ім. О.С. Попова. 2019. Вип. 2. С. 77-85. <https://doi.org/10.33243/2518-7139-2019-1-2-77-85>

19. Стрелковська І.В., Соловська І.М., Кордон Д.В. Визначення характеристик якості обслуговування трафіку в мережі LTE-Advanced. Інфокомунікаційні та комп'ютерні технології. – 2021. – № 1 (01) – С. 35-51.

20. Електронний каталог Національної парламентської бібліотеки України [політемат. база даних містить відом. про вітчизн. та зарубіж. кн., бр., що надходять у фонд НПБ України]. Київ: Нац. парлам. б-ка України, 2002-2023. URL: catalogue.nplu.org

21. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського Київ: НБУВ, 2013-2023. URL: www.nbuv.gov.ua

22. <http://www.itu.int/ITU-T>

23. <http://www.huawei.com>

24. <http://www.imsforum.org/>

Соловська Ірина Миколаївна

СИСТЕМИ КОМУТАЦІЇ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЯХ

Навчальний посібник для здобувачів
галузі знань – 12 Інформаційні технології,
спеціальність 123 «Комп’ютерна інженерія»,
галузі знань 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації,
спеціальність 172 «Електронні комунікації та радіотехніка»