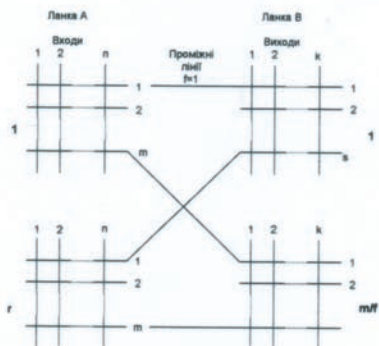
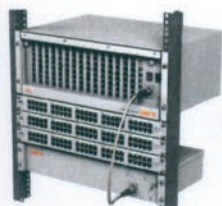


Д. В. Михалевський, В. М. Кичак

СИСТЕМИ КОМУТАЦІЇ



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Д. В. Михалевський, В. М. Кичак

СИСТЕМИ КОМУТАЦІЇ

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2017

УДК 621.395 (075)

ББК 32.882 я73

М69

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 8 від 26.03.2015 р.)

Рецензенти:

О. М. Шинкарук, доктор технічних наук, професор

В. П. Манойлов, доктор технічних наук, професор

В. А. Лужецький, доктор технічних наук, професор

Михалевський, Д. В.

М69 Системи комутації : навчальний посібник / Д. В. Михалевський, В. М. Кичак. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 133 с.

У навчальному посібнику розглядаються основні поняття комутації, види комутаційних пристроїв та систем комутації, принципи їх побудови, параметри і характеристики. Посібник розроблений відповідно до плану кафедри та програми дисципліни «Системи комутації та розподілу інформації», а також рекомендований для самостійної роботи студентів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка».

УДК 621.395

ББК 32.882 я73

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ КОМУТАЦІЇ.....	6
1.1 Основні поняття комутації.....	6
1.2 Методи комутації у фіксованих телефонних мережах.....	7
1.3 Маршрутизація у фіксованих телефонних мережах.....	15
Питання для самоперевірки	20
2 ПОВБУДОВА КОМУТАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ	21
2.1 Тракт телефонної передачі.....	21
2.2 Міські фіксовані телефонні мережі.....	23
2.3 Сільські фіксовані мережі.....	25
2.4 Міжміські фіксовані мережі.....	26
2.5 Лінійно-кабельні мережі.....	27
2.6 Цифрові канали фіксованих телефонних мереж.....	29
2.7 Мережа інтелектуальних послуг	32
2.8 Особливості нумерації на телефонних мережах.....	33
2.9 Мережі синхронізації.....	35
Питання для самоперевірки	38
3 СИГНАЛІЗАЦІЯ В ТЕЛЕФОННИХ МЕРЕЖАХ.....	39
3.1 Класифікація видів сигналізації.....	39
3.2 Способи передачі міжстанційної сигнальної інформації.....	41
3.3 Передача номера абонента по абонентській лінії.....	43
3.4 Лінійна сигналізація.....	44
3.5 Загальний канал сигналізації № 7.....	47
3.6 Особливості побудови мережі ОКС.....	52
Питання для самоперевірки	55
4 ПРИСТРОЇ КОМУТАЦІЇ ТА ТЕРМІНАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ.....	56
4.1 Класифікація комутаційних пристроїв	56
4.2 Контактні комутаційні пристрої.....	57
4.3 Безконтактні комутаційні пристрої.....	60
4.4 Аналоговий телефонний термінал.....	63
4.5 Цифровий телефонний термінал	72
4.5.1 Особливості підмикання цифрових терміналів	73
4.5.2 Побудова цифрових терміналів	78
Питання для самоперевірки	86
5 ПОВБУДОВА КОМУТАЦІЙНИХ СИСТЕМ.....	87
5.1 Загальні відомості про комутаційні системи.....	87
5.1.1 Комутаційні поля та їх характеристики.....	88
5.1.2 Методи керування станціями.....	92
5.2 Системи керування комутаційними станціями.....	96
5.3 Побудова станційного модуля	99

5.4 Архітектура цифрових системи комутації.....	101
5.4.1 Загальна структурна схема.....	101
5.4.2 Взаємодія блоків у цифрових системах комутації.....	105
5.4.3 Обладнання доступу	106
5.4.4 Аналоговий абонентський комплект і його функції.....	108
5.4.5 Цифровий абонентський доступ.....	113
5.4.6 Комутаційне поле цифрових систем комутації.....	116
5.4.7 Принцип дії ланки часової комутації.....	118
5.4.8 Принцип дії ланки просторової комутації.....	121
5.4.9 Комутаційна схема Час-Простір-Час	123
5.4.10 Особливості організації програмного забезпечення	126
Питання для самоперевірки	127
Словник термінів.....	128
Список використаних джерел.....	132

ВСТУП

На сьогоднішній день, телекомунікаційні технології мають швидку тенденцію до розвитку. Постійне збільшення об'ємів трафіка в телекомунікаційних мережах, широке впровадження різноманітних сервісів в реальному масштабі часу, загальнодоступність мережі Internet спонукають провайдерів нарощувати ресурси мереж та впроваджувати нові технології високошвидкісного передавання з використанням сучасного комутаційного обладнання.

В цьому посібнику основна увага приділяється аналізу комутаційної техніки розподілу інформації, принципам побудови цифрових комутаційних систем і сучасним телекомунікаційним технологіям для телефонних мереж загального користування, а також перспективним технологіям для використання в нових системах комутації.

Посібник складається з шести розділів, присвячених особливостям, принципам, методам, приладам та засобам комутації та розподілу інформації.

Зокрема, у розділі 1 – відбувається знайомство з основними поняттями, термінами та методами комутації і маршрутизації, які використовуються у сучасних фіксованих телефонних мережах.

Розділ 2 – містить загальні відомості про побудову сучасних телефонних мереж різного рівня ієрархії.

Розділ 3 – присвячений особливостям побудови, функціонування та апаратного забезпечення мереж для передачі сигнальної інформації між комутаційними системами.

У розділі 4 – розглядаються різні види комутаційних пристроїв як елементарних комутаторних ланок, а також термінальне обладнання як для аналогових, так і для цифрових фіксованих телефонних мереж і систем.

У розділі 5 – наводяться принципи побудови, структури, характеристики та особливості функціонування комутаційних систем і вузлів, а також питання про методи та системи керування ними.

У розділі 6 – здійснено огляд найбільш поширених у світі цифрових комутаційних систем, які працюють на міських, сільських, міжміських і міжнародних телефонних мережах. Розглянуто загальні принципи побудови та характеристики їх сучасного обладнання.

Основна мета цього навчального посібника – допомогти студентам в процесі самостійної роботи засвоїти особливості побудови та функціонування сучасних систем комутації та розподілу інформації для фіксованих телефонних мереж. Крім того, навчальний посібник є корисним для студентів, фахівців, а також для всіх, хто займається проектуванням, обслуговуванням та налаштуванням телекомунікаційних мереж.

1 ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ КОМУТАЦІЇ

1.1 Основні поняття комутації

Слово *комутація* (switching) означає процес вмикання та вимикання. *Комутаційний елемент* (element commutation) – це пристрій, який у працюючому стані може переходити в будь-який із двох режимів: ввімкнений та вимкнений. Це справедливо для будь-яких комутаційних елементів, включаючи оптичні, діодні, транзисторні, логічні та ін.

Міжнародний союз електрозв'язку (ITU-T) визначає *комутацію* як з'єднання одного (певного), із множини входів системи, з одним (певним) із множини її виходів, яке організовується за запитом та надається цій парі вхід-вихід на час, який потрібен для обміну інформацією між ними. Іншими словами, з'єднання створюється у відповідності з номером лінії користувача, якого викликають, користувачем, який викликає, і зберігається до тих пір, поки один з них не покладе трубку. Поки це з'єднання існує, по ньому можуть передаватися мова, дані або відеоінформація. Таким чином, отримавши запит на комутуючу передачу, мережа встановлює між двома користувачами (людьми, комп'ютерами або терміналами) з'єднання, доступне їм повністю на час передачі. Протягом цього часу будь-який із ресурсів з'єднання не використовується для обслуговування інших запитів, а природні паузи в розмові або в передачі даних не можуть заповнюватися іншими розмовами або іншими даними. Після закінчення передачі з'єднання руйнується, після чого ресурси мережі, з яких воно було складено, можуть використовуватися для створення інших з'єднань.

Таким чином, узагальнюючи вище сказане, можна прийти до наступного поняття. *Комутація* - це процес послідовного з'єднання декількох постійно існуючих незалежно один від одного каналів в один складений канал, який створюється тільки на час передачі з тим, щоб користувачі в кінцевих точках цього комутованого каналу могли спілкуватися між собою, тобто обмінюватися інформацією. Компоненти комутованого каналу вибираються з числа вільних, доступних і знаходяться в необхідному напрямку. Обидва наведених визначення відносяться тільки до комутації каналів. *Комутація каналів* (circuit switching) може бути аналогова та цифрова.

Аналоговою комутацією називається процес, при якому з'єднання між кінцевими точками комутованого каналу встановлюється за допомогою операцій над аналоговим сигналом (з можливою його дискретизацією, але без перетворення в цифрову форму).

Цифровою комутацією називається процес, при якому з'єднання між кінцевими точками комутованого каналу встановлюється за допомогою операцій над цифровим сигналом без перетворення його в аналоговий сигнал.

1.2 Методи комутації у фіксованих телефонних мережах

У телекомунікаційних мережах багатоканальної передачі існує три класичних методи мультиплексування каналів – просторове розділення, часове розділення і частотне розділення. Якщо потрібно з'єднати два канали, мультиплексованих одним і тим же методом, то доцільно виконувати комутацію цих каналів тим же методом, що і їх мультиплексування. Звідси і три класичних методи комутації:

а) *просторова комутація* (spatial switching) – з'єднання просторово розділених каналів по електромеханічній, електронній, цифровій або оптичній технології з використанням комутаційних елементів, побудованих на базі тієї ж технології;

б) *часова комутація* (time switching) передбачає можливість комутувати в просторі, але коли просторово комутований фізичний тракт досягає свого приймача в комутаційному полі, приймач отримує команду вибирати тільки ті дані, які відповідають певному часовому каналу;

в) *частотна комутація* (frequency switching) застосовується, як правило, для комутації телевізійних каналів і радіоканалів.

Комутаційні вузли (switching node) та *комутаційні станції* (switching station) являють собою сукупність технічних засобів, призначених для обробки викликів, що надходять по абонентських і сполучних лініях мережі, для надання ініціаторам цих викликів основних і додаткових послуг передачі, а також для обліку та для нарахування плати за послуги. Це визначення охоплює комутаційні вузли та станції всіх типів, що використовуються по всій мережі, а саме: *міські автоматичні телефонні станції* (АТС), *концентратори* (К), *вузли вхідного* (ВВхП) і *вихідного* (ВВихП) *повідомлення* міських телефонних мереж, *вузли спецслужб* (ВСС), *міжміські станції* (АМТС), *вузли автоматичної комутації* (ВАК), *центральні* (ЦС), *вузлові* (ВС) і *кінцеві* (КС) сільські телефонні станції та інші пристрої розподілу інформації. У загальному випадку, *комутаційний вузол* (станція) містить комутаційне поле, призначене для з'єднання вхідних і вихідних каналів (ліній) на час обміну інформацією; керуючі пристрої, що забезпечують встановлення з'єднання через комутаційне поле, а також прийом і передачу керуючої інформації; комплекти (станційні закінчення) вхідних і вихідних ліній; кодові приймачі та передавачі; пристрої контролю та діагностики абонентських ліній і устаткування самого вузла комутації; джерела електроживлення; кросове обладнання і деякі допоміжні пристрої.

Розподіл потоків повідомлень з метою доставки кожного повідомлення у відповідності із заданою адресою відбувається в *центрах комутації* (switching centre) за допомогою комутаційних пристроїв. Створення каналу в центрах комутації для передачі інформації може виконуватись за допомогою *кросової комутації* (cross-strap).

В загальному всі методи комутації можна класифікувати так, як наведено на рис. 1.1.

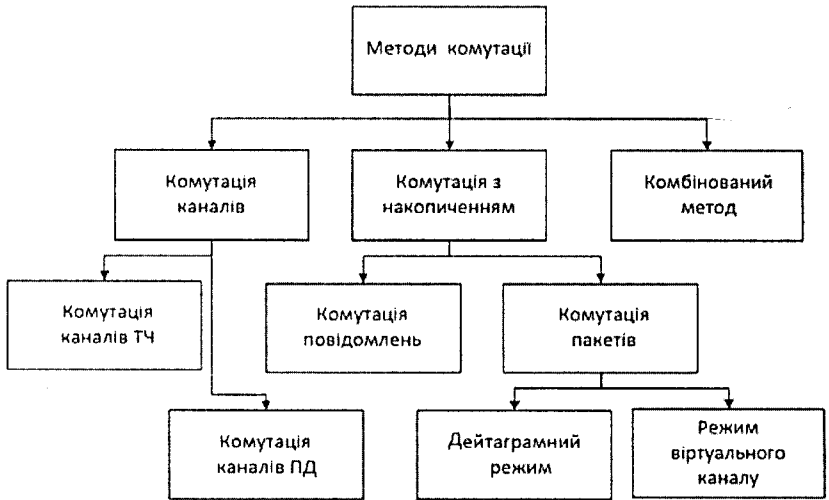


Рисунок 1.1 – Класифікація методів комутації

Таким чином, існує дві основних групи методів комутації: комутація каналів та комутація з накопичуванням. Також є можливість компонувати ці групи між собою отримуючи комбіновані методи комутації, що найчастіше використовується на практиці.

Відомо два основних принципи комутації: *безпосереднє з'єднання* і *з'єднання з накопиченням інформації*. При безпосередньому з'єднанні здійснюється фізичне з'єднання у ВК каналів з відповідними адресами із вихідними каналами. При з'єднанні з накопиченням повідомлень сигнали у ВК каналів спочатку записуються в запам'ятовуючому пристрої, звідки через певний проміжок часу надходять у вихідні канали.

В такому випадку виникають альтернативні рішення: перше повідомити джерело повідомлень про неможливість встановлення необхідного з'єднання в даний момент, друге – запам'ятати вхідне повідомлення і передати його у вихідний канал після його звільнення від передачі попереднього повідомлення. Системи, побудовані за першим принципом – отримали назву *систем з відмовами*, а побудовані за другим принципом – *систем з очікуванням*. Оскільки отримання *джерелом повідомлень* (ДП) (message source) відмови у встановленні з'єднання не звільняє його від необхідності передачі повідомлення, то ДП виявляється вимушеним повторювати спроби встановлення з'єднання до отримання позитивного результату. Оскільки необхідна для передачі інформація весь цей час зберігається в пам'яті ДП, то відмінність між розглянутими принципами комутації полягає в тому, що в першому випадку запам'ятовуючий пристрій знаходиться в ДП, а в другому випадку – у ВК. Ця різниця та спосіб зберігання впли-

ває на послуги, що надаються абонентам мережі з різними методами розподілу інформації.

Комутація каналів. Організація передачі в телекомунікаційних мережах базується на принципах комутації і реалізується у вузлах, які з'єднують два або декілька вхідних і вихідних каналів в необхідних напрямках. У цілому завдання розподілу інформаційних потоків виконує *система комутації*, що складається з власне мережі, комутаційних вузлів комутації (ВК), системи підмикання користувачів (СПК) та кінцевих пунктів (КП). Найбільш важливу роль в ній грають ВК, які забезпечують встановлення, підтримання та роз'єднання з'єднань між терміналами (телефонними апаратами, комп'ютерами тощо), кожному з яких присвоєно адресу (номер абонента).

Принцип *безпосереднього з'єднання* реалізується в системі комутації каналів (ВК). Під *комутацією каналів* розуміється сукупність операцій зі з'єднання каналів для отримання наскрізного каналу, який зв'язує через вузли комутації один *об'єкт повідомлення* (ОП) з іншим. При цьому вираз «з'єднання каналів» слід розуміти не тільки як фізичне з'єднання, але як заняття, резервування засобів передачі та комутації для пари взаємодіючих ОП під час сеансу передачі. Таким чином, при комутації каналів спочатку організується наскрізний канал передачі повідомлень між взаємодіючими абонентами через вузли комутації, а потім здійснюється передача повідомлень.

Поки взаємопов'язані абоненти не повідомлять про своє рішення ліквідувати встановлене з'єднання, виділені ресурси мережі знаходяться в їх користуванні незалежно від того, чи використовуються вони в даний момент чи ні.

Такий режим має певну перевагу, пов'язану з тим, що після організації з'єднання абоненти можуть вести передачу в будь-який час незалежно від навантаження, що надходить від інших абонентів. Крім того, передачі здійснюються з фіксованою затримкою, тобто може бути реалізований режим передачі в реальному масштабі часу, що особливо важливо при роботі в режимі діалогу (переговорів двох абонентів, або обмін інформацією між двома комп'ютерами).

Структурна схема мережі із комутацією каналів (КК) наведена на рис. 1.2.

У мережі з КК процес передачі складається з наступних операцій:

а) викликаючий абонент $Аб_1$, за допомогою викликового пристрою, відсилає по абонентській лінії у вузол комутації каналів (ВКК) заявку на з'єднання з абонентом $Аб_m$, що містить умовну адресу абонента, що викликається;

б) апаратура комутації ВК за отриманою заявкою здійснює з'єднання *абонентської лінії* $Аб_1$ з *абонентською лінією* $Аб_m$, якщо абоненти належать до одного вузла, або *з'єднувальною лінією*, якщо належать до різних вузлів, до яких належать абоненти (наскрізний канал може бути організо-

ваний через кілька проміжних вузлів комутації, де здійснюється аналогічна комутація);

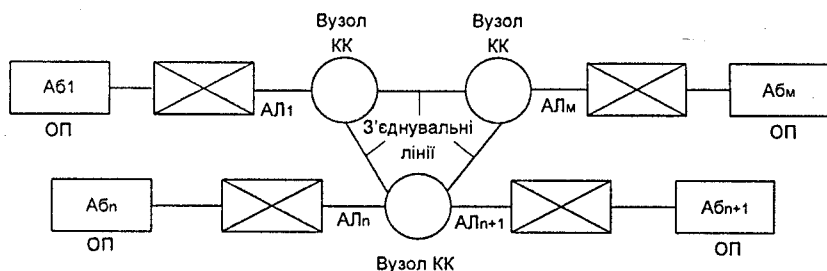


Рисунок 1.2 – Структура мережі з комутацією каналів

в) після організації прямого каналу передачі абонент $Аб_m$ отримує з вузла ВКК сигнал виклику, а абонент $Аб_1$ – сигнал встановлення з'єднання;

г) відбувається передача інформації між абонентами, при цьому обмін може бути одно- або двостороннім, так як зазвичай комутуються двосторонні канали;

д) після завершення сеансу передачі інформації та отримання від абонента сигналу відбою апаратура комутації вузлів КК руйнує раніше встановлені з'єднання каналів.

При відсутності вільного каналу або його несправності на будь-якій із ділянок у заданому напрямку або відсутності вільних станційних пристроїв, у ВК з'єднання абонентів не може бути встановлено і вузол комутації посилає $Аб_1$ сигнал відмови в обслуговуванні (сигнал зайнятості). Для встановлення з'єднання $Аб_1$ повинен повторити заявку на підмикання. Такий спосіб обслуговування, при якому виклик (заявка на з'єднання), що надійшов в момент відсутності вільних ліній, або станційних пристроїв, отримує відмову (втрачається), називається *обслуговуванням з втратами* (loss type queuing).

Ще одним суттєвим недоліком КК є нерациональне використання ресурсів мережі, зокрема каналів, якщо взаємодіючі абоненти недостатньо активні і між передачею повідомлень спостерігаються тривалі паузи. У реальних системах передачі повідомлень частка пауз може бути досить великою. Навіть в телефонних каналах мова займає менше половини часу, а при передачі даних корисне навантаження становить одиниці відсотків від виділеної пропускної здатності.

Для підвищення ефективності використання пропускної здатності трактів мережі в таких системах були розроблені методи комутації, при яких пропускна здатність мережі не закріплюється на весь час сеансу передачі двох абонентів, а видається їм за необхідності при появі у них повідомлень для передачі.

Комутація із накопиченням. *Комутацією з накопиченням* (store-and-forward) називається сукупність операцій при прийомі на вузол комутації повідомлення або його частини, накопичення та подальшої передачі повідомлення або його частини відповідно до адреси, яка міститься в ньому.

У системах комутації з накопиченням (КН) об'єкт повідомлення (ОП) має постійний прямий зв'язок зі своїм вузлом комутації (ВК) (іноді з декількома) і передає на нього інформацію, як показано на рис. 1.3.

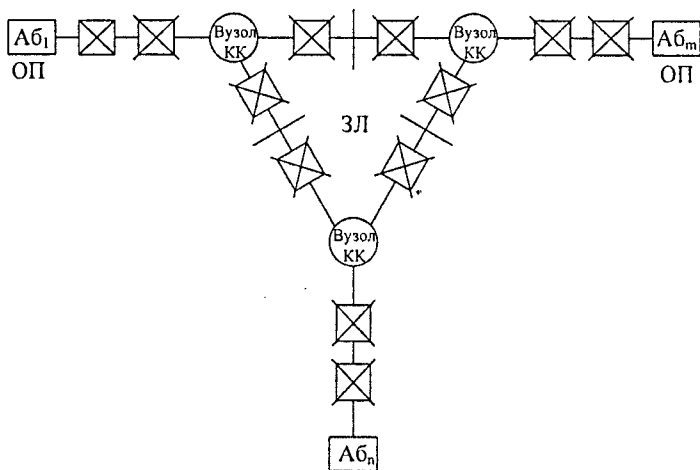


Рисунок 1.3 – Структура мережі з комутацією повідомлень або пакетів

Після вузла комутації інформація поетапно передається через вузли до інших абонентів, причому у випадку зайнятості вихідних каналів інформація запам'ятовується у запам'ятовуючих пристроях вузлів і передається із звільненням каналів у необхідному напрямку. Відомі два різновиди системи з накопиченням: *система комутації повідомлень* (КПд) і *система комутації пакетів* (КПк). У мережі з КПд процес передачі наступний:

а) викликаючий абонент $АБ_n$ передає у вузол комутації повідомлення, що підлягає передачі разом з умовною адресою абонента $АБ_m$;

б) у вузлі КПд повідомлення запам'ятовується і за його адресою визначається канал, по якому воно має бути передане;

в) якщо канал до сусіднього вузла КПд вільний, то повідомлення негайно передається на сусідній вузол КПд, в якому повторюється та ж сама операція;

г) якщо канал до сусіднього вузла КПд зайнятий, то повідомлення зберігається в пристроях пам'яті аж до звільнення каналу, при цьому повідомлення, що зберігаються, встановлюються в чергу за напрямками передачі з урахуванням критеріїв пріоритету.

Такий спосіб обслуговування, при якому заявка, що надійшла в момент відсутності вільних ліній або пристроїв та очікує їх звільнення, називається *обслуговуванням з очікуванням*.

Метод КПД знайшов застосування на телеграфних мережах загального користування.

Метод комутації пакетів (packet switching) за своїм принципом схожий із методом КПД і відрізняється лише тим, що довгі повідомлення передаються не цілком, а розбиваються на відносно короткі частини – пакети. Розрізняють два способи (режими) передачі пакетів: режим *віртуальних з'єднань* (switched virtual circuit) і *дейтаграмний* (datagram).

Віртуальні з'єднання. По суті, це комутація каналів, але не напряму, а через пам'ять керуючих комп'ютерів в центрах комутації з використанням пакетів при передачі повідомлень. У віртуальній мережі, перш ніж почати передачу пакетів, абоненту-одержувачу надсилається службовий пакет, що прокладає віртуальне з'єднання. У кожному вузлі цей пакет залишає інструкції виду: пакети k-го віртуального з'єднання, що надійшли з i-го каналу, слід направляти в j-й канал. Таким чином, віртуальне (умовне) з'єднання існує тільки в пам'яті керуючого комп'ютера. Дійшовши до абонента-одержувача, службовий пакет запитує в нього дозвіл на передачу, повідомивши, який обсяг пам'яті знадобиться для прийому. Якщо приймач володіє такою пам'яттю і вільний, то він відсилає згоду абоненту-відправнику (також у вигляді спеціального службового пакета) на передачу повідомлення. Отримавши підтвердження, абонент-відправник приступає до передачі повідомлення звичайними пакетами. Пакети безперешкодно проходять один за одним по віртуальному з'єднанню (у кожному вузлі їх чекає інструкція, яка обробляється керуючим комп'ютером) і в тому ж порядку потрапляють до абонента-одержувача, де, звільнившись від закінчень і заголовків, утворюють передане повідомлення. Віртуальне з'єднання може існувати до тих пір, поки відправлений одним з абонентів, спеціальний службовий пакет не зітре інструкції у вузлах. Режим віртуальних з'єднань ефективний при передачі великих масивів інформації і володіє всіма перевагами методів комутації каналів і пакетів.

Дейтаграми. Для коротких повідомлень більш ефективний дейтаграмний режим, що не вимагає досить громіздкої процедури встановлення віртуального з'єднання між абонентами. Термін «дейтаграма» застосовують для позначення самостійного пакета, що рухається по мережі незалежно від інших пакетів. Отримавши дейтаграму, вузол комутації направляє її в бік суміжного вузла, максимально наближеного до адресата. Коли суміжний вузол підтверджує одержання пакета, вузол комутації стирає його у своїй пам'яті. Якщо підтвердження не отримано, вузол комутації відправляє пакет в інший суміжний вузол і т.д. до тих пір, поки пакет не буде прийнятий. Всі вузли, що оточують даний, рангуються по наближенню до адресата. Перший ранг отримує найближчий до адресата вузол, другий – найближчий з усіх інших і т.д. Пакет надсилається спочатку у вузол пер-

шого рангу, при невдачі – у вузол другого рангу і т.д. Описана процедура відома як алгоритм *маршрутизації*. Крім детермінованих алгоритмів маршрутизації, де готовність вузла для передачі дейтаграми оцінюється за допомогою певного правила, існують імовірнісні алгоритми, де вузол передачі вибирається випадково. При такій маршрутизації кожна дейтаграма буде рухатись за випадковою траєкторією, і, як наслідок, момент надходження її до адресата буде випадковим. При цьому властивостями випадковості можна керувати, тобто досягати того, щоб середній час доставки не перевищував заданого, а ймовірність того, що якась дейтаграма затримається більше наперед заданого числа секунд, була б достатньо малою. Дейтаграмний режим використовується, зокрема, в Internet, в протоколах UDP (User Datagram Protocol) і TFTP (Trivial File Transfer Protocol).

Для прикладу наведемо структуру дейтаграми у протоколі UDP. Формування дейтаграм відбувається за один цикл. Загальна структура такої дейтаграми наведена на рис. 1.4.

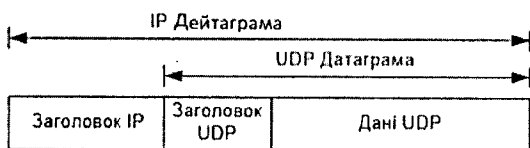


Рисунок 1.4 – Структура дейтаграми

Очевидно, що у кожного з розглянутих методів комутації є своя сфера застосування, обумовлена його особливостями. Звідси впливає доцільність поєднання різних методів комутацій в мережах, які об'єднують велику кількість абонентів з відмінними один від одного величинами навантаження, характером її розподілу в часі, обсягами повідомлень, кінцевої апаратури. На таких мережах при невеликому середньому навантаженні і передачі повідомлень великими масивами в невелике число адрес, частка втрат часу на встановлення з'єднання порівняно невелика і краще використовувати систему з КК. При передачі ж багатоадресних повідомлень, необхідності забезпечення пріоритетності повідомлень і при великому завантаженні абонентських терміналів більше підходить комутація пакетів.

Часова комутація. При аналоговій комутації каналів використовуються просторові комутаційні схеми. При цьому кожна точка комутації закріплюється за певним з'єднанням на весь період його існування. Комутація з часовим поділом каналів передбачає спільне використання точок комутації шляхом розділення часу на інтервали, які повторюються циклічно. У кожному інтервалі окремі конкретні точки комутації та відповідні їм проміжні з'єднувальні лінії періодично закріплюються за існуючими з'єднанням. При такому спільному використанні точок комутації можна отримати значну економію їх кількості.

При комутації з часовим поділом каналів конфігурація комутаційної схеми з просторовим розділенням періодично відтворюється протягом кожного часового інтервалу шляхом безперервної циклічної зміни з'єднань, існуючих протягом цих інтервалів. Цифрові сигнали, сформовані шляхом об'єднання на базі часового поділу, вимагають як комутацію часових інтервалів, так і комутацію фізичних ліній. Спосіб комутації з поділом часу використання точок на інтервали є другим вимір комутації і називається *часовою комутацією*.

Схеми часової комутації будуються на базі недорогих цифрових елементів пам'яті (ЕП). Отже, реалізація функцій цифрової комутації виявляється економічно вигідною, ніж реалізація схем з просторовим розділенням. Робота схеми часової комутації зводиться головним чином до запису інформації та її зчитування з ЕП. Принцип часової комутації в загальному вигляді наведено на рис. 1.5.

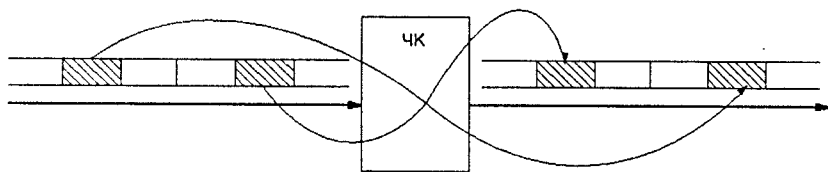


Рисунок 1.5 – Принцип часової комутації

У процесі комутації інформація, що надходить по одному часовому каналу, спочатку записується в ЕП, потім затримується протягом певної кількості інтервалів і передається у часовому каналі, з яким здійснюється з'єднання. Оскільки кожному часовому каналу відведено певний часовий інтервал, то часто говорять про переміщення інформації з інтервалу в інтервал.

Просторова комутація. Для комутаційних систем невеликої ємності можна отримати економічні комутаційні схеми, що реалізують тільки часову комутацію. Однак існують реальні обмеження на часові характеристики ЕП, які визначають допустиму ємність блоку часової комутації. Тому в комутаційних схемах великої ємності додатково вводиться *просторова комутація*. Такі комутаційні схеми називаються схемами з просторово-часовою комутацією. Принцип просторово-часової комутації наведено на рис. 1.6.

Як приклад, наведено з'єднання третього часового каналу (ЧК) першої лінії з сьомим ЧК останньої лінії. Таке з'єднання передбачає, що інформація, яка надходить в третьому часовому інтервалі першого групового тракту (ГТ), пересилається в сьомий часовий інтервал останнього ГТ.

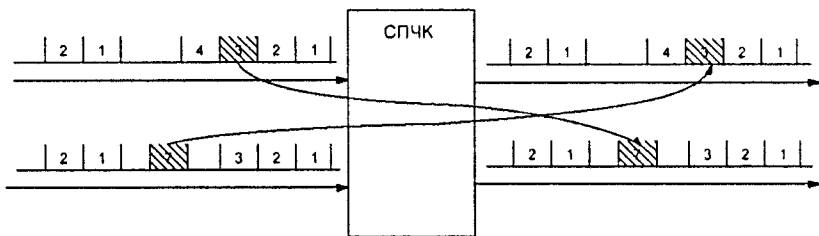


Рисунок 1.6 – Схема просторово-часової комутації

Оскільки процес перетворення мовного сигналу в цифрову форму характеризує чотирьохпровідний режим роботи, то реалізується зворотне з'єднання, шляхом пересилання інформації з сьомого часового інтервалу останнього вихідного ГТ в третій часовий інтервал першого вихідного ГТ. Таким чином, кожне з'єднання вимагає виконання двох операцій з перенесення інформації; при цьому кожне перенесення здійснюється як в часі, так і в просторі.

Існує безліч структур комутаційних схем, які дозволяють виконувати просторово-часову комутацію. Всі ці структури вимагають наявності двох ланок: ланки просторової комутації і ланки часової комутації. Комутаційні схеми великої ємності зазвичай містять декілька ланок обох типів.

1.3 Маршрутизація у фіксованих телефонних мережах

Маршрутизація (routing) – процес визначення маршруту, за яким проходить інформація в мережах передачі інформації.

На рис. 1.7 наведено принцип та ключові поняття маршрутизації в телефонних мережах передачі інформації.

Кінцева точка (endpoint) – це точка, куди направлено встановлення з'єднання.

Код кінцевої точки (endpoint address) – це номер, присвоєний відповідно до правил нумерації.

Зона тарифікації (rate zone) – це номер, що позначає рівень тарифу по відношенню до вихідної точки з'єднання. Рівень встановлюється у відносних одиницях, тарифікація залежить від ціни одиниці, яка визначається відповідно з комерційними та іншими міркуваннями і обчислюється окремо в центральному вузлі.

При призначенні тарифікації можливі випадки, коли різні підстанції однієї станції або АТС одного вузла належать до різних тарифних зон. Такі ситуації можуть виникнути у зв'язку з особливим географічним положенням цих станцій. Можливий випадок, коли підстанції різних станцій можуть бути віднесені до однієї тарифної зони.

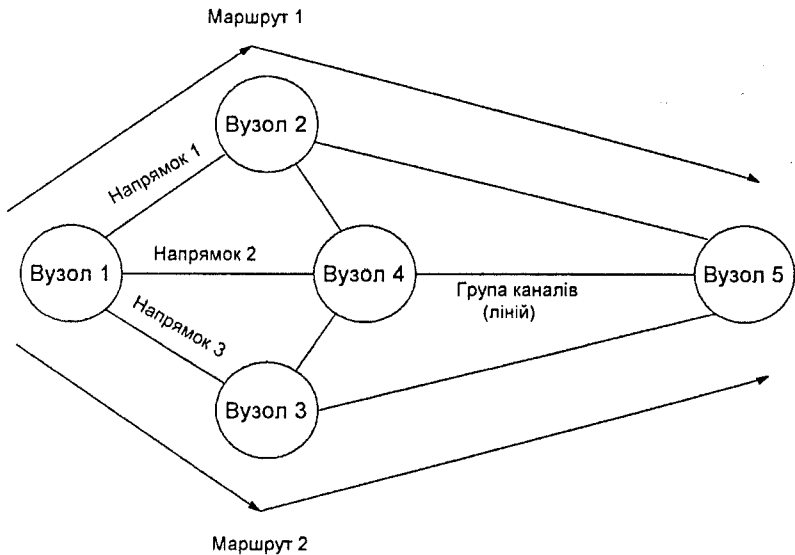


Рисунок 1.7 – Особливості маршрутизації в телефонних мережах

Слід особливо відзначити, що кодом інтелектуальної мережі, як правило, можуть бути визначені не комутаційні вузли, а послуги. При фіксації коду також враховуються можливі відповіді кінцевої станції, які можуть вплинути на роботу вихідної станції.

Для кожної кінцевої точки, що має код, обумовлюються часові обмеження (тайм-аути):

- а) час встановлення з'єднання;
- б) час очікування відповіді абонента;
- в) час розмови;
- г) час прослуховування сигналу «зайнято» при будь-якій відмові встановлення з'єднання.

Очевидно, що кожне з цих обмежень повинно мати значення «не встановлено».

Завершення встановлення з'єднання, також може встановлюватись відповідним значенням. Ознакою його закінчення можуть бути:

- а) сигнал управління;
- б) тайм-аут після передачі сигналу;
- в) логічний збіг етапу з'єднання і останнього сигналу.

Зазначені вище дії і обмеження задаються поєднанням коду кінцевої точки і обраного маршруту.

Маршрут (route) – набір можливих шляхів встановлення з'єднання до кінцевої точки.

При створенні маршруту визначаються наступні параметри:

а) число знаків коду кінцевої точки, що дозволяє визначити маршрут;
б) з якого знаку набраного номера можна почати встановлення з'єднання;

в) яку кількість знаків від початку необхідно пропустити для встановлення з'єднання (наприклад, при переході до 18-значної нумерації вона не буде відразу введена на мережах);

г) з якого знаку треба почати передачу інформації;

д) заміну якого знаку треба здійснити для продовження з'єднання у разі екстреної заміни номера на ділянці маршруту.

Напрямок, або група каналів (ліній) безпосередньо з'єднують сусідні станції. Він (напрямок) характеризується наступними параметрами:

а) фізичним середовищем передачі: аналогові лінії, цифрові канали, канали із частотним ущільненням;

б) способом сигналізації: канальна, виділена, частотна передача сигналів управління, виділені канали в цифрових системах, окремий канал сигналізації;

в) спрямованістю передачі інформації: вихідна, вхідна, двостороння.

Також характеристикою напрямку може стати обмеження по виду каналів передачі, що суттєво при регулюванні трафіку у разі перевантаження. Це можуть бути місцеві, міжміські, міжнародні мережі. Будь-яка категорія може присвоюватися оператором або системою на певний час. Можливі комбінації цих зв'язків або введення зворотної характеристики «дозвіл на тип каналу передачі», що відкриває закритий напрямок для певного виду зв'язку. У загальному випадку напрямок може складатися з каналів, що мають різні характеристики.

Розрізняють наступні методи пошуку вільних каналів:

а) за зростанням номера каналу в напрямку;

б) за зменшенням номера в напрямку;

в) додавання одиниці до номеру після кожного вибору каналу;

г) випадковий спосіб.

Найбільш кращим є третій варіант. Як відомо, контроль над пошкодженнями не є абсолютним, тобто не можна визначати (передбачати) всі помилки мережі, обладнання станції та поведінку навколишнього середовища. І якщо один з каналів пошкоджений або має погіршену якість передачі, не виявлене контролем, то постійний пріоритет призводить до відмови передачі у вузлі комутації, оскільки вибирається абоненту один і той же несправний канал і весь час отримується відмова, поки будь-який інший абонент не займе несправну лінію. Така подія малоімовірна при малому навантаженні і більш імовірна при великому. Крім цього, постійний пріоритет призводить до переважного зайняття ліній, що мають більший пріоритет. Це також має свої негативні наслідки.

Канал (лінія) – це пристрої і лінії, що забезпечують фізичне середовище між станціями. Вони мають ті ж характеристики, що й напрями. При

цьому для кожного каналу (лінії) можуть призначатися тайм-аути. Ці тайм-аути обмежують або час встановлення з'єднання, або загальне заняття, або простоювання без отримання відповідного сигналу.

Алгоритми маршрутизації. Завдання, які стоять перед маршрутизацією, можуть бути різні. У зв'язку з цим алгоритми маршрутизації також відрізняються. На рис. 1.8 показана маршрутизація, яка при одному і тому ж значенні коду вибирає різні маршрути.

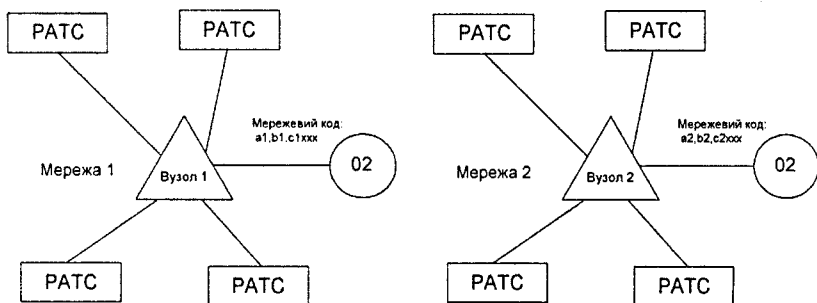


Рисунок 1.8 – Вибір маршруту за принципом один код і різні маршрути

У цьому прикладі одна і та ж екстрена служба підімкнена до різних частин мережі, але має єдиний код 102, наприклад, міліція, яка має районні відділення. При наборі номера 102 бажано, щоб з'єднання було встановлено не з центральною службою, а з найближчим відділенням міліції. При маршрутизації використовується ознака того, що вихідний дзвінок належить даній мережі. У вказаному прикладі нумерація мережі починається з індексу a_1, b_1, c_1 . Вузол 1, визначивши, що номер вихідного абонента належить даній станції, за кодом 102 вибере маршрут до своєї екстреної служби. Аналогічно буде працювати вузол 2 (мережева нумерація a_2, b_2, c_2, xxx). Така маршрутизація називається залежною від вихідного номера. Для її реалізації необхідно вводити незначну корекцію у комутаційне поле до алгоритму перерахунку номера.

На рис. 1.9 наведено приклад маршрутизації в залежності від вимог до середовища передачі і використання служби ISDN.

На одній із станцій (PATS 1) є можливість використання декількох служб ISDN. Потрібно забезпечити маршрутизацію викликів зі станціями PATC 2 і PATC 3, здатними підтримувати ці служби відповідно до їх вимог. Наведена мережа має різні типи каналів на ділянках (аналогові, цифрові) і різні типи сигналізації.

Одна з них – служба «мова 3 кГц» не вимагає цифрових каналів і для неї достатня будь-яка сигналізація. Тому для неї на найближчому вузлі 1 вибирається основний маршрут В1, інші маршрути призначаються обхідними і вибираються у разі відмови основного.

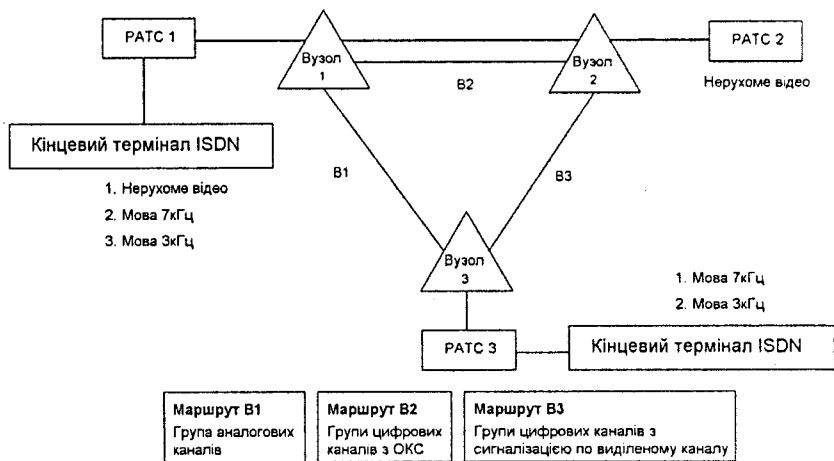


Рисунок 1.9 – Вибір маршруту, обумовлений середовищем передачі та об'ємом передачі інформації

Для служби «мова 7 кГц» потрібно мати цифровий канал, сигналізація типу ОКС № 7 не обов'язкова, в разі відсутності шляхів необхідної якості можливе використання інших маршрутів з погіршенням якості мови. Тому для цієї служби 7 кГц може бути запропонований маршрут В4 з послідовними ділянками В2 і В3, але можливий вибір маршруту В1, розрахованого для служби «мова 3 кГц».

Для служби «відеодані» необхідно використовувати тільки цифровий канал із системою сигналізації ОКС № 7, тому для нього підходить тільки маршрут В2.

Особливості алгоритмів маршрутизації. Алгоритми маршрутизації повинні забезпечувати шлях із найменшим числом транзитів між вихідною та вхідною точками з'єднання при забезпеченні заданої якості обслуговування. Під *якістю обслуговування (service grade)* розуміється комплексна характеристика, що визначає клас і якість послуг у телекомунікаційних мережах. Крім того, від способу заняття ліній при маршрутизації залежить загальне телефонне навантаження у мережі (число зайнятих ліній, помножене на час їх заняття). Чим більше зайнято каналів в одному з'єднанні, тим гірше використання мережі.

Нерівномірність навантаження протягом доби або виникнення надзвичайних ситуацій в різних частинах мережі можуть призводити до відмов через перевантаження (явні втрати і втрати за часом), що робить не вигідною статичну маршрутизацію, яка фіксує спочатку задані їй маршрути між двома кінцевими точками. Зазвичай для старих мереж маршрути були фік-

сованими за планом мережі і визначалися проектною організацією на основі розрахунків.

Існують такі методи маршрутизації – фіксований та динамічний.

При *фіксованому методі маршрутизації* (static routing) маршрути розробляються і записуються наперед у програму роботи всіх станцій (наприклад, при розробці плану мережі). При цьому обумовлюються резервні варіанти, які включаються за розкладом або в екстрених випадках. Доповненням цього є надання операторам центру обслуговування права змін планів маршрутизації, перемикання каналів з одного напрямку на інший в разі виникнення аварійних ситуацій. Для цього використовуються спеціальні програми прийняття рішень.

При *динамічному керуванні* (dynamic routing) маршрутизація здійснюється за допомогою змінної матриці напрямів. Дані цієї матриці змінюються відповідно до ситуації на мережі. При цьому корекція даних про маршрути між станціями та збір інформації для прийняття рішень можуть бути проведені централізованими і децентралізованими методами. Кожен з цих методів має свої переваги і недоліки.

При маршрутизації повинна бути вирішена проблема виключення зациклення при встановленні маршруту. Ефект зациклення виникає при динамічній маршрутизації, якщо з'єднання повертається на один із вже пройдених ділянок і пошук триває нескінченно по циклу. Одним з методів боротьби з цим явищем служить фіксація пройдених ділянок (при їх обмеженому числі) у форматі сигнальної одиниці.

Питання для самоперевірки

1. Що таке комутація?
2. Перерахуйте основні класичні методи комутації.
3. Охарактеризуйте комутаційний вузол.
4. Дайте повну класифікацію методів комутації.
5. Вкажіть переваги та недоліки комутації каналів.
6. Наведіть приклад побудови мережі із комутацією повідомлень.
7. Дайте порівняльну характеристику віртуальним з'єднанням та дейтаграмам.
8. Назвіть методи комутації в цифрових системах передачі інформації.
9. Що таке часо-просторовий комутатор?
10. Особливості маршрутизації в телефонних мережах.
11. Порівняйте методи маршрутизації.
12. В чому полягають особливості маршрутизації на телефонних мережах?
13. Що таке комутація каналів?
14. Комутація пакетів. Особливості, переваги, недоліки.

2 ПОБУДОВА КОМУТАЦІЙНИХ МЕРЕЖ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

2.1 Тракт телефонної передачі інформації

Одним з найбільш поширених видів передачі інформації є телефонний зв'язок, який за допомогою електричної енергії дозволяє здійснювати передачу мови на великі відстані, як показано на рис. 2.1.

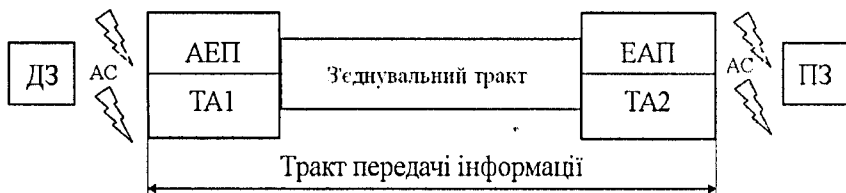


Рисунок 2.1 – Телефонний зв'язок

При телефонній передачі звукові коливання, які збуджуються джерелом звуку ДЗ (абонент який розмовляє), через акустичне середовище АС, діють на акустико-електричний перетворювач АЕП (мікрофон) телефонного апарату ТА1, який перетворює їх у відповідні коливання електричного струму. Енергія цих коливань через телефонний апарат ТА1 і з'єднувальний тракт направляється в пункт прийому на електроакустичний перетворювач ЕАП (телефон, гучномовець) ТА2. У ЕАП електрична енергія перетворюється в звукову і через АС надходить до приймача звуку ПЗ (слухач). Для двосторонньої телефонної передачі АЕП і ЕАП повинні встановлюватися в ТА обох абонентів.

Телефонні апарати зазвичай з'єднуються через *комутаційний вузол*, до якого вони підключаються за допомогою ліній, які мають назву *абонентських ліній* (АЛ). Комутаційні вузли, в які включаються абонентські лінії, називаються *комутаційними станціями* КС (*телефонними станціями* ТС) або просто станціями, як показано на рис. 2.2.

На території одного міста (або населеного пункту чи певного району) може бути встановлено декілька телефонних станцій. У кожен телефонну станцію вмикаються абонентські лінії, розташовані в районі дії відповідної станції.

Телефонні апарати, які ввімкнені в різні станції та з'єднані у дві і більше станцій, пов'язані між собою *з'єднувальними лініями* (ЗЛ). На відміну від абонентських ліній, які є індивідуальними лініями, закріпленими за телефонними апаратами, з'єднувальні лінії є лініями загального користування і беруть участь в з'єднаннях телефонних апаратів різних телефонних

станцій. Сукупність лінійних і станційних технічних засобів, призначених для встановлення з'єднання між телефонними апаратами, називається *з'єднувальним трактом* (connecting route), як показано на рис. 2.3.

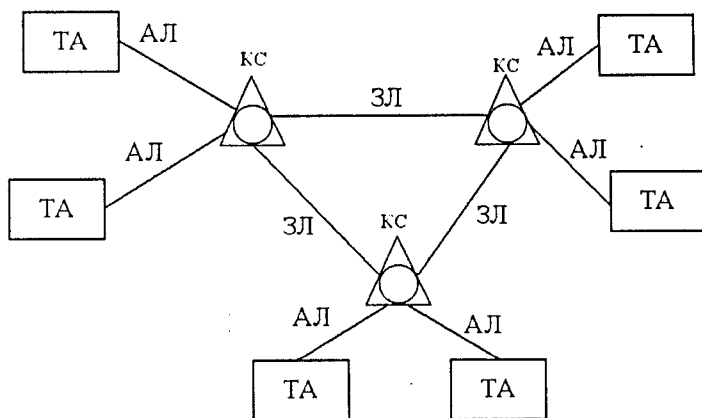


Рисунок 2.2 – З'єднання телефонних апаратів



Рисунок 2.3 – З'єднувальний тракт

З'єднувальний тракт утворюється тільки на час передачі інформації (передачі мови); винятком є постійне, безпосереднє з'єднання телефонних апаратів один з одним. Тому, для управління процесом створення з'єднувального тракту телефонні апарати, крім АЕП і ЕАП, містять прилади введення адресної інформації (інформація про номер ТА абонента), посылки і прийому сигналів виклику і закінчення передачі. Сукупність пристроїв, що входять в систему електричної передачі мови від абонента до абонента, називається трактом передачі телефонної інформації або просто *телефонним трактом* (phone tract). Таким чином, тракт телефонної передачі містить дві акустичних ділянки, два телефонні апарати (ТА1 і ТА2 з перетворювачами АЕП і ЕАП) та з'єднувальний тракт між джерелом ДЗ і приймачем звуку ПЗ. Якість передачі мови по телефонному тракту оцінюється розбірливістю, гучністю і натуральністю.

2.2 Міські фіксовані телефонні мережі

Телефонні мережі є сукупністю кінцевих пристроїв (терміналів), телефонних станцій, ліній і каналів, транзитних вузлів комутації.

Початкова фаза побудови мережі зв'язку характеризується конфігурацією, коли кожна станція зв'язується з іншою телефонною станцією за принципом «кожен з кожним», як показано на рис. 2.4.

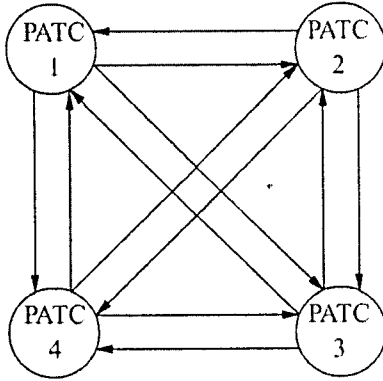


Рисунок 2.4 – Побудова не районуваної мережі

Таку топологію можна використовувати для мереж не більше 80 000 номерів. Їх недоліки: велике число напрямів і відповідне число сполучних ліній. При такій системі число напрямів дорівнює числу з'єднань станцій по два; нераціональне використання з'єднувальних ліній. У зв'язку з цим доцільно сконцентрувати навантаження декількох станцій, для чого встановлюються вузли, що концентрують вхідне навантаження, як показано на рис. 2.5.

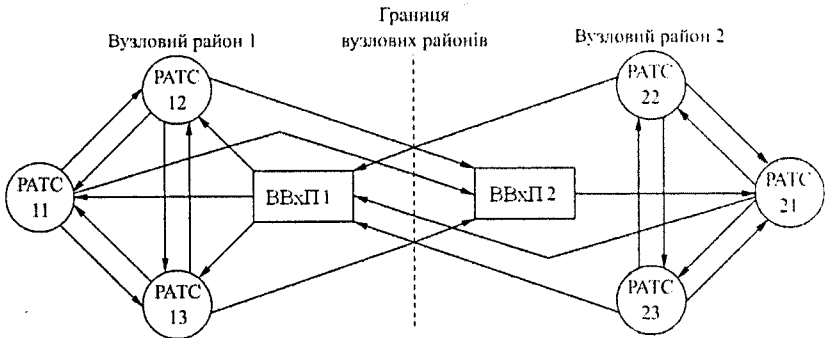


Рисунок 2.5 – Побудова мережі з вузлами вхідних повідомлень

виділяють пучки ліній (каналів), призначених тільки для міжміського зв'язку (ЗЛМ – з'єднувальні лінії міжнародні). Набагато рідше аналогічні пучки виділяються для вихідного міжміського зв'язку, в основному для зв'язку з операторами міжміської мережі (ЗЗЛ – заказні з'єднувальні лінії).

Також на великих мережах виділяється вузол спеціальних служб (міліція, швидка допомога та інші). Станція, що виконує цю роль, має бути розрахована на велике навантаження з невеликою тривалістю, що часто викликає ускладнення, оскільки в такій ситуації керуючі пристрої завантажуються значно більше, чим на звичайній станції.

2.3 Сільські фіксовані телефонні мережі

Для сільської мережі характерна мала питома концентрація абонентів. Концентруючі станції зазвичай розміщуються у великих селищах, і проблема полягає в тому, що необхідна установка малих станцій. Станція, яка концентрує навантаження, повинна мати кінцеву місткість і бути, в той же час, транзитною. Структурна схема сільської мережі показана на рис. 2.7.

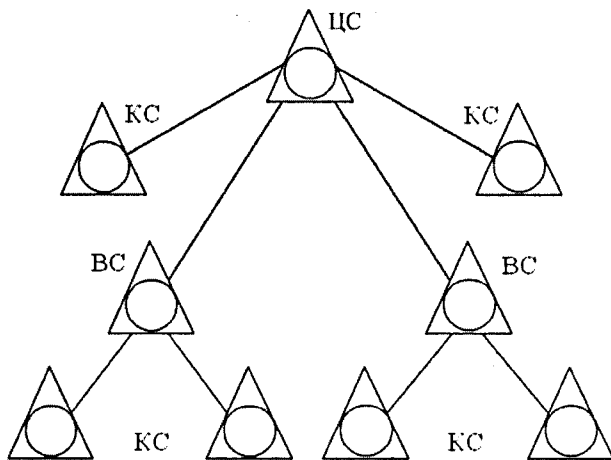


Рисунок 2.7 – Структура сільської мережі зв'язку

На сільській мережі розрізняють наступні типи станцій:

- кінцева станція (КС), зазвичай невеликої місткості (50..100 номерів), призначена для підмикання абонентів;

- центральна станція (ЦС), встановлюється в районному центрі, концентрує навантаження від крайових станцій і обслуговує абонентів цього центру, зазвичай має абонентську місткість до 2000 номерів і обслуговує майже стільки ж з'єднувальних ліній;

- вузлова станція (ВС), при певній питомій щільності абонентів (на одиницю площі) встановлюються вузли (транзитні станції), які концент-

рують навантаження від кінцевих станцій і вмикаються в центральну станцію.

Сільська мережа побудована по зонах, кожна з яких розрахована на обслуговування 100 тис. абонентів. При необхідності ЦС зв'язується з'єднувальними лініями з міськими вузлами.

2.4 Міжміські фіксовані телефонні мережі

Міжміські мережі будуються за ієрархічним принципом, як показано на рис. 2.8.

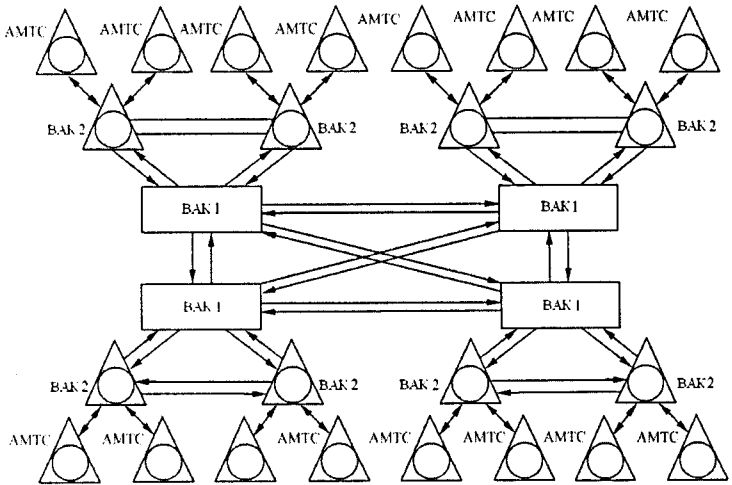


Рисунок 2.8 – Принцип побудови міжміської мережі

При побудові міжміської мережі на нижньому рівні знаходяться *автоматичні міжміські телефонні станції* (АМТС). У сільській мережі вони підключаються до ЦС. АМТС обслуговують одну або декілька мільйонних зон, у великих містах може бути декілька АМТС. Усі АМТС включаються у вузли *автоматичної комутації другого рівня* (ВАК2).

Основне навантаження між зонами проходить по лініях між ВАК2. Усе надмірне навантаження проходить через *вузли комутації першого рівня* ВАК1, які з'єднані за принципом «кожен з кожним» і розраховані на пропускання телефонного навантаження з невеликими втратами. Шляхи між ВАК1 називаються шляхами останнього вибору, оскільки ці шляхи використовуються тільки у разі відсутності шляхів між ВАК2.

2.5 Лінійно-кабельні мережі

Лінії телефонних мереж діляться на абонентські і з'єднувальні (між-станційні).

Абонентські лінії (АЛ) з'єднують телефонні апарати (ТА) з автоматичною телефонною станцією, як показано на рис. 2.9.

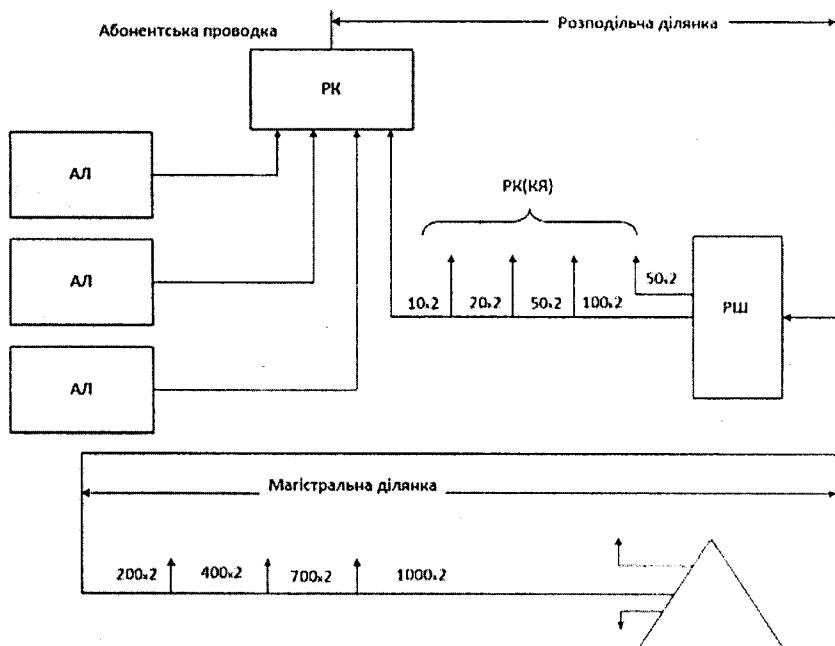


Рисунок 2.9 – Схема розподілу абонентських ліній АТС

При такій системі побудови, мережі діляться на три ділянки:

а) магістральна – від АТС до розподільної шафи (РШ);

б) від розподільної шафи до розподільної коробки (РК), а у разі використання повітряних кабелів – до кабельного ящика (КЯ);

в) від розподільної коробки до апарата абонента (абонентські провідники).

Абонентські провідники є однопарним ізольованим розподільним кабелем, а за наявності кабельної коробки можливо і неізольованим.

На розподільній ділянці застосовуються малопарні кабелі – по 10 і 100 пар. При цьому для усунення взаємного впливу застосовується скрутка.

На магістральних ділянках АЛ, прокладаються міські телефонні кабелі з числом пар 100 і більше (багатопарні) (на рис. 2.9 показаний 1000-парний кабель, що має відгалуження).

З'єднувальні лінії (ЗЛ) зв'язують між собою станції і прокладаються в трубопроводах кабельної каналізації.

На станції абонентські і з'єднувальні лінії розводяться в *крос* (cross) і за допомогою його устаткування з'єднуються із станцією.

Крос – контрольно-розподільче обладнання для комутаційних станцій, яке розміщується у приміщенні (для великих АТС), або комутаційному просторі (для малих АТС) для комутації телекомунікаційних провідників.

Крос виконує наступні функції:

а) дозволяє здійснювати підмикання і корекцію вмикання абонентських та з'єднувальних ліній до станційного устаткування в довільному порядку;

б) забезпечує електричний захист устаткування від небезпечної напруги і струмів, що виникають на лінії із-за грозових розрядів, впливу електричних залізничних ліній, ліній електропередачі, а також при контакті з електроосвітлювальною мережею.

За допомогою кросової комутації є можливість збільшувати число ліній у напрямку до станції. Наприклад, можлива організація транзиту через крос без комутації через станцію (кросовий транзит). Така комутація дозволяє організувати додаткові лінії в навантажених напрямках. При аварійній ситуації або перевантаженнях напрямів потрібний максимально обґрунтований вибір відключення каналів з одних напрямів і підключення до інших. Тому на рівні кросу в системах SDH та ATM застосовуються досконаліші методи кросової комутації. Вони забезпечують швидку реакцію на стан мережі (вихід з ладу каналів і напрямів) і можуть керуватися програмним забезпеченням. Принцип розподілу абонентських і з'єднувальних ліній показаний на рис. 2.10.

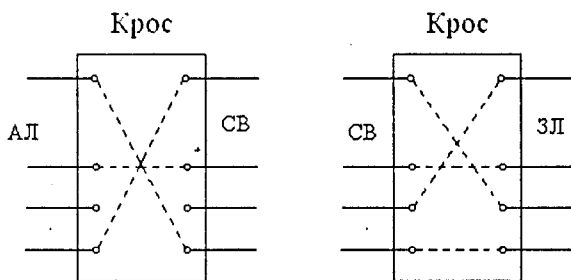


Рисунок 2.10 – Принцип закріплення абонентських (АЛ) а) та з'єднувальних (ЗЛ) б) ліній за входами станції (СВ)

При підключенні ліній з метою усунення завад і взаємних впливів, а також через відмінності в схемах захисту від високої напруги, абонентські лінії і не ущільнені з'єднувальні лінії вмикаються в одні стійки кросу. Ущільнені лінії вмикаються в інші стійки кросу.

2.6 Цифрові канали фіксованих телефонних мереж

У сучасних фіксованих телефонних мережах переважно використовуються цифрові канали передачі інформації, як комутовані, так і не комутовані. Вони здатні забезпечити гарантовану якість та швидкість передачі даних, можливість організації постійного доступу до інфокомунікаційних послуг, будувати корпоративні мережі з гнучкою конфігурацією, одночасну передачу даних, голосову та відеоінформацію з гарантованою якістю, захист інформації від несанкціонованого доступу та мінімальні затрати на експлуатацію.

Для забезпечення міжстанційного з'єднання, широко використовується апаратура ІКМ-30. На вузлових та інших ділянках, де потрібна велика кількість каналів, використовуються системи вищих порядків (ІКМ-120, ІКМ-480).

При цифровому способі передачі, особливо в системах синхронної цифрової ієрархії, широке застосування отримала кільцева структура мережі. У простому вигляді ця структура є конфігурацією послідовно з'єднаних однонаправлених цифрових каналів, що утворюють замкнуте коло-кільце.

У кожному вузлі комутації реалізуються три функції:

- а) виділення блоків (тимчасових інтервалів), призначених для цього вузла;
- б) транзитна передача блоків інформації, призначених для інших вузлів;
- в) прикріплення інформації, що йде від цього вузла.

Такий принцип роботи потребує створення блоків інформації для переходу на найнижчий рівень цифрової ієрархії (для Європейської системи ущільнення ІКМ-30). Таким чином, можна виділяти або вставляти інформацію на цьому вузлі.

При використанні синхронної цифрової ієрархії можлива вставка і видалення окремих блоків і віртуальних контейнерів. Така система ефективна, оскільки є загальний доступ усіх вузлів до загального ресурсу каналів. Вона дозволяє легко підключати нові вузли. Новий вузол просто «врізається» в найближчу точку кільця. У радіальній структурі це потребує зв'язку з центральними станціями.

Однією із переваг такої структури є можливість перерозподіляти пропускну здатність системи, що перетворює її на розподілену систему передачі і комутації. У системі SDH це робиться простим закріпленням контейнерів за певними вузлами.

Недолік простої кільцевої системи – ненадійність, оскільки вихід з ладу будь-якого вузла або будь-якої лінії може вивести її з ладу. Тому застосовується резервування (як мінімум дублювання). Наприклад, мережа із резервуванням для кільцевої мережі показана на рис. 2.11. При виході лінії з ладу використовуються ресурси другого кільця, що працює у зворотному напрямі. Для цього на кожному з вузлів комутації (ВК), що примикають до

пошкодженій лінії, утворюється зворотний транзит. Таким чином зберігається повністю дієздатна мережа.

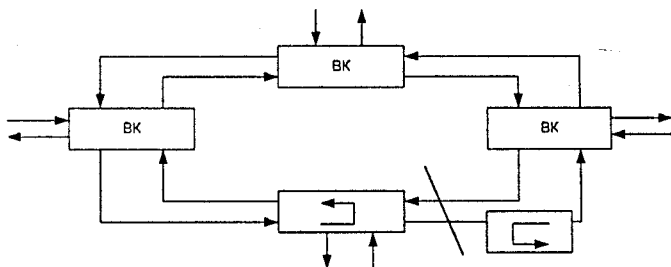


Рисунок 2.11 – Структура мережі із використанням кільця

Наслідки виходу з ладу вузла мережі мінімізуються установкою устаткування і програмного забезпечення, що створює шлях аварійного обходу (рис. 2.12). У цьому випадку вузол стає регенератором.

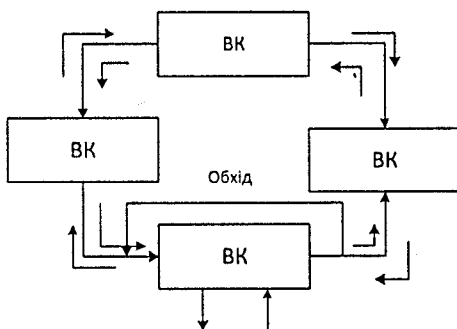


Рисунок 2.12 – Структура мережі із використанням обходу вузла при його пошкодженні

Мережі АТМ. Загальний принцип побудови мережі АТМ приведений на рис. 2.13.

Вона складається з двох частин:

- магістральна частина;
- мережа доступу.

Магістральна частина надає транспортні послуги і призначена для високошвидкісної передачі інформації з різними швидкостями, технологіями утворення інформаційного тракту і змінним навантаженням. Основні швидкості обміну – 622 або 155 Мбіт/с. Вказані магістралі можуть мати значно великі швидкості, що досягають 30 Гбіт/с.

На магістральній ділянці використовуються комутатори віртуальних шляхів і віртуальних каналів. Встановлюється обладнання, що забезпечує

інтерфейси із системами синхронної цифрової ієрархії (SDH), наприклад, устаткування підключення до транспортних модулів STM-1 (155 Мбіт/с), STM-4 (622 Мбіт/с), STM-16 (2488 Мбіт/с).

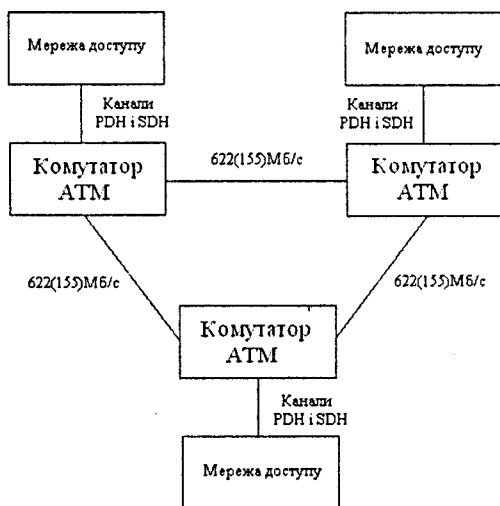


Рисунок 2.13 – Принцип побудови мережі ATM

Магістральна ділянка може містити обладнання для підключення до систем PDH, наприклад, для передачі по системах E-1 (2048 Мбіт/с), E-3 (34 368 Мбіт/с), E-4 (139,264 Мбіт/с) та ін.

Мережа доступу може включати наступні вузли:

а) пристрої для зв'язку з кінцевими терміналами, наприклад, відеопристроями, моніторами та іншим ширококутовим обладнанням;

б) мультиплексори мереж ATM, що дозволяють об'єднати різні види трафіку, включаючи потоки мовної інформації, низькошвидкісні і високошвидкісні дані, місцеві обчислювальні мережі; вони не лише концентрують ці потоки, але і адаптують їх до форматів ATM;

в) комутатори для створення мереж абонентського доступу (граничні комутатори);

г) концентратори для підключення різних джерел до апаратури ATM.

До мереж абонентського доступу можуть підключатися:

а) телефонні мережі загального користування (через з'єднувальні лінії, цифрові канали SDH і PDH);

б) локальні обчислювальні мережі, побудовані по шинному або кільцевому принципу (Ethernet);

в) мережі відеозображення;

г) мережа Інтернет.

2.7 Мережа інтелектуальних послуг

Інтелектуальні мережі (intelligent network) базуються на ресурсах телефонних мереж загального користування і забезпечують користувача доступом і виконанням деякого набору інтелектуальних послуг.

Прикладом найбільш часто використовуваних інтелектуальних послуг є «служба 800», розвинена в багатьох країнах і яка дозволяє, наприклад, користуватися телефонними картами зі сплаченими послугами міжміського зв'язку. При цьому вона дає можливість декільком компаніям запропонувати міжміський зв'язок. Абонент, набравши номер 800 (іноді перед номером потрібно префікс, наприклад 1) і цифри компанії, вказаної на картці, може вийти на міжміський зв'язок, іноді навіть на певного національного оператора. Наприклад, компанії, що рекламують товари або послуги, можуть отримати номер (після набору 800), по якому вони детально відповідають на актуальні питання. При цьому з'єднання здійснюється незалежно від географічного розташування абонента, який викликає. Для зручності замовника замість цифр може використовуватися набір букв, що означають ім'я компанії. У загальному вигляді можна сказати, що інтелектуальна мережа є надбудовою або подальшим розширенням мережі загального користування.

Архітектура платформи інтелектуальної мережі представлена на рис. 2.14.

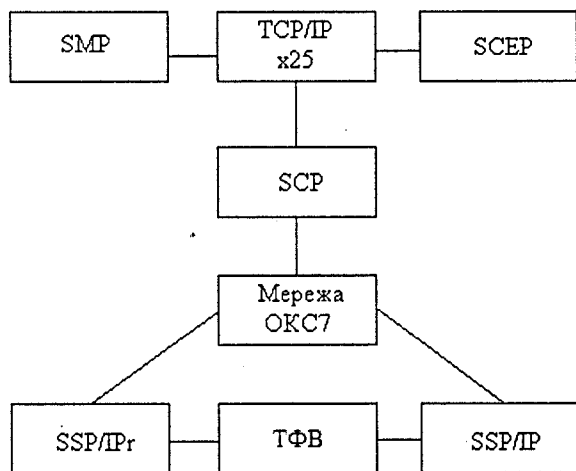


Рисунок 2.14 – Принцип побудови інтелектуальної мережі

Вона містить звичайний телефонний вузол (ТФВ), що здійснює первинний прийом номера та підмикання з'єднання до вузла управління пос-

лугами (як один з видів з'єднань). Платформа забезпечена додатковим програмним забезпеченням, яке дозволяє взаємодіяти з іншими елементами інтелектуальної мережі. Сукупність апаратних і програмних засобів, що забезпечують підключення ТФВ до інтелектуальної мережі, називається *вузлом комутації послуг* (ВКМП) (SSP, Service Switching Point).

Станції, що підключають абонентів до інтелектуальної мережі, включені в звичайну телефонну мережу, проте напрям до *вузлів керування послугами* (ВКП) (SCP, Service Control Point) вимагає наявності ОКС з *системою протоколів інтелектуальної мережі* (ППІМ) (INAP, Intelligent Network Application Part), призначеної для передачі сигналів даного типу мережі.

У звичайну станцію можуть бути підімкнені пристрої для реалізації додаткових функцій типу *інтелектуальної периферії* (ІП) (IPr, Integral Peripheral), наприклад, підтримка діалогів із абонентами (запит про набір цифр, інформація про кошторис послуг і т. ін.). Вся інформація, яка додатково надходить від абонента, представлена в багато частотному коді. У зв'язку з цим апарати абонентів повинні бути обладнані частотним номеронабирачем. Для підмикання ІП до вузла ВКП використовуються з'єднувальні лінії із сигналізацією, яка реалізує протоколи DSS первинного доступу ISDN.

Вузол керування послугами містить в собі програми, які централізовано реалізують логіку послуг. В залежності від прийнятої інформації він дистанційно за допомогою каналу сигналізації керує ВКМП. Наприклад, виконує переадресацію виклику на другий комутаційний вузол та інші комутаційні функції. Вузол ВКМП після виконання комутації зупиняє свою роботу до отримання нових інструкцій від ВКП, аж до роз'єднання.

Система експлуатаційного керування (СЕК) (SCEP, Service Creating Environment Point) та *середовище створення послуг* (ССП) (SMP, Service Management Point) надають можливість оператору керувати, контролювати, активувати, створювати та відмінити послуги мережі.

2.8 Особливості нумерації на телефонних мережах

На телефонній мережі відомі два види нумерації: відкрита і закрита. Відкрита нумерація характеризується тим, що число знаків залежить від маршруту з'єднання. Оскільки маршрутизація в телефонній мережі дуже складна і недоступна широкому колу абонентів, то часто такий вид нумерації не використовується. Нині з розвитком принципів частотного набору з'явилася можливість широкого використання так званого «донабору» номера. Цей вид широко застосовується в різних сервісах: наприклад, при обслуговуванні на декількох мовах після набору номера можуть бути представлені оператори, ті, що говорять на різних мовах. Для цього «голос» проговорює стандартні фази. Після набору номера з'єднання надходить до різних операторів. Може бути декілька ступенів сповіщення. На-

приклад, спочатку за допомогою голосу абонентові пропонуються технічні або ремонтні служби, а потім мови. Це, по суті, є змінною нумерацією різних служб, і набір може бути закінчений на будь-якій з цифр.

Такий спосіб застосовується для міжміських і міських служб. Іноді «донабір» застосовується при підключенні офісних, транкінгових та інших мереж невеликого об'єму при підключенні їх на правах абонентів.

При закритій нумерації абонентів їм привласнюються постійні номери, і їх значення не залежить від положення абонента, якого викликають.

На практиці застосовується змішана система нумерації. Наприклад, якщо абонент викликає абонента своєї зони (міста), він набирає номер внутрішньозонової нумерації. При виході за межі зони йому доводиться набирати довший номер.

На міській мережі використовується тільки закрыта 5-, 6-, 7-значна нумерація. Абонентський номер утворюється в межах 10 000-ої групи (0000-9999) з додаванням на початку коду, що визначає цю десятитисячну групу. Також допускається застосування на одній мережі закрытої нумерації з різним числом цифр (наприклад, 5 – 6 або 6 – 7 знаків).

Для виклику екстрених і деяких довідкових служб, застосовується скорочена нумерація, що містить 3 знаки. При цьому номери використовують першу цифру 1. На усіх мережах України екстреним спецслужбам привласнюються однакові трьохзначні номери:

пожежна служба – 101;

міліція – 102;

швидка медична допомога – 103;

аварійна служба газової мережі – 104.

Для користування автоматичним міжміським телефонним зв'язком необхідно набрати номер ABC ab xxxxx, де ABC – тризначний код зони; ab – код місцевої мережі або сотисячної групи абонентів.

Для міжміського зв'язку значення A можуть бути використані для нумерації. B, C можуть бути повністю використані для нумерації.

При міжнародному зв'язку використовується код 8 – 10N, де 10 – індекс виходу на міжнародну мережу, а N – повний міжнародний номер абонента (11 – 12 знаків), що викликається.

Номери від 8 – 11 до 8 – 19 зарезервовані для міжміських служб (оператори міжнародних служб, довідкова міжміська і міжнародні служби).

Нумерація при міському і сільському зв'язку. Два значення коду: a = 0, і a = 8 зарезервовані для спеціальних служб і міжнародного зв'язку. Інші значення можуть використовуватися для нумерації.

Якщо абонент при місцевому зв'язку для виходу на МТС набирає індекс виходу, то останній набирається додатково перед індексом ABC.

При автоматичному зоновою телефонному зв'язку абонент повинен набирати 8 -0 ab xxxxx, де ab – внутрішньозоновий індекс; ab xxxxx – семизначний зоновий абонентський номер.

Для виклику довідково-інформаційних служб міжміських АТС і мереж райцентрів сільської телефонної мережі з місцевою скороченою нумерацією по автоматичній міжміській внутрішньозоновій мережі повинні використовуватися повні міжміські номери, побудовані за наступним принципом:

по міжміській мережі – 8 – АВС ab0x111;

по внутрішньозоновій мережі – 8 – 2 ab 0x111;

Набір довідково-інформаційних служб з 3-значною нумерацією проводиться набором:

по міжміській мережі – 8 – АВС ab 1xx11, де 1x(x) – місцевий номер служби (дужки означають можливість використання ще одного знаку);

11(1) – додаткові знаки для вирівнювання значності міжміського або зоновому номера;

по внутрішньозоновій мережі – 8 – 2 ab 1xx11, де 1x(x)11 – місцевий номер служби.

Для виклику по міжміській або внутрішньозоновій мережі довідково-інформаційних служб МТС обласного центру з 5-, 6- або 7-значною нумерацією виділяється спеціальний код сотисячної групи ab – 99.

2.9 Мережі синхронізації

Кожна комутаційна станція містить в собі генератор для синхронізації всіх внутрішніх пристроїв. При побудові мереж передачі інформації є необхідним, щоб центральні генератори станцій підлаштовувались один під одного. Розглянемо методи такого взаємного налаштування всіх генераторів мережі.

Перший метод полягає у *взаємній синхронізації* (mutual synchronization). У цьому випадку загальна частота синхронізації встановлюється завдяки тому, що всі вузли комутації у мережі обмінюються опорними частотами (цей спосіб отримав назву «демократичний»). Напрямок потоків взаємної синхронізації наведено стрілками, як показано на рис 2.15.

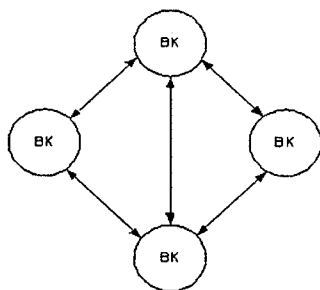


Рисунок 2.15 – Взаємна синхронізація вузлів комутації

У кожному опорному вузлі вхідні частоти усереднюються. Таке усереднене значення використовується в якості тактової частоти для місцевого використання. Після закінчення періоду первинної установки тактова частота мережі зазвичай прямує до стабільної єдиної загальної частоти.

Перевагою даного методу є збереження працездатності мережі при виході з ладу одного або декількох опорних генераторів. Недолік полягає в тому, що при виникненні відхилень частоти відбувається тривалий процес входження в стабільну роботу, який порушує роботу всієї мережі.

Другий метод полягає у використанні *загальної мережі синхронізації* (overall network synchronization). В такому випадку створюється мережа служби синхронізації, яка використовується для синхронізації опорних генераторів на вузлах мережі, як показано на рис. 2.16. Вона містить вузли синхронізації (ВС). Таке рішення пов'язане з великими витратами на створення подібної мережі.

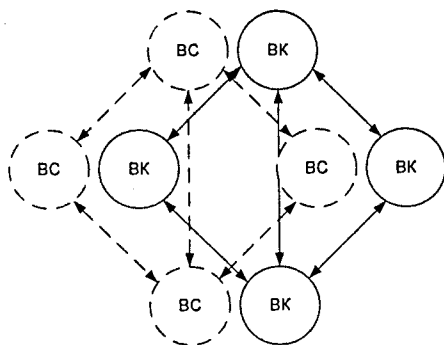


Рисунок 2.16 – Загальна мережа синхронізації

На наведеному вище рисунку суцільними лініями наведено напрям потоків корисної інформації, а пунктирними – напрямки для інформації синхронізації

Вимушена синхронізація (forced synchronization) наведена на рис. 2.17. Цей метод одержав назву ієрархічного. У цьому випадку створюється ієрархічна система синхронізації (збігається за структурою з ієрархією мережі комутації), де вузли верхнього рівня передають еталонну частоту для нижнього рівня. Це можливо двома способами – прямим і непрямим. При прямому способі виділяється окрема лінія синхронізації. Такий підхід, по суті, утворює мережу синхронізації. При непрямому способі опорний генератор нижнього рівня синхронізується від генератора верхнього рівня по інформаційних каналах, виділяючи тактові імпульси з цифрового потоку даних і мови.

На реальних мережах застосовується змішаний спосіб: деякі з вузлів мережі синхронізуються прямим способом, деякі – непрямыми (показано пунктиром), що визначається шляхом техніко-економічного аналізу.

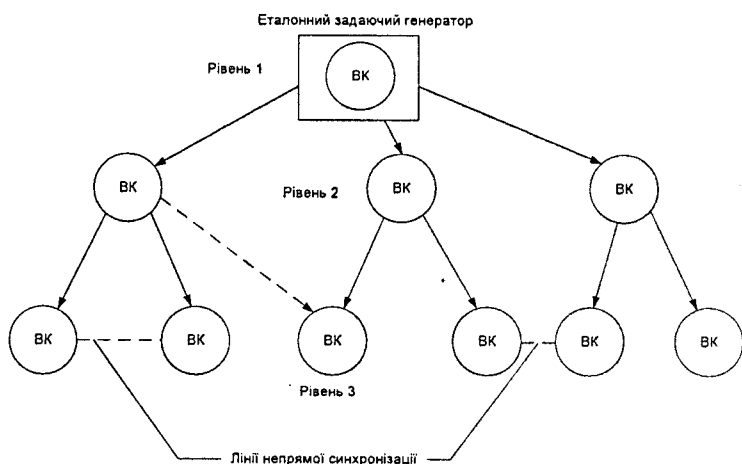


Рисунок 2.17 – Вимушена синхронізація вузлів комутації

Всі підстанції однієї станції і всі абонентські системи цифрового ущільнення застосовують систему примусової синхронізації від станції, як показано на рис. 2.18.

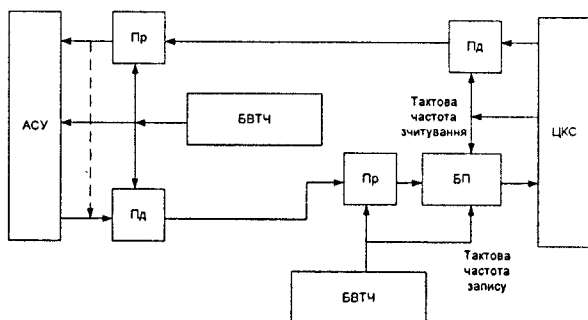


Рисунок 2.18 – Стик між лінією абонентської системи ущільнення і цифровою станцією

Тут наведена абонентська система ущільнення (АСУ) з приймачем (Пр), передавачем (Пд) та станція з аналогічним устаткуванням. Станція

посилає потік мовної інформації і даних, синхронізований по частоті зі своїм опорним генератором. Використовуючи цей потік, абонентська система виробляє синхронізацію свого генератора і відповідає цифровим потоком. Цей потік містить всі спотворення, які мають місце при передачі від станції до абонентської системи, зокрема спотворення фази через час розповсюдження. Для того, щоб запобігти спотворенням, на стороні станції при прийомі вхідного потоку, що містить попередню по «петлі» тактову послідовність, використовують блок пам'яті (БП). Це дозволяє виконувати процедуру відновлення тактової частоти спеціальним блоком (БВТЧ), тільки на стороні цифрової комутаційної станції (ЦКС), що спрощує апаратуру, яка стоїть на підстанції.

Питання для самоперевірки

1. Дайте характеристику телефонним мережам.
2. Що таке телефонна станція та комутаційний вузол?
3. Охарактеризуйте тракт передачі телефонної інформації. Вкажіть переваги та недоліки.
4. Особливості побудови сучасної міської телефонної мережі.
5. Особливості побудови сільської телефонної мережі.
6. Особливості побудови міжміської телефонної мережі.
7. Дайте характеристику фізичним лініям передачі інформації у телефонних мережах.
8. Дайте порівняльну характеристику цифровим та аналоговим каналам передачі.
9. Для чого використовується мережа АТМ?
10. Дайте характеристику інтелектуальним послугам.
11. В чому особливості побудови номера абонента?
12. Наведіть принципи синхронізації мереж.
13. Яким чином виконується з'єднання між станціями?
14. Охарактеризуйте обладнання кросу.
15. Що таке кросова комутація?
16. Що таке змішана синхронізація?
17. Наведіть приклад побудови сучасної фіксованої телефонної мережі. Вкажіть переваги та недоліки.
18. Особливості побудови кільцевих мереж.
19. Система примусової синхронізації для комутаційних станцій. Особливості, переваги та недоліки.
20. Дайте порівняльну характеристику основним комутаційним вузлам фіксованих телефонних мереж.

3 СИГНАЛІЗАЦІЯ В ТЕЛЕФОННИХ МЕРЕЖАХ

3.1 Класифікація видів сигналізації

Під *сигналізацією* в мережах зв'язку розуміється сукупність сигналів, переданих між елементами мережі, і способів їх передачі для забезпечення встановлення і роз'єднання з'єднання при обслуговуванні викликів, а також для передачі службової інформації. Ділянкою мережі зв'язку називається ділянка *тракту передачі інформації*, обмежена двома суміжними вузлами комутації або вузлом комутації і абонентським терміналом.

Залежно від ділянки мережі розрізняють види сигналізації, як показано на рис. 3.1:

а) *абонентська* – на ділянці між абонентським терміналом і комутаційною станцією;

б) *внутрішньостанційна* – на ділянках між різними функціональними вузлами і блоками усередині комутаційної станції;

в) *міжстанційна* – між різними комутаційними станціями в мережі.

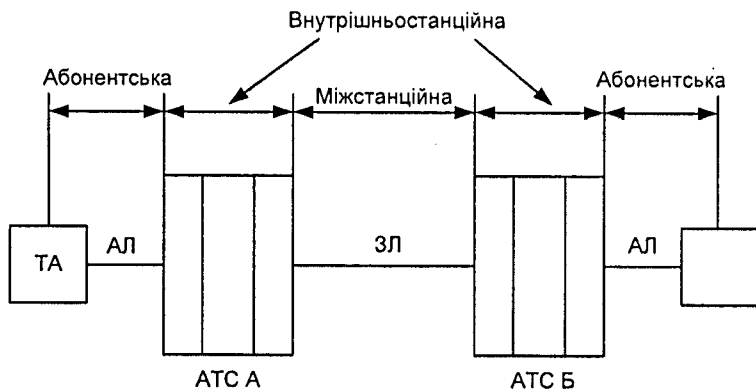


Рисунок 3.1 – Види сигналізації в телефонних мережах зв'язку

Сигнали, передані по телефонних каналах і лініях, розділяються на три групи: *лінійні сигнали*, *сигнали керування* та *інформаційні сигнали*. До складу абонентської сигналізації входять всі сигнали, передані між абонентським терміналом і АТС (інформаційні сигнали та інформація про номер абонента). До них відносяться сигнали виклику станції, відповіді станції, набору номера, посилки, контролю посилки виклику, зайнятості абонента та ін. Ці сигнали називаються *абонентськими сигналами*. Вони надають

адресну інформацію, а також є акустичним супроводом лінійних сигналів для інформування абонентів про стан обслуговування виклику.

Внутрішньостанційна сигналізація залежить від архітектури і принципів побудови системи комутації, використовуваної елементної бази і є специфічною для кожного виду системи.

До складу *міжстанційної сигналізації* входять всі сигнали, передані між комутаційними вузлами. До таких сигналів відносяться лінійні сигнали і сигнали маршрутизації (їх також називають сигналами керування або реєстровими сигналами).

Лінійні сигнали використовуються між станціями для взаємного інформування про стан лінії в процесі обслуговування виклику. До них відносяться сигнали підтвердження зайнятості, відповідь абонента, що викликається, а також сигнали відбою абонента, що викликається і викликає. Ці сигнали відзначають основні етапи встановлення з'єднання (вихідний стан, заняття, відповідь, роз'єднання та ін.). Сукупність лінійних сигналів і способів їх передачі утворює *лінійну сигналізацію*. Залежно від системи комутації і способів передачі лінійних сигналів існують різні системи *лінійної сигналізації*. *Сигнали маршрутизації* (реєстрові сигнали) представляють адресну інформацію для маршрутизації викликів до місця призначення. До них відносяться інформація про номер абонента, що викликається, інформація про категорію і номер викликаючого абонента, частотний запит АОН (автоматичний визначник номеру) та ін. Для координатної АТС ці сигнали називають реєстровими, оскільки вони видаються з реєстра.

Сукупність сигналів маршрутизації і способів їх передачі утворює реєстрову сигналізацію. Класифікація видів сигналізації, які використовуються на телефонних мережах, наведено на рис. 3.2.

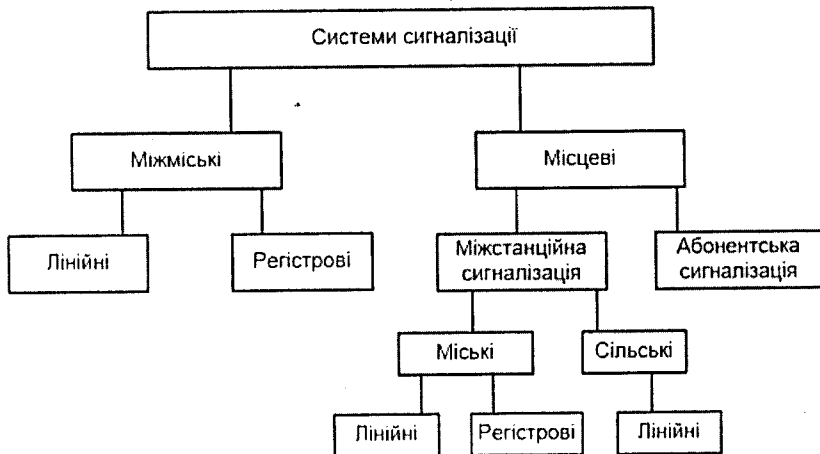


Рисунок 3.2 – Класифікація видів сигналізації

3.2 Способи передачі міжстанційної сигнальної інформації

Сигнальна інформація (лінійні і регістрові сигнали) між станціями можуть передаватися трьома основними способами.

Перший спосіб передбачає передачу сигналів безпосередньо по телефонному каналу, де сигнали передаються постійним струмом (DC signaling) або струмами тональної частоти (в межах діапазону 300 – 3400 кГц). Системи сигналізації, що використовують даний спосіб передачі сигналів, отримали назву *внутрішньосмугові системи сигналізації*. Загальна структура такої системи наведена на рис. 3.3.

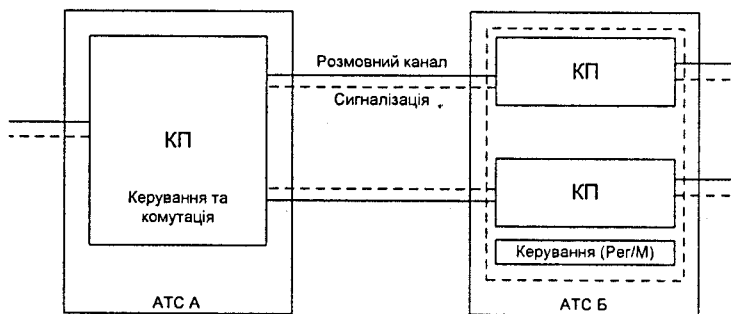


Рисунок 3.3 – Сигналізація безпосередньо по телефонному каналу

Для цього способу сигналізації характерним є те, що в процесі обслуговування виклику сигнальна (суцільні лінії) і корисна (пунктирні лінії) інформація проходить один і той же шлях як всередині станції, так і поза нею по міжстанційних з'єднувальних лініях.

Другий спосіб полягає у передачі сигналів по виділеному сигнальному каналу, в якості якого використовується шістнадцятий часовий інтервал в ІКМ тракту або виділений частотний канал поза розмовним спектром каналу тональної частоти (ТЧ), наприклад 3825 Гц. Системи сигналізації, що використовують даний спосіб передачі сигналів, отримали назву *системи сигналізації по виділеному сигнальному каналу* (ВСК). Така технологія дозволяє добитися більшої гнучкості в керуванні викликами і є більш економічною. Спосіб сигналізації по ВСК наведено на рис. 3.4.

Для цього способу сигналізації характерне те, що в процесі обслуговування виклику сигнальна і корисна інформація поза станцією проходить одну і ту ж дорогу, але усередині станції кола проходження цих сигналів розділені. Розмовна інформація проходить через комутаційні блоки (суцільні лінії), а сигнальна інформація (пунктирні лінії) – через керуючі пристрої.

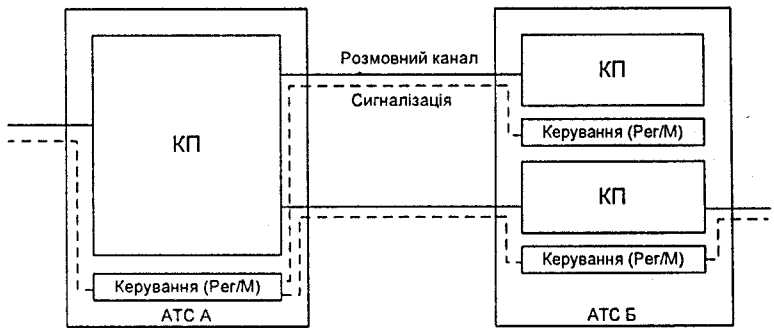


Рисунок 3.4 – Сигналізація по виділеному сигнальному каналу

Перші два способи передачі сигнальної інформації володіють обмеженими можливостями. Зокрема, існують обмеження на загальне число станів шлейфу і на число комбінацій частот. Ці недоліки вдається ліквідувати у третьому способі передачі сигнальної інформації.

Передача сигналів по загальному каналу сигналізації, де передача сигнальної інформації здійснюється по тракту, який надається для цілого пучка телефонних каналів за принципом адресного використання. В цьому випадку сигнали передаються відповідно до своїх адрес і розміщуються в спільному буфері для використання кожним телефонним каналом, коли це буде необхідно. Системи сигналізації, що використовують такий спосіб передачі сигналів, отримали назву *системи загальноканальної сигналізації* (ЗКС). У системі ЗКС тракту сигналізації і розмовні тракту розділені. Таке розділення виконується як всередині, так і поза станцією, тим самим оптимізуються процеси керування, комутації і сигналізації, як показано на рис. 3.5.

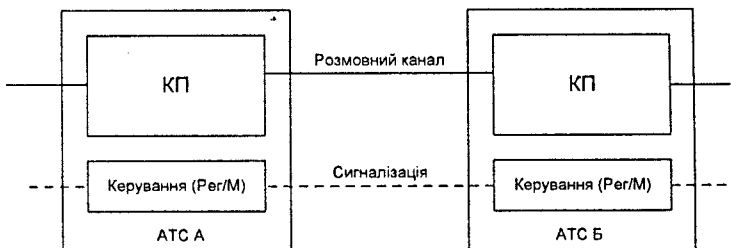


Рисунок 3.5 – Сигналізація по загальному каналу

Для ЗКС може застосовуватися окрема мережа сигналізації або сигналізація може бути реалізована з використанням мережі з комутацією кана-

лів шляхом виділення спеціальних каналів (наприклад 16-й часовий інтервал цифрового потоку ІКМ). Розмовна інформація також проходить через комутаційні блоки, проте сигнальна інформація передається по окремому тракту як усередині, так і поза станцією. Такий спосіб дає максимальну гнучкість в оптимізації станції і розвитку сигналізації.

3.3 Передача номера абонента по абонентській лінії

На сьогодні на телефонній мережі використовується два способи набору номера абонента: *імпульсний набір* (декадним кодом) і *тональний набір* (багаточастотним кодом). При імпульсному наборі імпульси посилаються шляхом почергового розмикання і замикання шлейфу зі швидкістю 10 імпульсів в секунду. Тривалість розмикання (без струмової посилки) дорівнює приблизно 60 мс, а тривалість замикання – приблизно 40 мс. Для того, щоб визначити кінець однієї цифри і початок наступної, міжсерійний інтервал має бути не менше 200 мс. Число розмикань або замикань міжсерійного інтервалу відповідає цифрі набраного номера. На рис. 3.6 наведена часова діаграма формування цифр номера 3 і 5 імпульсним набором.

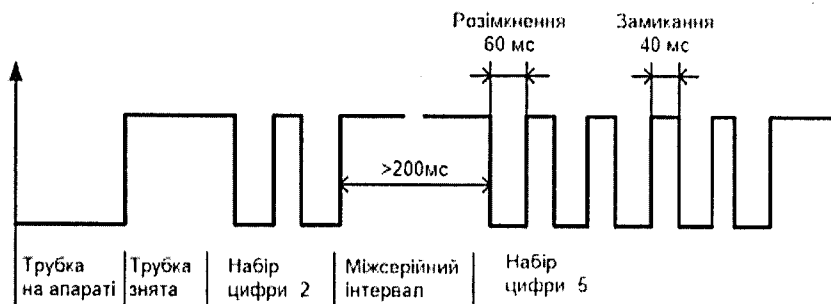


Рисунок 3.6 – Часова діаграма для цифр 3 і 5 імпульсного набору

Для передачі інформації про номер від телефонного апарату *тональним набором* використовується багаточастотний код «2 із 8» (див. рис. 3.7).

Сигнальні частоти вибираються з двох окремих груп частот звукового діапазону:

- а) нижня група – 697, 770, 852 і 941 Гц;
- б) верхня група – 1209, 1336, 1477 і 1633 Гц.

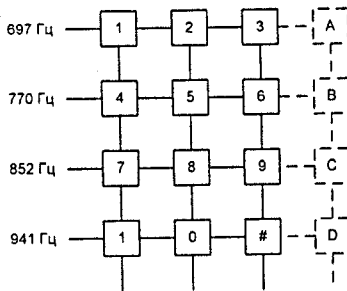


Рисунок 3.7 – Відповідність частот цифрам тонального набору номера

Кожен сигнал містить дві сигнальні частоти. Одна із частот вибирається з нижньої групи, а друга – з верхньої. Частота 1633 Гц (А, В, С, Е) використовується для реалізації додаткового набору функцій, наприклад, в міні-АТС.

3.4 Лінійна сигналізація

Передача лінійних сигналів може здійснюватися наступними основними способами, як наведено на рис. 3.8:

- а) передача сигналів постійним струмом;
- б) одночастотна позасмугова передача сигналів (3825 Гц);
- в) одночастотна (2600 Гц) або двочастотна (1200 і 1600 Гц) внутрішньосмугова передача сигналів;
- г) передача сигналів по ІКМ трактах.

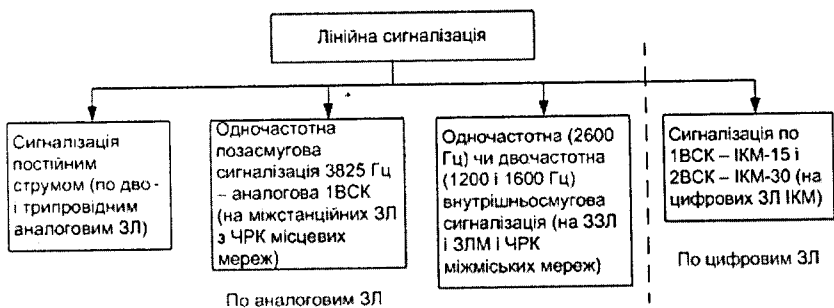


Рисунок 3.8 – Способи передачі лінійних сигналів

Передача лінійних сигналів по аналогових з'єднувальних лініях

Спосіб передачі лінійних сигналів постійним струмом був основним із початку введення в експлуатацію декадно-крокових АТС. Передача сигнала-

лів може здійснюватися як по двопровідних ЗЛ (по розмовних проводах «а» і «б»), так і по трипровідних ЗЛ (для розширення алфавіту сигналів додатково може бути використаний провід «с»). Відмінними ознаками різних лінійних сигналів є різні полярності, тривалість і послідовність передачі сигналів. На рис. 3.9 приведений принцип передачі сигналів постійним струмом на прикладі аналогової двопроводової ЗЛ.

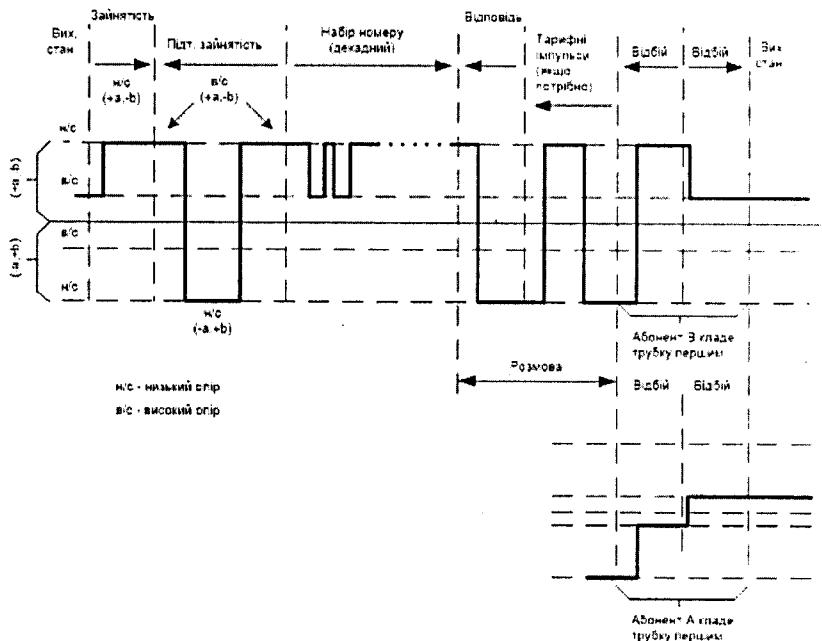


Рисунок 3.9 – Принцип передачі сигналів постійним струмом

Передача лінійних сигналів по цифрових каналах систем передачі ІКМ-30. На цифрових ЗЛ, які використовують системи передачі з ІКМ, застосовується передача лінійних сигналів по ІКМ трактах (сигналізація 2ВСК). Для передачі цифрових сигналів організуються надцикли, цикли і часові інтервали. У часових інтервалах, які відповідають мовним каналам, передаються восьмибітові комбінації, що кодують аналогові сигнали. Циклова структура цифрового потоку залежить від використовуваних стандартів. Міжнародним союзом електрозв'язку (МСЕ) визначено два стандарти систем передачі ІКМ: європейський ІКМ-30 і американський ІКМ-24. У цифровій системі ІКМ-30 для передачі сигнальної інформації про стан 30 мовних каналів організуються надцикл, що містить 16 циклів по 125 мкс кожен, як показано на рис. 3.10.

Нульовий часовий інтервал (ЧІ, time interval) парних циклів використовується для циклової синхронізації (біт 1 – канал передачі низькошвидкісної цифрової інформації – телеграфний канал, біти 2..8 – синхрокомбінація).

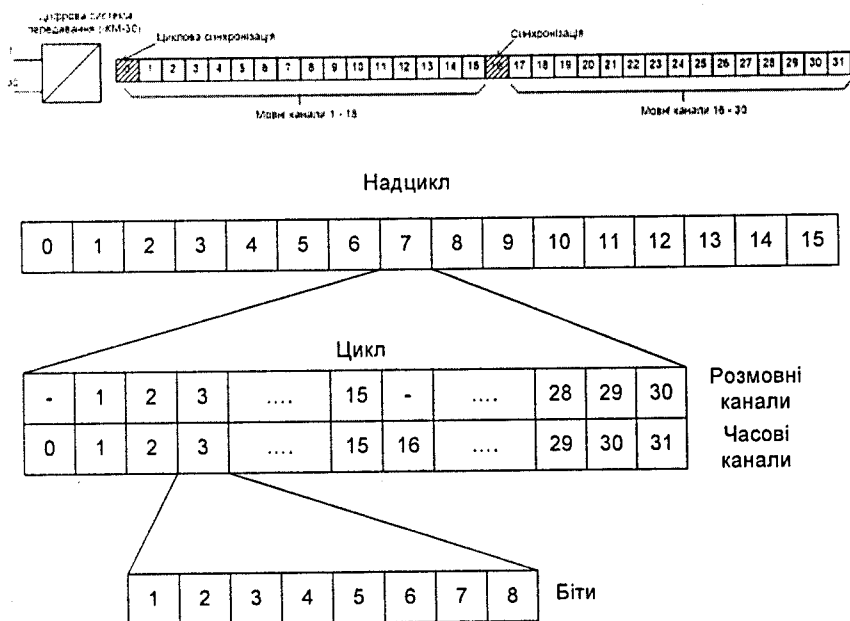


Рисунок 3.10 – Циклова структура тридцяти каналів системи ІКМ

Нульовий ЧІ непарних циклів використовується для передачі службової інформації (біт 1 – телеграфний канал, біт 3 – інформація про втрату циклової синхронізації, біт 6 – сигнал контролю залишкового загасання, біти 2, 4, 5, 7, 8 є вільними і передають одиничні символи). Часові інтервали 1 – 15 і 17 – 31 слугують для передачі корисної інформації. У 16 інтервалі всіх циклів, окрім нульового, організовується по 2 сигнальних канали. Кожний сигнальний канал має 4 біта: а, b, с і d, як показано на рис. 3.11.

У 16-му часовому інтервалі нульового циклу передається надцикловий синхросигнал, від якого ведеться відлік сигнальних каналів. Цей сигнал передається в бітах з 1, 2, 3, 4 рівних 0000. Біт 6 (Y) передає інформацію про втрату надциклової синхронізації (1 – синхронізація втрачена, 0 – нормальна робота). Біти 5, 7, 8 (X) зафіксовані і рівні відповідно 1, 0, 1. Шістнадцятий часовий інтервал першого циклу передає по 4 сигнальних біта для розмовних каналів 1 і 16, а шістнадцятий часовий інтервал другого циклу – для каналів 2 і 17 і так далі. Оскільки в надциклі 16 циклів, то період

дискретизації сигнальних каналів дорівнює $16 \times 125 \text{ мкс} = 2 \text{ мс}$. Сигнальні біти, відповідно розмовним каналам, розподілені наступним чином: біти с і d зафіксовані і дорівнюють 0 і 1 відповідно. Для кодування сигналів сигналізації використовуються біти а і b.

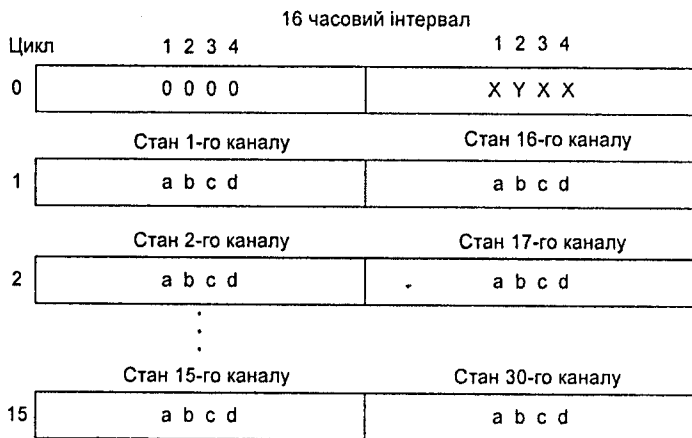


Рисунок 3.11 – Передача сигнальної інформації 2ВСК в системі ІКМ-30

Для захисту від випадкових помилок в приймачі лінійних сигналів застосовується так званий часовий фільтр. Його суть полягає в тому, що зміна значення будь-якого з бітів а і b має бути підтверджена протягом декількох надциклів. Непідтверджена зміна значення біта ігнорується.

3.5 Загальний канал сигналізації № 7

Зі збільшенням і ускладненням функцій комутаційних систем стало необхідним вдосконалити систему сигналізації. Найбільш кардинальним рішенням був поділ кіл передачі інформації та сигнальних кіл. Така система реалізується наступним чином. На групу каналів виділяється сигнальний канал, та інформація, що стосується з'єднання будь-якого каналу з групи, передається по загальному каналу і супроводжується адресою джерела.

Переваги *загального (або основного) каналу сигналізації* (ОКС № 7, Signaling System № 7) наступні:

1. Сигнальні кола відокремлені від кіл передачі інформації, що виключає їх взаємний вплив, наприклад, імітацію сигналів в тракті обміну. Немає необхідності підключати та відключати приймачі, передавачі і тракт обміну, що спрощує алгоритми обміну сигналами.

2. Обмін сигналами здійснюється за допомогою засобів, властивих техніці передачі даних, тому збільшується швидкість обміну, і вводяться ефективні способи захисту для абонентських ліній ISDN.

3. Збільшується число сигналів, які можуть бути передані по тракту сигналізації, оскільки кодування інформації не пов'язано з обмеженнями, властивими взаємодії з інформаційним трактом.

4. Можливе використання пучків каналів у двосторонньому режимі.

5. Загальний канал сигналізації пов'язаний не тільки з телефонними додатками і може бути використаний для передачі сигналів по будь-яких протоколах, в тому числі може служити потужним засобом для передачі та комутації даних.

До недоліків ОКС слід віднести:

1. Необхідність виділення окремого каналу. У цифрових АТС цей недолік не впливає на зайнятість каналів обміну (для цього виділено 16-й канал), тому не є істотним і докладно не розглядається.

2. Централізація обміну. З точки зору каналної надійності канал сигналізації один на групу з 30 каналів (у ІКМ). Тому у великих пучках ліній є можливість обміну по іншому тракту. З точки зору керування цей недолік притаманний системам з централізованим керуванням, де програма керування ОКС пов'язана з одним (резервованим) пристроєм. У децентралізованій системі можуть бути кілька модулів, програмне забезпечення яких керує сигналізацією.

Канали ОКС № 7 представляють собою окрему мережу і комутуються за правилами комутації повідомлень. Можливі два способи маршрутизації сигнальних повідомлень, як показано на рис. 3.12.

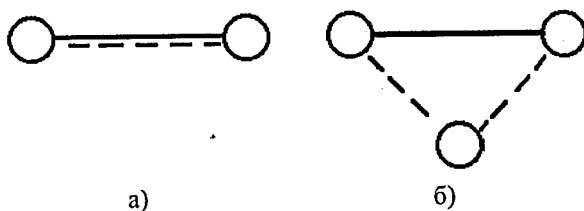


Рисунок 3.12 – Способи маршрутизації інформації в ОКС: а) зв'язаний, б) незв'язаний;
----- маршрут каналу сигналізації;
—— маршрут інформаційного каналу

Відповідно до першого способу (зв'язаний ОКС), маршрутизація інформації каналів сигналізації проводиться спільно з маршрутизацією інформаційних каналів, при цьому їх маршрути збігаються.

Другий спосіб – незв'язаний ОКС. Маршрутизація сигнальної інформації йде незалежно від інформаційних каналів, і їхні маршрути можуть не збігатися.

Основні пристрої, що реалізують ОКС, показані на рис. 3.13.

Інтерфейс з інформаційними каналами реалізує взаємодію з комутаційним полем. Залежно від навантаження входи ОКС можуть займати кілька входів в комутаційне поле. При цьому в загальному випадку вони імітують цифровий потік і можуть бути комутовані в будь-який канал будь-якого тракту на виході (типовий тракт ІКМ включає в себе 30 інформаційних каналів).

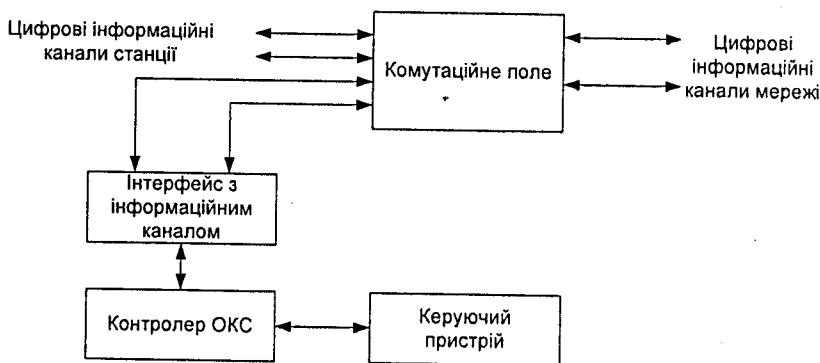


Рисунок 3.13 – Основні пристрої, що реалізують ОКС

Інтерфейс дозволяє накопичувати інформацію від кожного каналу сигналізації та комутувати її в 16-й канал необхідного тракту. Можливість комутації з іншими каналами створює умови для ліквідації аварійних ситуацій і резервування.

Контролер ОКС робить обробку сигналів і виконує запити нижніх рівнів протоколу (фізичного і канального). Апаратурна реалізація частини протоколу, як правило, збільшує швидкодію і стійкість системи.

Керуючий пристрій являє собою процесор у поєднанні з необхідними видами пам'яті. Це або станційний керуючий пристрій, або пристрій керування модулем. У першому випадку при встановленні з'єднання взаємодіють програмні блоки ОКС і встановлення з'єднання. У другому необхідно здійснювати обмін інформацією з іншими модулями.

Архітектура протоколів ОКС № 7. На рис. 3.14 наводиться діаграма, що визначає відповідність архітектури протоколів ОКС № 7 і рівнів моделі ВВС (взаємодія відкритих систем, вона відома під назвою OSI – семирівнева модель взаємозв'язку відкритих систем).

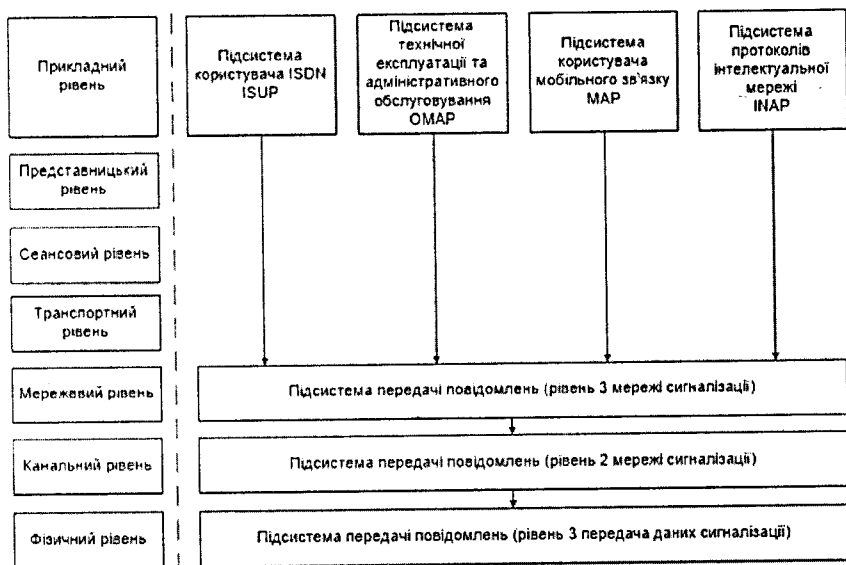


Рисунок 3.14 – Протоколи ОКС № 7

У підсистемах нижнього рівня є функція – забезпечити передачу через ОКС не лише даних, що відносяться до сигнальної інформації, але й інших даних.

У цьому випадку необхідно враховувати, що при передачі виникає дві групи одиниць інформації, орієнтованих на з'єднання і не орієнтованих на з'єднання. У рамках цих груп з'являються класи інформації, які висувають різні вимоги до системи. Це, в першу чергу, вимоги до часових затримок (чутлива інформація до цього явища). У кожному з цих класів може передаватися інформація, що має постійну та змінну швидкість. Такі вимоги забезпечили впровадження на третьому рівні системи передачі повідомлень підсистему керування з'єднанням каналів сигналізації (Signaling Connection Control Part, SCCP), яка керує передачею по мережі.

Розглянемо підсистеми, що входять в модель ОКС, починаючи із системи, яка розкриває основні сигнали на рівні користувача.

Три нижніх рівні моделі протоколів ОКС об'єднані в підсистему MTP (Message Transfer Part, *підсистема передачі повідомлень*) і реалізуються переважно апаратно.

Перший рівень (фізичний) визначає фізичні, електричні і функціональні характеристики каналу передачі даних для ланки сигналізації. На цьому рівні здійснюється транспортування сигналу у заданому фізичному середовищі. Як згадувалося вище, найбільш часто використовуваними є засто-

сування 16-го каналу в системі ІКМ для передачі сигналів ОКС зі швидкістю 64 Кбіт/с. Цей канал вводиться як цифровий тракт в комутаційне поле станції і, отже, повинен мати ті ж самі характеристики.

Якщо каналів сигналізації декілька, то вони можуть організувати на вході багатоканальний тракт.

Другий рівень (канальний). Він визначає структуру інформації, що передається по ланці, процедури виявлення та виправлення помилок.

Третій рівень (мережевий) забезпечує маршрутизацію і надійність передачі повідомлення за рахунок вибору відповідного маршруту передачі та керування мережею сигналізації. Цей же рівень передає і приймає інформацію від систем сигналізації прикладного рівня.

Прикладні рівні наведено на малюнку для прикладу, їх склад і функції змінюються із розвитком комутаційної техніки. Наприклад, не так давно виділялася підсистема телефонної сигналізації, тепер вона повністю реалізується підсистемою ISUP, яка об'єднує в собі особливості телефонних протоколів і системи ISDN. Вдосконаленням прикладного рівня є *прикладна підсистема транзакцій* (Transaction Capabilities Application Part, TCAP). Введення цієї підсистеми дозволяє на прикладному рівні узагальнити деякі дії і програми, які найбільш часто викликаються, або характерні для декількох прикладних задач. Такі проблеми дуже характерні для послуг, що надаються інтелектуальними або мобільними мережами.

Сигналізація при встановленні з'єднання. Розглянемо процедури обміну сигналами на прикладному рівні. На рис. 3.15 наведено порядок обміну сигналами між цифровими станціями одного типу, які мають ОКС.

При прийомі від терміналу сигналу «виклик», який містить цифрову інформацію, необхідну для встановлення з'єднання, вихідна АТС-А аналізує цю інформацію і вибирає маршрут. При цьому формується початкове адресне повідомлення IAM. Цей сигнал є аналогом сигналу «заняття» в системах обміну попередніх поколінь, але, використовуючи переваги системи ОКС, він несе набагато більше інформації. Зокрема для мереж, обладнаних ОКС, він може містити повний номер абонента. Крім того, він вказує вимоги до мережі, до середовища передачі і супроводжуючих функцій. Транзитна АТС-В приймає первинне повідомлення (IAM), аналізує в ньому інформацію і визначає подальший маршрут до вхідної АТС-Б. Вона також створює зворотний тракт до АТС-А для того, щоб абонент А міг приймати тональні сигнали, які можуть прийти в процесі встановлення з'єднання від вузлів мережі. Далі створюється тракт до вхідної АТС-Б. При надходженні початкового повідомлення (IAM) на АТС-Б визначається номер абонента чи додаткова інформація від АТС-Б про абонента А. Якщо вона потрібна, то надсилається повідомлення «з кінця в кінець» (про що зазначається у фіксованій обов'язковій частині повідомлення). Повідомлення такого типу не аналізуються транзитною станцією. Вихідна станція надає відповідну інформацію, посылаючи повідомлення.

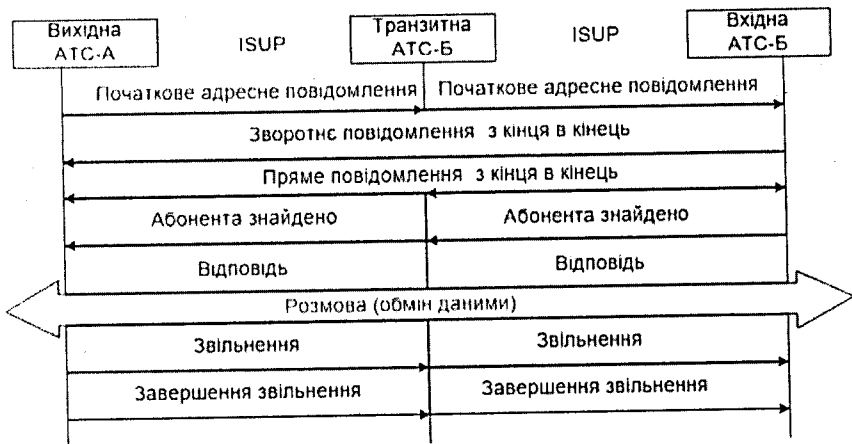


Рисунок 3.15 – Обмін сигналами при встановленні та роз'єднанні з'єднання

Після прийому необхідної інформації АТС-Б, абонент інформується про вхідний виклик, а від АТС-Б до транзитної АТС-В передається повідомлення «абонент знайдено» (АСМ). Цей сигнал еквівалентний зворотному сигналу на координатній АТС про стан абонента Б («вільний», «зайнятий», «зайнятий міжміським з'єднанням»). При цьому передається й інша інформація, яка розширює можливості обслуговування. Повідомлення про прийняття повідомлення «абонент знайдено» передається до вихідної АТС-А, що вказує на успішну маршрутизацію і дозволяє видалити з пам'яті маршрутну інформацію, пов'язану із з'єднанням.

Коли абонент відповідає на виклик, що надходить до АТС-Б, підмикається розмовний тракт і передає повідомлення про відповідь на транзитну станцію (повідомлення ANM), яка, в свою чергу, пересилає повідомлення відповіді на вихідну станцію АТС-А. Якщо отримується повідомлення «відповідь абонента», то вихідна станція підмикає тракт в прямому напрямку. Таким чином встановлюється з'єднання між викликаючим абонентом і абонентом, який викликає, починається тарифікація дзвінка і здійснюється розмова або передача даних.

В даний час прийнята система одностороннього відбою, коли будь-який з абонентів (що викликає або викликається) може ініціювати роз'єднання.

3.6 Особливості побудови мережі ОКС

Мережа ОКС в ідеальному випадку повинна багато в чому повторювати мережу загального користування. Кожен з вузлів і кожна станція міжмі-

ської, зонової та місцевої (міської або сільської) мережі повинні мати систему сигналізації.

В даний час всі нові цифрові станції мають можливість встановлення та експлуатації ОКС. Ці станції володіють необхідним обладнанням і програмним забезпеченням. У багатьох випадках пуск станцій здійснюється без цих підсистем, їх установка здійснюється вже в процесі експлуатації.

Розглянемо організацію мережі ОКС на конкретних мережах.

Принципи побудови комутаційних мереж розглядалися у Розділі 2. Організація ОКС можлива, в місті або сільській місцевості, при наявності цифрової АТС. Топологія таких мереж передбачає наявність додаткових з'єднувальних ліній для передачі сигнальної інформації, які прокладаються поряд з інформаційними з'єднувальними лініями.

Для нерайонованої мережі всі цифрові станції пов'язані пучками ОКС, тобто мається на увазі робота за системою зв'язаного ОКС. Також використовуються системи квазізв'язаного ОКС, що застосовується в аварійних випадках для огинання пошкоджених напрямів. Система припускає, що кожна зі станцій реалізує два режими роботи, тобто повинна працювати як звичайна *точка сигналізації* (SP) і як *транзитна* (Стр). При наявності районованої мережі (мережі з вузлотворенням) зоні вузли виконують функції транзитних пунктів сигналізації, а також служать для організації транзитних маршрутів в аварійних ситуаціях.

Сільські мережі сигналізації будуються по радіальному принципу. Вузлові та кінцеві станції можуть виконувати функції транзиту для забезпечення альтернативних маршрутів.

Міжміські та міжнародні мережі сигналізації будуються на мережі вузлів автоматичної комутації (BAK) та АМТС. Мережа УАК складається зі станцій, повністю пов'язаних один з одним. Деякі з АМТС можуть бути також пов'язані каналами сигналізації. Для більшої надійності точки сигналізації можуть бути пов'язані з кількома транзитними пунктами, як це показано на рис. 3.16.

На наведеному рисунку показано:

- *міжнародний пункт сигналізації* (ISP, International Signalization Point), який визначається кодом міжнародної нумерації;
- *національний пункт сигналізації* (NSP, National Signalization Point), який визначається кодом міжнародної нумерації.

Ці пункти включають *точки транзиту сигналізації* (STP, Signaling Transfer Point), зазвичай розташовані на вузлах автоматичної комутації (BAK) і передають по ОКС сигнали, і *точки сигналізації* (SP, Signaling Point) – кінцеві точки відправки та прийому сигналів, що розташовуються на зонних АМТС. Є можливим наявність пунктів (шлюзів), що мають подвійну нумерацію в національних та міжнародних системах нумерації.

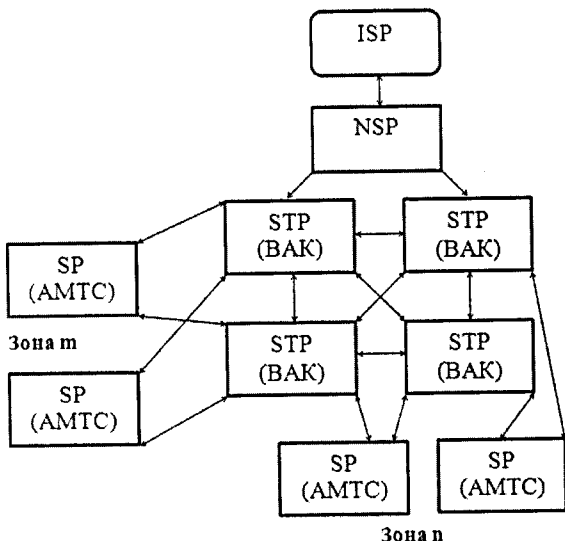


Рисунок 3.16 – Структура мережі ОКС для міжміського та міжнародного зв'язку

Навантаження в мережі створюється потоком сигнальних повідомлень, які передаються між сигнальними пунктами SP. Якщо один SP може зв'язуватися з іншим, то вважається, що вони мають «сигнальне співвідношення». Маршрут, через який встановлюється сигнальне співвідношення, може бути двох типів: *зв'язний* (Associated), тобто за допомогою прямого з'єднання сигнальних пунктів SP, і *квазізв'язний* (Quasi-associated), де сигнальна інформація передається через проміжний сигнальний пункт STP, як показано на рис. 3.17.

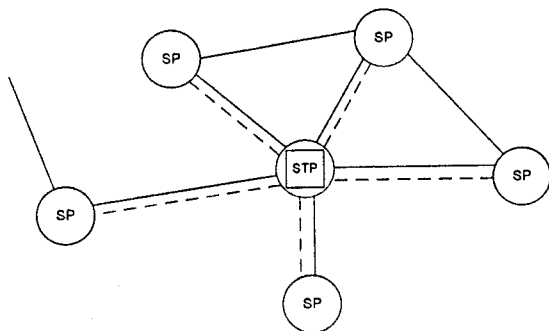


Рисунок 3.17 – Загальний принцип побудови мережі сигналізації

Мережа сигналізації ОКС № 7 фактично представляє пакетну мережу передачі даних. У пунктах сигналізації (SP або STP) вибирається пучок ланок сигналізації, ведучий до одержувача сигнальної інформації, потім вибирається вільна з цього пучка ланка для передачі. Вибір ланки забезпечується відповідно до оптимального розподілу сигнального трафіку. Зважаючи на високу пропускну здатність ланки сигналізації в більшості випадків для одного пункту сигналізації достатньо однієї ланки на кожному напрямі зв'язку. Проте з метою більшої надійності доцільна організація принаймні двох окремих ланок між різними SP (STP).

Питання для самоперевірки

1. Що таке сигналізація на телефонних мережах і для чого її застосовують?
2. Охарактеризуйте абонентську сигналізацію.
3. Охарактеризуйте внутрішньостанційну сигналізацію.
4. Охарактеризуйте міжстанційну сигналізацію.
5. Які сигнали застосовуються на мережах сигналізації?
6. Наведіть характеристику систем сигналізації, які використовуються у мережах із комутацією.
7. Особливості сигналізації по телефонному каналу.
8. Особливості сигналізації по виділеному каналу.
9. Особливості сигналізації по загальному каналу.
10. Особливості тонального та імпульсного набору.
11. Що таке лінійна сигналізація?
12. Сигналізація в системах ІКМ. Побудова, принципи функціонування та основні характеристики.
13. Наведіть приклад побудови мережі ОКС № 7.
14. Дайте характеристику побудови ОКС № 7 для сучасних міських телефонних мереж.
15. Дайте характеристику побудови ОКС № 7 для сучасних сільських телефонних мереж.
16. Дайте характеристику побудови ОКС № 7 для сучасних міжміських телефонних мереж.
17. Наведіть алгоритм обміну сигналами ОКС № 7 для випадку встановлення з'єднання між двома абонентами, коли вони відносяться до одного комутаційного вузла.
18. Наведіть основні принципи побудови глобальних мереж сигналізації.
19. Що означають поняття «пункт сигналізації» і «точка транзиту сигналізації».

4 ПРИСТРОЇ КОМУТАЦІЇ ТА ТЕРМІНАЛЬНЕ ОБЛАДНАННЯ

4.1 Класифікація комутаційних пристроїв

Комутаційними пристроями (КП, switching device) називаються пристрої, за допомогою яких можна стрибкоподібно змінювати стан провідності електричних кіл (замикати або розмикати їх) на певний проміжок часу.

Таку зміну провідності електричного кола можна здійснити двома способами: механічним зіткненням двох струмоведучих поверхонь електричного кола – контактним шляхом або зміною параметрів одного з елементів кола (опору, смності, ступеня намагніченості цього елементу) – безконтактним шляхом. Відповідно до цього розрізняють контактні і безконтактні КП. За кількістю одночасно комутованих електричних кіл КП діляться на однопровідні і багатопровідні. Однопровідні КП дозволяють змінювати стан провідності тільки одного електричного кола ($l=1$, де l – число одночасно комутованих кіл). Багатопровідні КП забезпечують одночасний вплив на два або більше електричні кола ($l \geq 2$). За способами керування всі КП можна розділити на прилади ручної та автоматичної комутації. До приладів ручної комутації відносяться пристрої, керовані механічним впливом людини відповідно до отриманої адресної інформації – кнопкові перемикачі, ключі, телефонні гнізда й штепселя. Решта КП, керовані електричними сигналами, відносяться до групи комутаційних приладів автоматичної комутації.

Пристрої автоматичної комутації відповідно до їх структурних параметрів можна розділити на чотири види: реле, шукачі, багатократні з'єднувачі та з'єднувачі. Комутаційний пристрій, що має один вхід і один вихід, два стійких стани і переходить з одного стану в інший під впливом сигналу R , що надходить з пристрою керування, називається реле (рис. 4.1 а, умовне зображення в координатному і символічному кресленнях показано на рис. 4.1 б і в).

Розташування одного комутаційного елемента прийнято називати точкою комутації.

Комутаційний пристрій з одним входом і m виходами, що забезпечує вибір одного з m виходів і підключення до нього входу, називається шукачем (рис. 4.1 г, умовне зображення шукача в координатному і символічному кресленнях показано на рис. 4.1 д і е). Шукачі характеризуються числом виходів m ($m > 2$) та провідністю l ($l > 1$).

Комутаційний пристрій, що має $n \times m$ виходів і n входів, кожен з яких може бути підімкнений до будь-якого з m виходів, тільки йому доступних, називається багатократним з'єднувачем. Такий пристрій являє собою конструктивне об'єднання n пристроїв з одним входом і m виходами

(рис. 4.1 ж). Багаторазові з'єднувачі характеризуються: числом входів (n) і числом виходів (m), доступних одному входу і їх провідності.

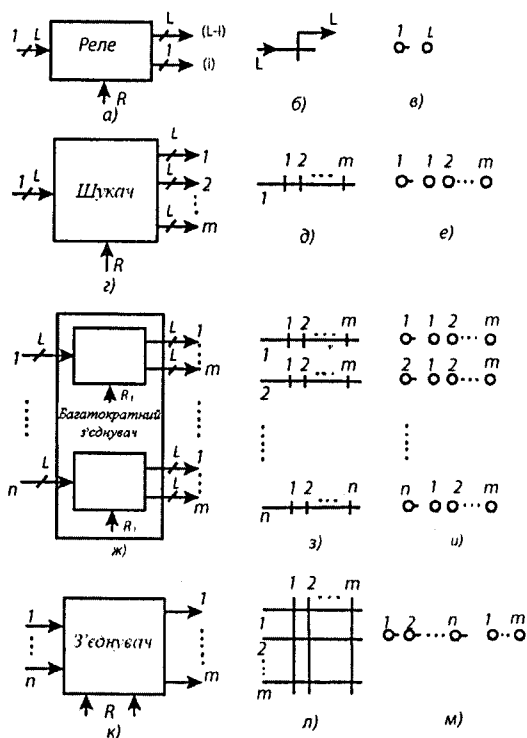


Рисунок 4.1 – Комутаційні пристрої

З'єднувачем називається комутаційний пристрій (рис. 4.1 к), що має n входів і m виходів, в якому може бути встановлене з'єднання будь-якого з n входів з будь-яким з m виходів, причому одночасно може бути встановлено m з'єднань, якщо $n \geq m$, або n з'єднань, якщо $n < m$.

4.2 Контактні комутаційні пристрої

У схемах телефонної комутації зазвичай застосовуються нейтральні електромагнітні реле постійного струму з відкритими і з герметизованими контактами.

Магнітна система *реле* (relay) із відкритими контактами, яка виконана з магнітом'якої сталі з малою залишковою намагніченістю, складається з осердя 1, якоря 2 і підкладки 3 або з осердя 1, яке становить одне ціле з основою, і якоря 2 (рис. 4.2).

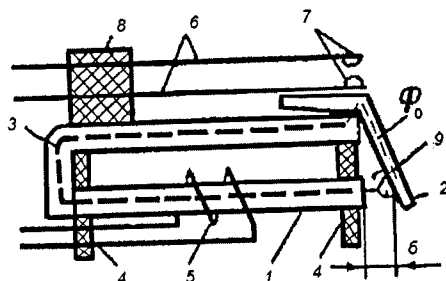


Рисунок 4.2 – Реле із відкритими контактами

На осерді між тримачем котушки 4 розміщується обмотка 5, що виконує функції керуючого входу реле. Для обмоток зазвичай використовується мідний провід діаметром 0,06 – 1,0 мм. На підкладці розміщується робоча частина реле – контактна система. Вона складається з контактних пружин 6, контактів 7 і стійки 8. Пружини зазвичай виконуються з мідноцинкового сплаву, який володіє значною пружністю і гарною електропровідністю. Контакти виготовляються з матеріалу, що має високу електропровідність, достатню механічну міцність, стійкість проти корозії та електричної ерозії.

Реле з герметизованими контактами (reed switch). Реле з герметизованими контактами (геркон) на замикання (рис. 4.3, а) являє собою дві плоскі пружини 1, виготовлені з пермалоя.

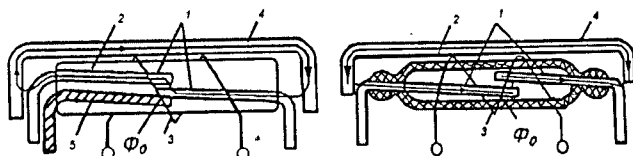


Рисунок 4.3 – Герконові реле на замикання (а) і перемикання (б)

Пружини повністю ізольовані від навколишнього середовища, для чого заповнений інертним газом скляний балон 2. Діаметр балона 3 – 5 мм, довжина 30 – 50 мм. Пружини розташовані так, що їх внутрішні кінці, покриті тонким шаром золота, мають деяке перекриття. Такий геркон (або їх групу) розміщують всередині котушки з обмоткою 3, вміщеній у феромагнітному корпусі 4; останній виконує роль магнітопроводу і екрану. При проходженні струму через обмотку 3 виникає магнітний потік, який замикається через корпус 4 і контактні пружини 1. Під дією різниці магнітних потенціалів у зазорі контактні пружини 1 притягуються одна до одної,

утворюючи електричний контакт. При виключенні струму пружини під дією сил пружності розмикаються.

Герметизований контакт на перемикання (рис. 4.3 б), окрім двох рухомих пружин із пермалоя 1, має нерухому пружину 5, виготовлену з немагнітного матеріалу. У початковому стані (при відсутності струму в обмотці) вільний кінець нижньої рухомої пружини притиснутий силою пружності до нерухомої пружини 5. При подачі струму в обмотку 3 рухливі пружини намагнічуються, нижня рухома пружина відривається від нерухомої пружини 5 і притягується до верхньої рухомої пружини. При включенні харчування нижня рухома пружина під дією сил пружності повертається у вихідне положення.

Герконові реле мають досить високу надійність (число спрацьовувань до 10^9), малий час спрацьовування і відпускання, стабільний опір контакту і невелику споживану потужність.

Феридовим реле або феридом (рис. 4.4) називаються герконові реле, магнітна система якого виготовлена з магнітного (феритового) матеріалу з прямокутною петлею гістерезису, володіє достатньою для спрацьовування і утримання герконового контакту залишковою намагніченістю при проходженні через обмотку імпульсу постійного струму.

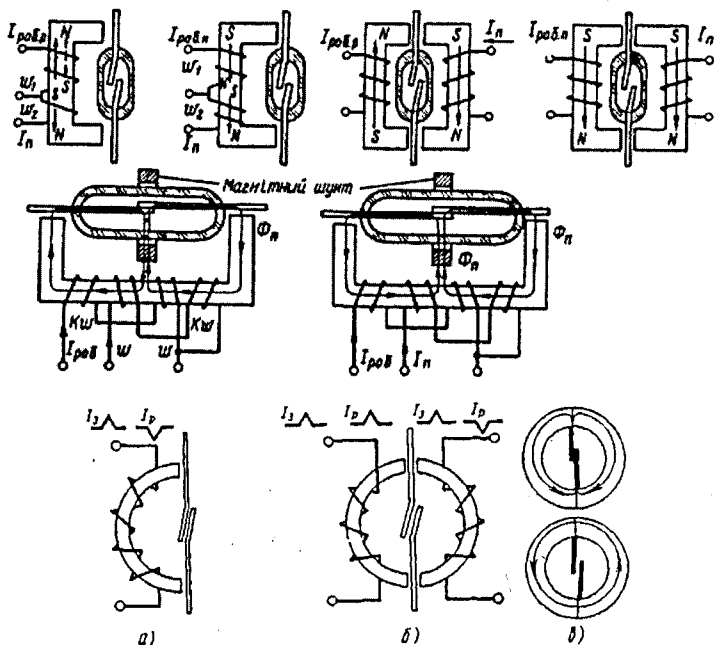


Рисунок 4.4 – Структура та принцип дії феридових реле

При достатній амплітуді контактні пластини замикаються і залишаються в замкнутому стані після закінчення імпульсу за рахунок залишкового намагнічування осердя. Для розмикання пластин через обмотку пропускають імпульс струму I_p протилежної полярності для того, щоб зняти залишкове намагнічування. При цьому струм не повинен перевищувати певної величини. В іншому випадку виникає зворотний магнітний потік, сила якого може бути достатньою для вторинного замикання пластин. Щоб зняти обмеження, що накладаються на величину струму вимикання, у фериді замість одного використовують два магнітопроводи (рис. 4.4 б). У цьому, так званому, паралельному фериді використовуються методи паралельного та послідовного намагнічування (рис. 4.4 в). Паралельне намагнічування здійснюється рівними за величиною і співпадаючими по напрямку струмами, які подаються в обидві обмотки (контакти замикаються). Послідовно намагнічування здійснюється струмами рівної величини, але протилежними за напрямом I_p (контакти розмикаються). Основною перевагою феридових реле є можливість утримання в притягнутому стані без споживання енергії та можливість керування імпульсами, тривалість яких (10 – 15 мкс) менше часу необхідного для замикання герконових контактів (0,5 мс), так як час зміни намагніченості магнітної системи фериду досить малий.

4.3 Безконтактні комутаційні пристрої

Електронні контакти. Електронні контакти будуються на основі *електронних ключів* (electronic key). Електронні ключі входять до складу багатьох імпульсних пристроїв. Основу будь-якого електронного ключа складає активний елемент (напівпровідниковий діод, транзистор), що працює в ключовому режимі, який характеризується двома станами ключа: «Ввімкнено»-«Вимкнено». На рис. 4.5 наведена спрощена схема і часові діаграми ідеального ключа.

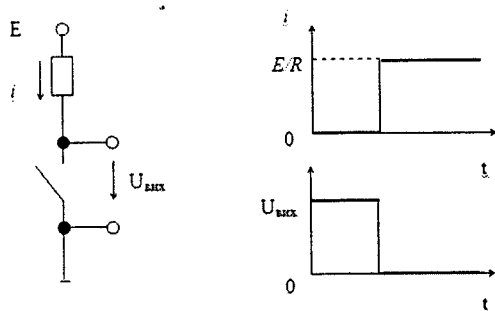


Рисунок 4.5 – Схема і часові діаграми ідеального ключа

При розімкненому ключі, $i = 0$, $u_{вих} = E$, при замкнутому ключі $i = E/R$, $u_{вих} = 0$. При цьому передбачається, що опір розімкненого ключа нескінченно великий, а опір рівний нулю.

У реальних ключах струми, а також рівні вихідної напруги, які відповідають станам «Ввімкнено»-«Вимкнено», залежать від типу і параметрів активних елементів і перехід з одного стану в інший відбувається не миттєво, а протягом часу, обумовленого інерційністю активного елементу і наявністю паразитних ємностей і індуктивностей кола. Таким чином ключ характеризується наступними параметрами:

- а) падінням напруги на ключі в замкнутому стані;
- б) струм ключа в розімкненому стані;
- в) час переходу із одного стану в інший.

Чим менше значення цих величин, тим кращі характеристики ключа.

Найпростіший тип електронних ключів – діодні ключі (diode keys). Як активні елементи в них використовуються напівпровідникові діоди. Схема такого типу ключів наведена на рис. 4.6 а.

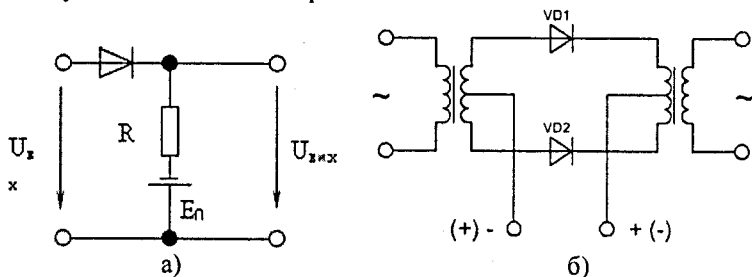


Рисунок 4.6 – Схема діодного ключа а) та комутаційного пристрою на його основі б)

Комутаційний пристрій, який виконаний на діодних ключах, наведено на рис. 4.6 б. Принцип його дії полягає в наступному. Розмовний тракт проходить через два трансформатора, зв'язок між якими здійснюється за допомогою двох діодів, увімкнених зустрічно. Для розімкнутого стану на діоди надходить напруга зворотної полярності, при цьому в коло зв'язку вноситься високий коефіцієнт затухання. Коли від керуючого пристрою надходить зміна полярності напруги, діоди відкриваються і коефіцієнт згасання прямує до 0. Змінюючи полярність напруги на керуючих входах відбувається керування комутаційним пристроєм.

Недоліком є те, що діодні ключі не дозволяють електрично розділити керуюче та кероване кола, що зазвичай є необхідним на практиці. У цих випадках використовуються *транзисторні ключі* (transistor switch). Схема транзисторного ключа та пристрою комутації на його основі наведена на рис. 4.7.

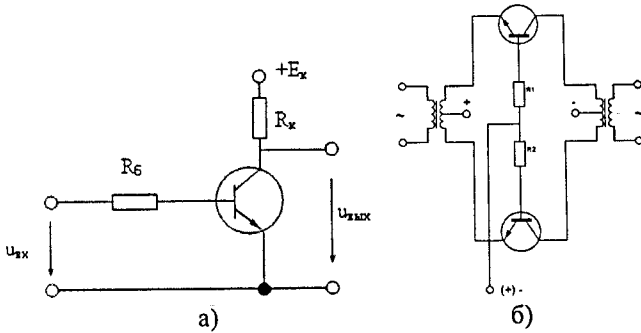


Рисунок 4.7 – Схема транзисторного ключа а) та комутаційного пристрою на його основі б)

Для замикання такого комутаційного пристрою достатньо подати від'ємну напругу на бази транзисторів.

Час перемикання ключів на біполярних транзисторах визначається бар'єрними ємкостями р-п-переходів та процесами накопичення і розсмоктування неосновних носіїв заряду в базі. Для підвищення швидкодії і вхідного опору застосовують ключі на польових транзисторах.

Логічні комутаційні елементи. Логічні елементи, що використовуються в схемах керування, повинні мати велику швидкодію, великий термін безвідмовної роботи, малі габарити, незначну витрату електроенергії і можливість виконання в схемах автоматики основних логічних операцій. Для цього застосовуються схеми збігу, схеми збору, схеми інверторів.

Схема збігу (логічне І) являє собою пристрій з кількома входами і одним виходом (рис. 4.8 а), в якому сигнал на виході з'являється тільки в тому випадку, якщо є сигнали одночасно на всіх входах.

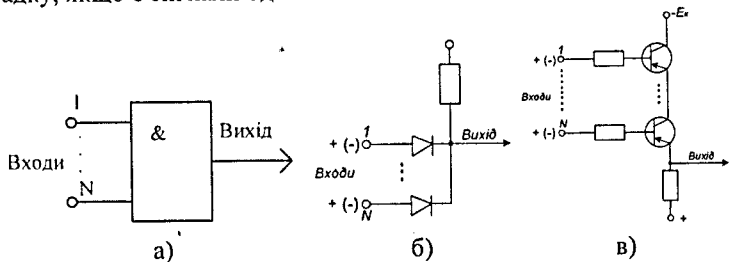


Рисунок 4.8 – Схема логічного І

На електронних елементах схема реалізується, наприклад, на діодах (рис. 4.8 б) або на транзисторах (рис. 4.8 в).

Схема збору (схема АБО) являє собою пристрій, в якому сигнал на виході з'являється при поступанні сигналу на будь-який із її входів (рис. 4.9 а).

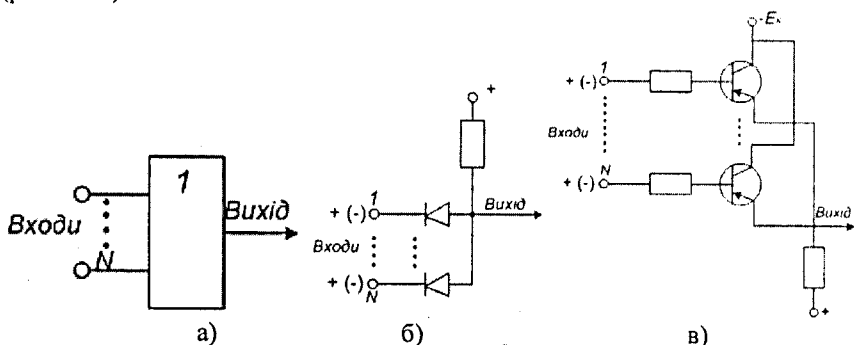


Рисунок 4.9 – Схема логічного АБО

На рис. 4.9 б представлено діодний аналог і транзисторний варіанти схеми АБО відповідно.

Схема інвертора (схема НЕ) є схемою, в якій сигнал перетворюється в сигнал протилежної полярності (рис. 4.10 а), тобто якщо на вхід схеми подається додатний потенціал, то на виході потенціал буде від'ємний, і навпаки. На рис. 4.10 б показані схеми інвертора на транзисторі.

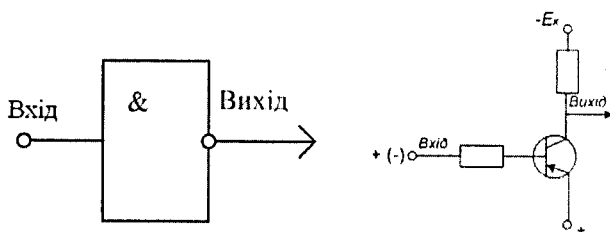


Рисунок 4.10 – Схема інвертора

Із набору перерахованих логічних схем можна отримати схеми електронної комутації для виконання заданих логічних функцій по керуванню встановлення з'єднань.

4.4 Аналоговий телефонний термінал

На сьогодні, в експлуатації знаходиться велика кількість телефонних апаратів різних типів. Всі телефонні апарати (ТА, telephone) можна класифікувати за низкою основних відмінних ознак. У залежності від способу

живлення мікрофонних кіл ТА розрізняють: апарати системи МБ (місцевої батареї живлення мікрофона, забезпечується від батареї, розташованої безпосередньо в кожному ТА) і апарати системи ЦБ (центральної батареї живлення, розташованої на телефонній станції). За типом телефонної станції, в яку включаються ТА, останні поділяються на апарати РТС (обслуговуються ручними телефонними станціями, не використовуються на даний час) і апарати АТС (автоматичної телефонної станції). За способом використання потужності розмовних струмів розрізняють апарати з місцевим ефектом і протимісцеві. В залежності від конструкції апарати діляться на настільні, настінні і переносні. За умовами застосування є поділ на апарати загального призначення та спеціальні: ТАП (ТА з підсилювачем), ТАГ (Гучномовні ТА), корабельні, шахтні та інші. На теперішній час найбільш поширеними є ТА загального призначення ЦБ АТС (рис. 4.11).

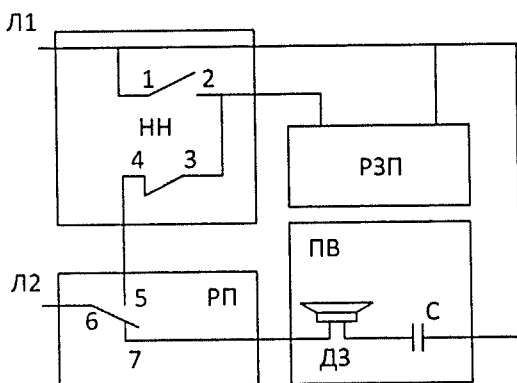


Рисунок 4.11 – Загальна структурна схема телефонного апарату

До його складу входять: розмовні прилади РЗП, приймач виклику ПВ, пристрої комутації РП та пристрої введення адресної інформації НН (номерабирач). Прилади РЗП складаються з перетворювачів, підключених до схеми, що складається з трансформатора, конденсаторів, резисторів і діодів. В якості перетворювачів у сучасних ТА використовуються, головним чином, вугільні мікрофони та електромагнітні телефони капсульного типу, які для зручності користування об'єднуються конструктивно в одне ціле – мікротелефонну трубку. Мікротелефонна трубка гнучким трьох- або чотирьохжильним шнуром з'єднується зі схемою РЗП, що розміщується в корпусі ТА.

Схема ПВ складається з поляризованого дзвінка змінного струму ДЗ, який перетворює електричний струм частотою 25 Гц в акустичний сигнал виклику, і послідовно з'єднаного з ним конденсатора Сзв, який запобігає надходженню постійного струму ЦБ АТС на дзвінок.

Пристроєм комутації РП є важільний перемикач, що перемикає контактну групу при піднятті мікротелефонної трубки (змикаються контакти 5 – 6 та до лінійних затискачів Л1 – Л2 підмикається РЗП) або при поверненні її у вихідне положення на важіль ТА (змикається контакт 6 – 7 і до Л1 – Л2 підключається ПВ).

Пристрій введення адресної інформації НН призначено для формування сигналів, відповідних номеру абонентської лінії, що викликається. Як НН зазвичай використовують дисковий номеронабирач або мікросхема номеронабирача для кнопочкових телефонів.

При наборі номера диском, контакт 1 – 2 замикається і шунтує РЗП. При зворотному русі диска контакт 1 – 2 залишається замкнутим, а контакт 3 – 4, який має назву імпульсного, періодично розмикається так, щоб число розмикань кола (число імпульсів, які надходять на АТС) відповідало цифрі номера, що набирається. Таким чином інформація про цифру номера передається на АТС у вигляді серії імпульсів постійного струму. Між сусідніми серіями повинен бути досить великий проміжок часу (міжсерійний час), який дозволяє приладам АТС відокремлювати одну цифру номеру від іншої. Для правильної роботи АТС дисковий номеронабирач ННД має забезпечувати стабільність послідовності імпульсів і постійне співвідношення між часом розмикання (time release) t_p і часом замикання (time circuit) t_s імпульсного контакту ($T = t_p + t_s = 100\text{мс}$).

Відношення цих величин називається імпульсним коефіцієнтом:

$$k = \frac{t_p}{t_s}$$

Для дискових номеронабирачів імпульсний коефіцієнт прийнятий рівним 1,6 ($t_p = 6\text{мс}$ і $t_s = 38,5\text{мс}$) з допустимими відхиленнями в межах від 1,4 до 1,7. Мінімальний міжсерійний час ННД складає 500 мс.

Приклад набору номера 31 наведено на рис. 4.12.

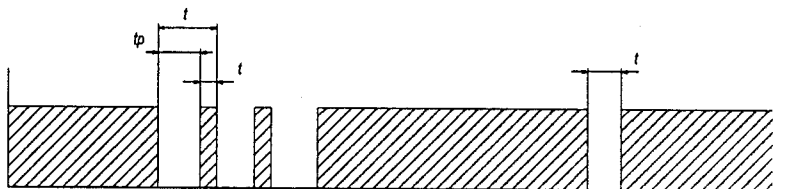


Рисунок 4.12 – Приклад набору номера

Кнопочковий номеронабирач (ННК, button dialer) забезпечує введення адресної інформації при натисканні кнопок. При цьому адресна інформація

з ТА на АТС може передаватися різними способами, найбільш поширеними з яких є імпульсний і частотний. У першому випадку інформація про номер передається у вигляді серій імпульсів постійного струму, а в другому – кожна з цифр передається сигналами різних частот.

Акустоелектричні перетворювачі. В якості перетворювачів в телефонному апараті (ТА) використовують мікрофон, який підмикається на передавальному кінці телефонного тракту. Мікрофон перетворює звукову енергію, створювану людиною під час розмови, в електричну енергію мовного сигналу. За принципом роботи перетворювачі поділяються на електродинамічні, електромагнітні, п'єзоелектричні, конденсаторні, транзисторні, електретні, вугільні та інші. У телефонному зв'язку найбільше поширення отримали *вугільні мікрофони*.

Якість роботи перетворювачів оцінюють чутливістю. Під чутливістю мікрофона S_M розуміють відношення діючого значення ЕРС на його затискачах E_M до величини звукового тиску P . Чутливість мікрофона визначається з виразу:

$$S_M = E_M / P_M.$$

Принцип дії вугільного мікрофону базується на властивостях вугільного порошку змінювати свій опір при зміні тиску на порошок як показано на рис 4.13.

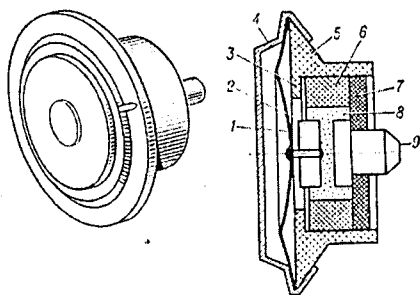


Рисунок 4.13 – Вугільний мікрофон:

1 – мембрана, 2 – рухомий електрод, 3 – шайба, 4 – металева пластина, 5 – корпус, 6 – пластмасове кільце, 7 – шайба, 8 – вугільний порошок, 9 – нерухомий електрод.

Під дією звукових хвиль мембрана із закріпленням на ній рухомим електродом приходить в коливальний рух і змінює щільність вугільного порошку. При ущільненні порошку опір між рухомим та нерухомим електродами зменшується, а при розпушуванні – збільшується. Зміна опору вугільного порошку призводить до появи пульсуючого струму. Постійна

складова цього струму I_0 є струмом живлення мікрофона в стані спокою, а його змінна складова являє собою розмовний струм.

При невеликій інтенсивності впливу на мікрофон звукових коливань коефіцієнт модуляції зазвичай не перевищує 0,2 і паразитні коливання не сприймаються на слух, так як амплітуди цих коливань розташовуються значно нижче порога чутливості. Оскільки середня потужність звукових коливань, які діють на мембрану мікрофона при розмові, складає ≈ 1 мкВт, то неважко переконатися, що вугільний мікрофон є підсилювачем потужності. Частотна характеристика чутливості мікрофона має нерівномірний характер.

Підвищення чутливості в області верхніх частот розмовного спектру обумовлено резонансними явищами, що виникають при збіганні частоти звукових коливань з частотою власних коливань мембрани мікрофону. Нерівномірний характер частотної характеристики обумовлює амплітудно-частотні спотворення, які сприймаються на слух як спотворення тембру голосу. Для боротьби з цими спотвореннями використовують резонансні властивості акустичних середовищ. Змінюючи розміри і форми повітряного середовища між корпусом мікрофона і його частинами, а також вводячи нові резонансні об'єми за допомогою акустичних перегородок, підвищують чутливість мікрофона в області частот розмовного спектру. Для підвищення якості телефонної передачі іноді застосовують мікрофони інших типів (зазвичай електромагнітні, рідше магнітоелектричні). Однак середня чутливість кращих таких перетворювачів не перевищує 0,001 В/Па, і при їх використанні є необхідним використовувати додаткові підсилювачі.

Електроакустичні перетворювачі. В якості електроакустичних перетворювачів в ТА застосовують телефон або гучномовець – на приймальному кінці. Він здійснює зворотне перетворення – мовний сигнал перетворює на звукові коливання. Акустичним навантаженням телефону є замкнутий обсяг повітря, обмежений слуховим апаратом людини. Більшість перетворювачів містить механічну коливальну систему, пов'язану з електричним колом. Чутливістю телефону S_T називають відношення величини звукового тиску P , що розвивається телефоном в камері штучного вуха, до величини діючого значення змінної напруги U_T , прикладеної до його затискачів (у вольтах). Чутливість телефону визначається з виразу:

$$S_T = E_T / P_T.$$

Розрізняють електромагнітні телефони з простою та диференційною магнітними системами (рис. 4.14 а і б).

Мембрана телефону з простою магнітною системою виготовляється з магнітом'яких матеріалів.

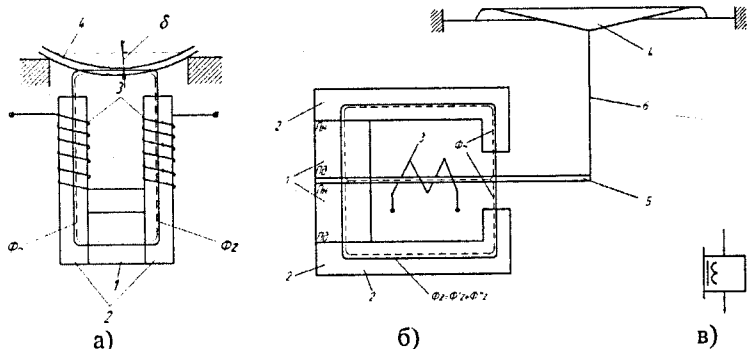


Рисунок 3.14 – Електромагнітний телефон:

а) з простою магнітною системою; б) з диференційною магнітною системою; в) умовне позначення.

1 – постійний магніт, 2 – полюсні надставки, 3 – обмотка, 4 – мембрана, 5 – яркір.

Під впливом постійного магніту, який створює магнітний потік Φ , мембрана знаходиться в притягнутому стані і має початковий прогин δ . Коли в обмотку телефону надходить змінний струм, утворюється змінний магнітний потік $\Phi \approx$. Магнітні потоки Φ і $\Phi \approx$ замикаються через полюсні надставки, мембрану, повітряний зазор між мембраною і полюсними надставками та постійний магніт. Мембрана, що знаходиться під дією сумарного магнітного потоку, величина якого змінюється, робить коливальні рухи.

У телефоні з диференційною магнітною системою магнітний потік Φ , що виникає при проходженні через котушку змінного струму, взаємодіє з потоком, створюваним постійними магнітами: $\Phi = \Phi' + \Phi''$. В один напівперіод відбувається складання постійного і змінного потоків, тоді яркір із мембраною звуковипромінювача 4 переміщуються вгору, в другий напівперіод потік через нижній полюсний наконечник підсилюється і яркір з мембраною зміщуються вниз. На яркір телефону діють дві сили:

$$\begin{aligned} \Phi' &= k(\Phi + \Phi \approx \sin \omega t)^2, \\ \Phi'' &= k(\Phi - \Phi \approx \sin \omega t)^2. \end{aligned}$$

Коливання ярка і мембрани визначаються взаємодією цих сил:

$$\Phi_k = 4k\Phi\Phi \approx \sin \omega t.$$

Таким чином, вираз для сили, яка коливає мембрану, не містить доданка з подвійною частотою; тому телефони з диференційною магнітною системою не вносять гармонійних спотворень при передачі, а також мають більш високу чутливість. Частотна характеристика телефону через резонансні властивості його мембрани має нерівномірний характер. З метою зменшення цієї нерівномірності в конструкцію телефонів вводять додаткові резонансні об'єми, утворені за допомогою акустичних перегородок. Маючи в своєму розпорядженні частоти цих резонансів у спектрі найменшої чутливості і вводячи елементи акустичного тертя в області частот, відповідних резонансу його мембрани, забезпечують вирівнювання частотної характеристики телефону.

Місцевий ефект. При розмові рівень мови, яку чує людина, приблизно на 20 дБ менший рівня мови біля її роту. Таке ослаблення є звичним для абонента, що дає можливість у ході розмови контролювати гучність своєї мови і забезпечує розбірливість мови співрозмовника.

При телефонній розмові людина, що говорить перед мікрофоном, чує свою промову в телефоні свого ж апарату. Це пояснюється тим, що струм від мікрофона абонента через елементи схеми телефонного апарату потрапляє в телефон цього апарату, а не тільки в лінію і апарат співрозмовника. Через що ж причину абонент через свій телефон чує навколишні шуми. Прослуховування абонентом через телефон свого апарату місцевих шумів і власної мови при розмові називається *місцевим ефектом* (local effect). Рівень власної мови, яку чує абонент, що розмовляє, через підсилювальні властивості мікрофона приблизно на 20 – 25 дБ вище, ніж при розмові без телефону. У результаті абонент чує себе незвично голосно («глушить» себе) і мимоволі знижує рівень мови, що погіршує рівень звуку на приймальному кінці. Крім того, знижується чутливість вуха до прийому слабких сигналів, так як воно «приспосовується» до звуків великої інтенсивності (маскування звуків). Тому прийом звуків мови співрозмовника внаслідок інерційності процесу адаптації виявляється неякісним. Ведення розмови ускладнюється через неможливість негайно перебити співрозмовника для перезапиту. По-друге, під час слухання місцеві акустичні шуми попадають у мікрофон ТА і впливають на вухо слухача спільно зі звуками мови абонента. При більшій інтенсивності, ніж прийняті звуки мови, вони будуть їх маскувати. Таким чином, шкідливий вплив місцевого ефекту визначається у зниженні якості передачі мови і у відповідному зменшенні дальності передачі.

Схеми ТА, у яких використовуються методи для зниження впливу місцевого ефекту, називаються протимісцевими.

Електричні властивості схем ТА характеризуються робочим згасанням передачі, прийому та місцевого ефекту, які вимірюються в децибелах. Робоче затухання ТА при передачі:

$$a_{nep} = 10 \lg \frac{|W_m|}{|W_n|},$$

де $W_n = \frac{E^2}{4R_n}$ – потужність, що віддається мікрофоном в узгодженому з ним навантаженням $Z_n = R_n$;

$W_n = I_n^2 Z_n$ – потужність, що віддається мікрофоном в лінію через схему ТА при передачі.

Робоче затухання при прийомі:

$$a_{nep} = 10 \lg \frac{|W_n|}{|W_m|},$$

де $W_n = \frac{E^2}{4R_n}$ – потужність, що віддається лінією з опором Z_n в узгоджене навантаження;

$W_m = I_m^2 Z_m$ – потужність, що виділяється на опорі телефону Z_m при прийомі.

Чим менше затухання при передачі і прийомі, тим менше втрати енергії в схемі ТА. Робоче затухання місцевого ефекту:

$$a_{nep} = 10 \lg \frac{|W_n|}{|W_m|},$$

де W_n – потужність, що виділяється на опорі телефону Z_m при передачі.

Зі збільшенням затухання зменшується вплив місцевого ефекту, але погіршуються характеристики робочого затухання.

Протимісцеві схеми телефонних апаратів. Існують два класи протимісцевих схем: мостові та компенсаційні. Принцип побудови мостової схеми зображений на рис. 4.15.

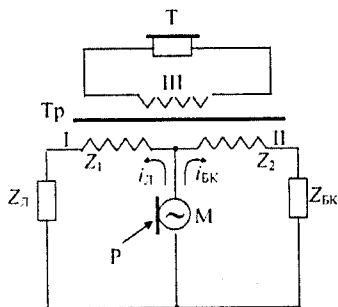


Рисунок 4.15 – Мостова протимісцева схема

Вона містить: трьохобмотковий трансформатор Tr , мікрофон R_m , телефон із опором Z_T , вхідний опір лінії Z та опір балансного контуру Z_6 . Таку схему можна представити у вигляді канонічного мосту змінного струму, в одну діагональ якого включений мікрофон як генератор змінного струму, а в іншу – телефон.

При рівновазі моста струм у його діагоналях дорівнює нулю і тому в телефоні не буде чути власний голос. Рівновага мосту досягається за умови

$$Z_6 Z_1 = Z_n Z_2,$$

де Z_n – вхідний опір лінії;

Z_1 і Z_2 – опір обмоток I і II трансформатора;

Z_6 – опір балансного контуру.

Однак повного придушення місцевого ефекту практично досягти не вдається, тому що балансний контур, що містить зазвичай невелику кількість елементів із зосередженими параметрами (від одного до п'яти резисторів і конденсаторів), не може відтворити повну частотну залежність вхідного опору лінії Z_n . Слід також враховувати, що довжина і тип ліній в умовах експлуатації бувають різноманітними. Тому при розробці схем ТА не прагнуть до повного придушення місцевого ефекту, а тільки до його значного послаблення.

Принцип побудови компенсаційної схеми ТА зображений на рис. 4.16.

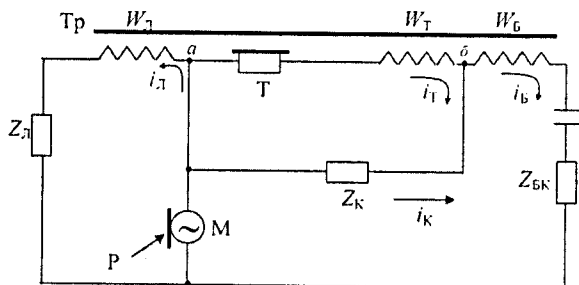


Рисунок 4.16 – Компенсаційна протимісцева схема

Вона працює наступним чином. Нехай миттєві значення струмів $i = i_1 + i_2$, які створюються мікрофоном R_m , мають напрямки, зазначені стрілками. В обмотках автотрансформатора I і II струми i_1 і i_2 індукують у його III обмотці ЕРС e_1 і e_2 . Параметри схеми підбираються так, щоб абсолютне значення ЕРС e_1 було більше e_2 , тоді в обмотці III індукується ЕРС $e = e_1 - e_2$.

Одночасно з цим частину розмовного струму i_k створює на компенсаційному опорі падіння напруги $U_k = i_k Z_k$. Для умови повної компенсації необхідно, щоб наведена ЕРС і падіння напруги U_k були рівні за величиною і протилежні по фазі. У цьому випадку телефон виявиться включеним між точками з однаковим потенціалом, тоді у телефоні струму не буде.

4.5 Цифровий телефонний термінал

Крім аналогових телефонних терміналів, на сьогодні, абоненту надається цілий ряд служб на основі цифрових технологій. Застосування цифрового перетворення дозволяє інтегрувати в одному тракті інформацію від різних служб, таких як:

а) передача мови зі смугою пропускання 3,4 кГц (звичайна телефонна служба);

б) передача мови з розширеною смугою пропускання 7,2 кГц;

в) факс для обслуговування аналогових факсимільних апаратів;

г) факс для обслуговування цифрових факсимільних апаратів;

д) передача текстових документів;

е) нерухоме зображення;

є) рухоме зображення.

Такі види служб отримали назву *цифрових систем інтегрального обслуговування* – ЦСІО (у світовій літературі вони мають назву ISDN – Integrated Service Digital Network).

Існує два типи систем обслуговування абонентів. Один призначається для безпосереднього обслуговування абонентів *базовим* (основним) включенням і в англійських документах звичайно позначається ВА (*Basic Access*). Другий тип систем обслуговування – це *первинне включення* РА (*Primary Access*).

Базове включення використовується безпосередньо для підключення абонентів та надає абонентам два канали по 64 Кбіт/с (канали В) і один канал сигналізації 16 кбіт/с, позначається D₁₆. Це підключення позначається як:

$$2В + D_{16} = 64 \times 2 + 16 = 144 \text{ (Кбіт/с)}.$$

Первинне включення позначається як:

$$30В + D_{64} = 30 \times 64 + 64 = 2048 \text{ (Кбіт/с)},$$

де D₆₄ – загальний канал сигналізації, що використовує швидкість передачі 64 Кбіт/с.

Таким чином, наведені вище формули являють собою смугу типового *цифрового тракту* (digital path). Таке включення використовується для

створення пучків каналів, призначених для надання *інтегральних послуг*. Зазвичай таке включення надається на з'єднувальних лініях підстанцій. Розглядаючи цифрові телефонні термінали буде розглядатися тільки *базове включення*, оскільки *первинне включення* розглянемо в наступному розділі.

4.5.1 Особливості підмикання цифрових терміналів

Для підключення апаратури, яка надає послуги ISDN, передбачені спеціальні *еталонні точки* (reference point), в яких визначаються правила підмикання, як показано на рис 4.17.

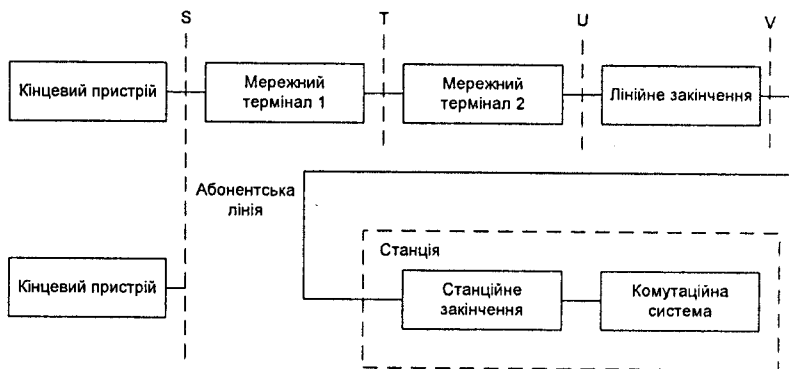


Рисунок 4.17 – Еталонні точки в системі ISDN

Можуть використовуватися кілька груп кінцевих пристроїв.

До них відносяться: телефонні апарати, факси, телетекст, відеотехніка, комп'ютери. Кількість таких пристроїв не більше 8, всі пристрої сполучаються з кінцевим терміналом за допомогою спеціального протоколу *інтерфейсу S*, який забезпечує місцеву (всередині будівлі) доставку інформації і дозволяє:

а) забезпечити два інформаційних та один сигнальний канал до кінцевого терміналу;

б) забезпечити доступ до двох каналів 8-ми пристроям і здійснити пріоритетний доступ пристроїв до каналів;

в) забезпечити лінійне кодування для забезпечення можливості рознесення пристроїв до 150 м (залежно від типу кабелю).

Пристрої, що не мають внутрішньої реалізації *еталонної точки S* (наприклад, стандартні телефонні апарати), повинні використовувати адаптери.

Еталонна точка T призначена для реалізації інтерфейсу, що забезпечує підключення декількох кінцевих терміналів і для їх підключення до мережного терміналу 2. Цей термінал служить концентратором наванта-

ження кінцевих терміналів. У випадку, коли використовується тільки один крайовий термінал типу 1, термінал типу 2 не встановлюється і еталонні точки S і T збігаються. Тому їх часто позначають як спільну еталонну точку S/T.

Еталонна точка U перетворює інформацію інтерфейсу S/T у форму, необхідну для передачі по лінії. Пристрої на цьому рівні забезпечують також перетворення, що знижують вимоги до швидкості передачі інформації.

Еталонна точка V перетворює інформацію в частотну форму. Пристрої на цьому рівні забезпечують також перехід до двохпровідної лінії і виключають вплив передачі на прийом.

Інтерфейс еталонної точки S. На рис. 4.18 показано принцип і пристрої підключення інтерфейсу в еталонній точці S (між кінцевим пристроєм та закінченням).

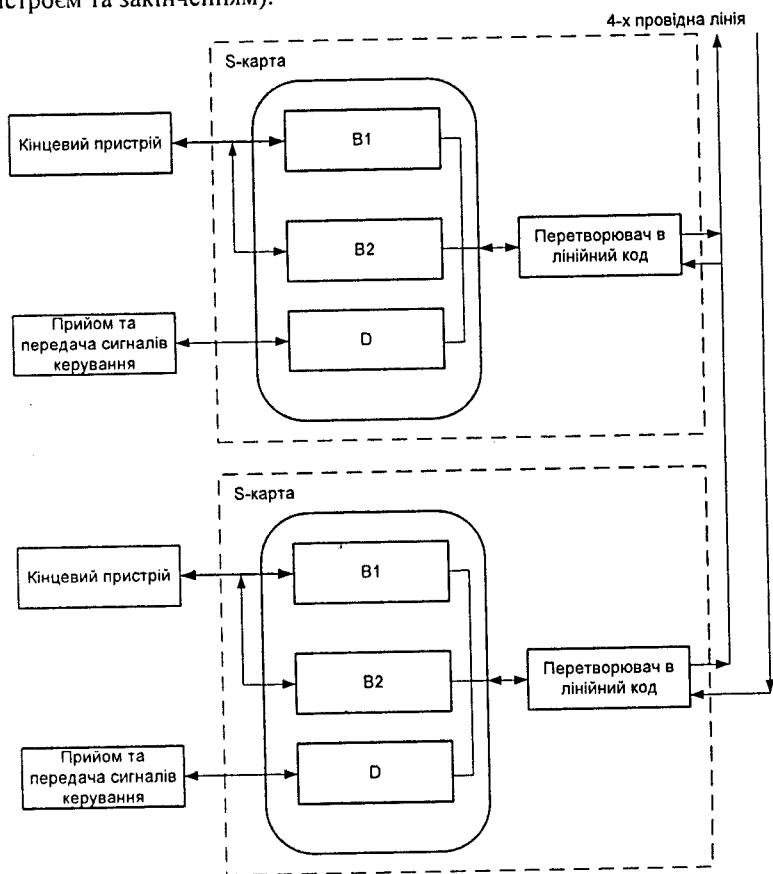


Рисунок 4.18 – Принцип підключення до еталонної точки S

В цьому випадку, корисна інформація знаходиться у байтах каналів B1, B2, D та доповнена службовою інформацією. Додані наступні біти: біт порушення парності (L), біт ехо (E) і вісім біт маркера.

Біт порушення парності (bit parity violation) показує, що число послідовно переданих нулів перевищило задану норму. Тому для того, щоб не виникла послідовність з великого числа нулів, необхідно виконати алгоритм вставки одиниці в біт L, який порушує парність при чергуванні одиниць.

Біт ехо (bit echo) пов'язаний зі спеціальною процедурою, яка вирішує задачу конкуренції при вступі одночасно декількох вимог на інформаційний канал. Коли від одного з абонентів надходить виклик, по каналу D передається послідовність одиниць. Відповідь на цю послідовність надходить по ехо-каналу у вигляді послідовності одиниць (відповідь на кожен передану одиницю).

Біт маркера (marker bit) присвоюється кожному із восьми абонентів та визначає присвоєння певної послідовності одиниць відповідно до наданого пріоритету.

Мережевий пристрій, що одержав символ «0» на останню надіслану одиницю, перестає генерувати виклик. Таким чином в каналі залишиться тільки той пристрій, якому надано найбільше число одиниць (найвищий пріоритет).

Маркер застосовується в системах передачі для того, щоб відзначити початок передачі одиниці інформації. Вихідна корисна інформація розбита на блоки (одиниці), що містять певну кількість байтів (в даному випадку 48). Маркер дозволяє відокремити кожен таку одиницю, одночасно вказуючи на кінець однієї одиниці і початок іншої, і тим самим виконуючи завдання синхронізації. Маркер дає підстави підлаштовувати генератор, оскільки являє собою послідовність, яка містить багато одиниць. Наявність маркера покращує якість передачі, але вимагає додаткового часу, тому іноді його пропускають (при низькому рівні завад в каналі).

Якщо передавати тільки корисну інформацію, то процес передачі можна представити як передачу чотирьох раз за одну мілісекунду трьох полів інформації, які в сумі складають 36 біт (16 біт – два канали B1, 16 біт – два канали B2 і 4 біта – канал D), що вимагає швидкості передачі $4 \times 36 = 144$ Кбіт/с. Якщо до кожного з трьох полів додати 4 службових біта ехо-каналу (E), то необхідна швидкість $4 \times 40 = 160$ Кбіт/с.

Додавання прапора та іншої службової інформації призводить до варіанту: 48 біт за 250 мс або 192 Кбіт/с.

Інтерфейс еталонної точки U. На виході мережного терміналу 2 (інтерфейс U) необхідно формувати інформацію, підготовлену для передачі в канал. В ньому виділяються канали B1, B2, D і відбувається перетворення формату. Формат S є зручним для передачі біполярними імпульсами на великі відстані (сотні метрів). Щоб передати інформацію на 5 – 7 км необхідно перемістити її в лінійне закінчення. Тому до корисної інформації, що

складається з інформації каналів В1, В2 і D, замість службових полів інтерфейсу S додаються нові поля для здійснення процесу синхронізації та передачі невеликого числа сигналів керування, необхідних для даної ділянки. Ця інформація вимагає збільшення каналної швидкості на 16 Кбіт/с. Тому сумарна канална швидкість на цій ділянці дорівнює 160 Кбіт/с.

На цьому етапі використовується система розбиття інформації, формат якого представлений на рис. 4.20, а.

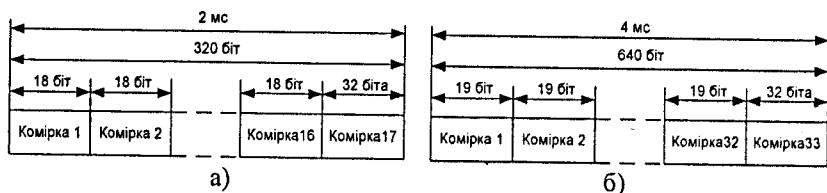


Рисунок 4.20 – Приклади форматів в еталонній точці U

Корисна інформація передається в шістнадцятьох часових положеннях (слотах), довжиною 18 бітів кожен, а інша інформація передається в сімнадцятому слоті довжиною 32 біта. Таким чином за 2 мс передається 320 біт, тобто швидкість в каналі 160 Кбіт/с.

Є й інший варіант побудови циклу передачі (рис. 4.20, б): із 32-х бітів останнього слоту, дев'ятнадцятий використовується для синхронізації, а дванадцятий – для передачі службових сигналів. До складу цих сигналів входить, наприклад, сигнал активізації обладнання, який переводить кінцеве обладнання з чергового в активний режим, що значно заощаджує енергію і робить експлуатацію системи більш безпечною і надійною.

Для зниження вимог до швидкості в термінальному обладнанні здійснюється перехід до передачі інформації багаторівневими сигналами та усуваються послідовності, що містять багато нулів (цей процес часто називають «скремблювання»).

Інтерфейс еталонної точки V. На цьому етапі інформація приводиться до вигляду, необхідного для передачі по абонентській лінії. Для цього вона перетворюється в частотну форму. Оскільки сигнал багаторівневий, використовується *фазова маніпуляція* (phase shift keying). Необхідно також враховувати, що всі абонентські лінії двохпровідні (виняток становлять оптичні абонентські лінії). Тому необхідно перетворити інформацію для передачі з чотирьохпровідної лінії в двохпровідну і забезпечити передачу та прийом. Пристрій, що здійснює це перетворення, називається диференційною системою. Проблема полягає у впливі кіл передачі на коло прийому, що може викликати потрапляння інформації з кола передачі в коло прийому. Це може викликати у абонента ефект еха. У лінії, за наявності підсилювачів, це може привести до генерації. Інформація, що надійшла в

коло прийому, пройшовши підсилювач, може знову надійти в коло передачі, що призведе до порушення всієї системи передачі. Тому у цифрових терміналах зв'язку використовуються аналогічні схеми для зменшення місцевого ефекту, як і у випадку аналогових телефонів.

У цифрових системах для поліпшення якості тракту застосовується цифрова схема ехокомпенсації (echo compensation), яка наведена на рис. 4.21.

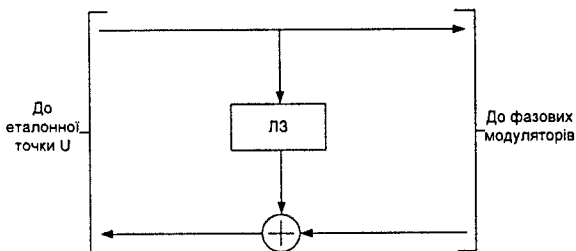


Рисунок 4.21 – Принцип роботи цифрового ехокомпенсатора

Її принцип полягає в тому, що передана в лінію інформація через лінію затримки (ЛЗ) передається в суматор, що стоїть в колі прийому. Там вона віднімається з прийнятого потоку. Затримка і параметри сигналу вибираються таким чином, щоб при відніманні компенсувати сигнали, що надійшли з власного кола передачі.

4.5.2 Побудова цифрових терміналів

Як і всі цифрові засоби зв'язку, ISDN-термінали реалізуються за аналогічним принципом. Загальна структурна схема такого терміналу наведена на рис. 4.22.

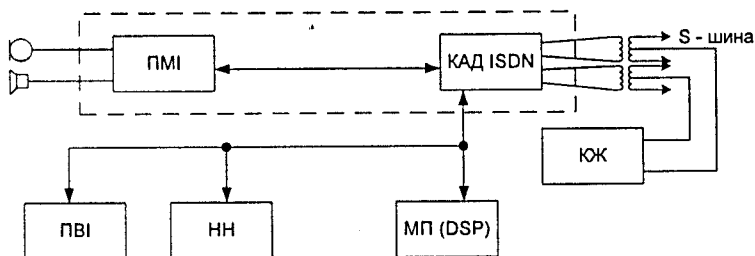


Рисунок 4.22 – Основні складові телефонного терміналу ISDN

Для передачі цифрових даних і підключення комп'ютерів застосовуються аналогічні схеми. Телефонний термінал містить перетворювач мови,

контролер абонентського доступу до лінії і контролер дистанційного електроживлення.

Перетворювач мовної інформації (ПВІ, Converter Language Information). У його функції входить перетворення аналогового сигналу в цифрову компандовану форму, а також зворотне перетворення інформації, отриманої від контролера абонентського доступу до лінії, забезпечення багаточастотного набору, передача викликних і тональних сигналів. Часто в список функцій входять також: забезпечення пристроїв гучномовного зв'язку, тестування лінії та цифрового процесора, що входить в телефонний апарат і т.п.

Контролер абонентського доступу до лінії (КАД, Controller subscriber access line) виконує наступні функції:

- а) забезпечення дуплексного інтерфейсу S (2B+D);
- б) перетворення структури кадру, отриманого після аналого-цифрового перетворення;
- в) обробка інформації каналу D;
- г) забезпечення процедур автоматичного включення і виключення зі стану малого споживання струму в черговому режимі;
- д) робота з різними версіями ISDN (S і Q);
- е) забезпечення режиму пакетної комутації по каналу D;
- ж) інтерфейс з керуючим процесором апарату;
- и) комутація мовного каналу на канали В1 або В2;
- к) доступ керуючого процесора (МП) до В-каналу;
- л) тестування каналу.

Контролер електроживлення (КЕ, power controller) забезпечує дистанційне електроживлення терміналу ISDN за принципом «середньої точки».

Контролер абонентського доступу. Структурна схема контролера абонентського доступу показана на рис. 4.23.

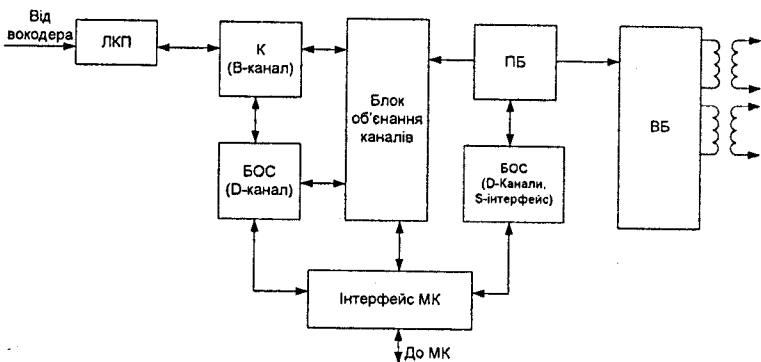


Рисунок 3.23 – Структура контролера абонентського доступу до ISDN

На схемі наведено елементи контролера, що виконують основні функції.

Послідовний порт (Serial Port) містить лінійні кола для прийому сигналів (ЛКП) від перетворювача мови. Ці кола розташовані на одній платі з іншими мікросхемами контролера і являють собою порогові обмежувачі для зменшення завад, що надходять з лінії.

Комутатор В-каналів (Switch B-channels) дозволяє здійснювати передачу і прийом інформаційних сигналів по одному з двох каналів (В1 або В2). Номер каналу задається керуючим мікропроцесором.

Обробка сигналів D-каналу (БОС) від джерела полягає в прийомі вхідних та вихідних сигналів термінальною схемою (перетворювача мови) і кодуванні їх відповідно до протоколів каналного і мережного рівня.

Вихідний блок контролера виконує функції фізичного рівня. На виході сигнал перетворюється до біполярного коду.

Пристрій дистанційного електроживлення виконує функцію електроживлення ISDN-терміналу, яке здійснюється через середню точку однієї з обмоток трансформатора диференціальної системи або, так званому, – фантомному колі. Цей пристрій виконує наступні функції: перетворення постійної напруги мережного номіналу до значень, необхідних для живлення мікросхем; захист від перенапруг в лінії; забезпечення низького рівня завад у колах електроживлення. Зазвичай пристрій побудований за принципом частотного перетворення.

Вокодерне обладнання. Мовний сигнал по своїй структурі є безперервним (аналоговим) сигналом. Принципи телефонної передачі, які передбачають збереження незмінності аналогової структури мовного сигналу при його передачі, не є ефективним при використанні каналу тональної частоти 300 – 3400 Гц. Підставою для такого твердження служить те, що кількість інформації, що міститься в мовному сигналі, у кілька разів менше пропускну здатності такого каналу. Звідси випливає, що аналоговий мовний сигнал, що займає при передачі весь спектр каналу тональної частоти, містить велику надмірність. Якщо ж мовний сигнал звільнити від зайвої надмірності і залишити в ньому тільки інформацію, необхідну для забезпечення необхідної розбірливості, натуральності і достатньої гучності, то з'явиться можливість передавати одночасно кілька мовних повідомлень по одному каналу тональної частоти. Для звільнення від надмірності мовний сигнал перетворюється, тобто структура його змінюється так, щоб збереглися всі необхідні ознаки для досить точного відтворення вихідного сигналу на приймальному кінці тракту. Мовний сигнал можна характеризувати трьома параметрами: частотним діапазоном F , динамічним діапазоном D і часом передачі T . Виходячи з наявності у сигналу трьох характеристик, можна записати об'єм сигналу:

$$V = FDT.$$

Аналогічними трьома параметрами F_k , D_k і T_k можна характеризувати будь-який з телефонних каналів. Таким чином,

$$V_k = F_k D_k T_k.$$

Якщо параметри телефонного каналу рівні відповідним параметрам сигналу, який необхідно передати по цьому каналу, тобто $F_k = F$; $D_k = D$ і $T_k = T$, то $V_k = V$. У цьому випадку параметри каналу та параметри сигналу повністю узгоджені. Якщо рівність об'ємів виконується, а рівність параметрів ні, то перед передачею сигналу необхідно виконати перетворення параметрів сигналу, узгодивши їх з параметрами каналу. Така операція називається трансформацією або перетворенням.

Якщо $V > V_k$, перед передачею мовного сигналу необхідно провести його *перетворення обмеженням* або *компаундуванням* (compounding). Перетворення обмеженням полягає в тому, що виключається частина або декілька частин сигналу без збереження відомостей, що містяться в його виключених частинах. При такому перетворенні втрачається ряд ознак мовного сигналу, що призводить до спотворення переданого сигналу. Тому перетворення цього виду можна використовувати тільки в тих випадках, коли з сигналу виключаються лише ознаки, що не мають істотного значення для його сприйняття. Перетворення компаундуванням включає в себе дві послідовні операції: *компресію* і *експандування*.

Під *компресією* розуміють таке перетворення, при якому відбувається стиснення одного або декількох параметрів, але зберігається інформація, що міститься в мовному сигналі до перетворення і достатня для його подальшого відновлення.

Експандуванням виконують перетворення, в результаті якого стиснений сигнал набуває форми початкового мовного сигналу. Розрізняють *безпосереднє* і *параметричне* компаундування. Безпосереднє компаундування полягає в компресії і наступному експандуванні одного, двох або всіх трьох параметрів F , D і T , які характеризують сигнал. Залежно від параметра, за яким здійснюється таке перетворення, воно може бути частотним, амплітудним, часовим. Параметричне компаундування являє собою перетворення, при якому компресія проводиться за рахунок виділення із сигналу деякого числа повільно змінних параметрів, інформація про зміну яких і передається по каналах. Експандування в цьому випадку здійснюється за допомогою місцевих джерел, що використовують інформацію про повільно змінні параметри вихідного сигналу.

Ці методи використовуються для перетворення структури мовного сигналу з метою зменшення його обсягу V при необхідності одночасної передачі декількох мовних повідомлень по каналу тональної частоти обсягом V_k , тобто при $V_k = \eta V$, де η – коефіцієнт компресії мовного сигналу. Найбільш ефективним методом структурного перетворення мовного сигналу є частотно-параметричне компаундування, при якому теоретичне значення

коефіцієнта компресії може досягати $\eta = 30$ і більше. Таке компаундування (компресія + експандування) здійснюється за допомогою *вокодера*. Тип вокодера визначається параметрами, за якими проводяться аналіз і синтез мовного сигналу. В найбільш узагальненому вигляді вокодер можна представити так, як показано на рис. 4.24.

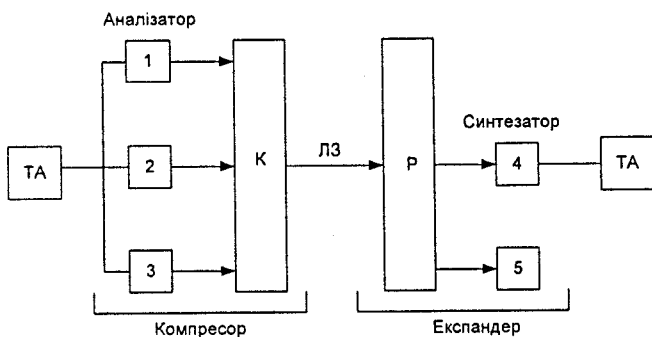


Рисунок 4.24 – Загальна схема вокодерного обладнання

Такий вокодер містить аналізатор, комбінатор (К), розподільник (Р) і синтезатор. Аналізатор фонемного вокодера складається з пристроїв виділення із мовного сигналу фонем і їх порівняння з набором типових фонем 1; пристроїв для визначення середньої потужності розмовного сигналу 2 і типу голосу абонента 3. Кожній фонемі та іншим переданим параметрам присвоюється відповідна комбінація двійкового коду, яка з комбінатора (передавальна частина) буде надходити в лінію, а потім у розподільник (приймальна частина) експандера. Синтезатор складається з формувача фонем 4 і регулятора потужності 5. У пам'яті формувача зберігаються всі фонемі і в залежності від кодової комбінації він формує потрібну фонему. Інтенсивність її встановлюється регулятором потужності аналізатора 5 згідно з прийнятим сигналом про її величину.

Для поліпшення якості переданої мови в пам'яті синтезатора міститься кілька варіантів кожної з фонем відповідного типу голосу. Характерні особливості типу голосу визначаються пристроєм виділення і передачі цих особливостей, що знаходяться в компресорі. До переваг розглянутих телефонних систем з перетворенням структури мовного сигналу можна віднести підвищення використання телефонного каналу, підвищена завадостійкість і краще узгодження параметрів мовного сигналу з параметрами каналу.

Принцип побудови перетворювача мови ISDN-терміналу. Структурна схема перетворювача мови ISDN-терміналу, яка пояснює принцип його дії, наведена на рис. 4.25.

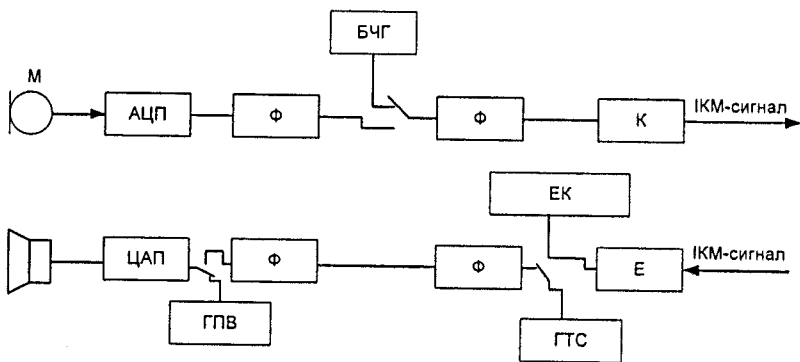


Рисунок 4.25 – Структурна схема перетворювача мови ISDN-терміналу

Перетворювач на вході отримує інформацію від мікрофона (М) і перетворює її в цифровий сигнал. При цьому він забезпечує необхідні характеристики. Вхідні і вихідні кола розраховані на підключення різних типів мікрофонів (електромагнітних, електретних, п'єзоелектричних). Вхідні фільтри (Ф) звужують смугу проходження шумових сигналів. Вихідні фільтри знімають шуми, які можуть надійти далі в лінію. На виході сигнал компаундується (К).

У напрямку передачі можливе підключення частотних комбінацій набору номера із багаточастотним генератором (БЧГ). У зворотному колі можливе підключення генератора тональних сигналів (ГТС) і сигналу посылки виклику. Всі ці сигнали виробляються в цифровій формі.

Існує декілька видів вокодерів, які використовуються в цифрових телефонних терміналах: смугові, ортогональні, формантні, із лінійним передріканням.

Смуговий вокодер наведено на рис. 4.26.

Основне завдання даного пристрою – визначити спектр сигналу, потужність в кожному спектрі за досить довгий відрізок часу, в який існує форманта. На передавальній стороні аналоговий сигнал надходить на АЦП, потім проходить ряд цифрових фільтрів (ЦФ), кожний з яких виділяє вузьку смугу (зазвичай шириною 200 – 400 Гц). Чим вужча смуга, тим краще буде якість мови на приймальному кінці, але тим більший обсяг інформації необхідно передавати по цифровому тракту. Далі використовуються блоки, що вимірюють і кодують значення потужності спектра в кожному діапазоні частот (БЗКС). Додатково до інформації про спектр, вокодер визначають характер збудження (голосний або дзвінкий приголосний, на відміну від глухого приголосного) і частоту основного тону для голосних або дзвінких приголосних звуків (БВГДЗ).

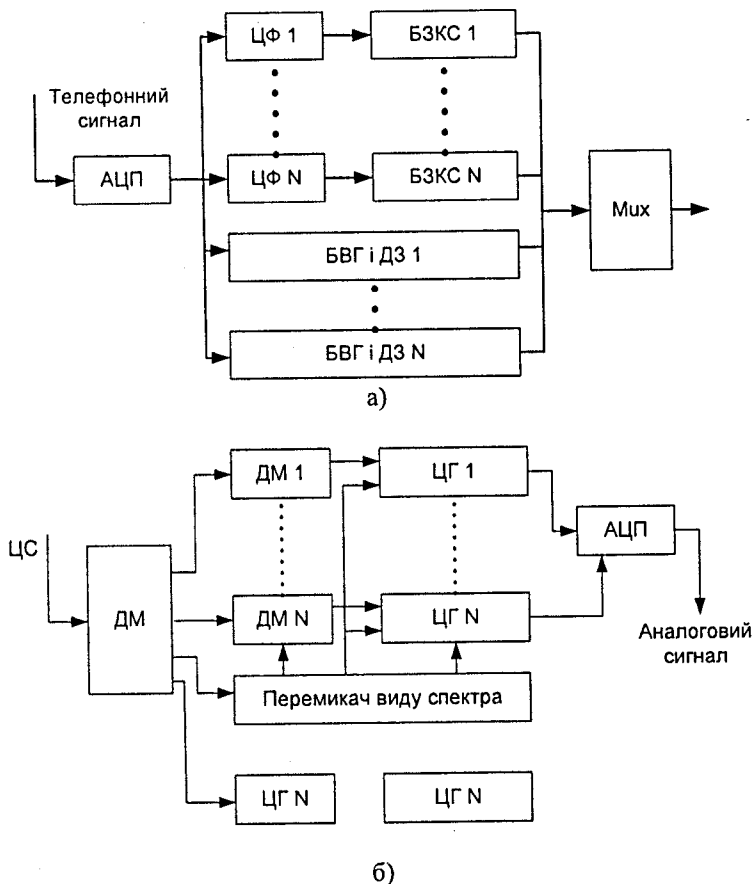


Рисунок 4.26 – Структурна схема смугового вокодера: а) кодер; б) декодер

Отримана інформація передається на приймальну частину, де вона використовується для керування цифровим генератором. Він являє собою пам'ять, де зберігаються відліки певних смуг частот сигналу, з яких необхідно вибрати потрібну за частотою і потужністю. Збудження голосних відбувається за допомогою генератора імпульсів (ЦГ), який відкриває на певний час генерацію основного тону. Збудження глухих звуків імітується шумовим генератором.

Ортогональні вокодери (orthogonal vocoders) відрізняються від смугових тим, що функції фільтрів виконуються цифровими методами: або за допомогою швидкого перетворення Фур'є, або за допомогою ортогональних функцій Уолша.

Енергія мови може концентруватися в трьох-чотирьох піках, так званих формантах. *Формантний вокодер* визначає і передає положення піку енергії в частотному діапазоні, амплітуду спектральних піків. Внаслідок цього знижується обсяг переданої інформації. Якість відновленого мовлення залежить від точності визначення цих параметрів. Принцип роботи формантного вокодера заснований, також як і в попередньому випадку, на поділі спектра на смуги і визначенні в смугах необхідних характеристик. Але для передачі відбираються лише дані про збудження у спектрі. Це знижує вимоги до обсягу переданої інформації. Декодер відновлює сигнал також за допомогою генерації основного тону і різних типів сигналів (шумових та імпульсних).

Вокодер з лінійним передбаченням (vocoder with linear prediction) будується на принципі вимірювання формант. На приймальну частину передаються відомості про характер збудження (голосні або дзвінки приголосні), період основного тону та поточні значення коефіцієнтів передбачення. На приймальній частині, на відміну від смугового фільтра, де відбувається відновлення потужності в кожній смузі, в даному випадку відбувається перерахунок значення отриманого сигналу відповідно до прийнятих по каналу коефіцієнтів передбачення. Перерахунок здійснюється на основі математичної моделі, що передбачає лінійну залежність між сусідніми за часом сигналами. При цьому порядок передбачення (кількість врахованих попередніх сигналів) може бути від 6 до 12, що визначає якість мови. Чим вища якість, тим більший порядок передбачення використовується в моделі. Відповідно, необхідна велика швидкість обчислень.

Оскільки зміна голосових сигналів відбувається досить повільно, то також повільно відбуваються зміни коефіцієнтів передбачення, що дозволяє передавати мовні сигнали з досить низькою швидкістю.

Вокодери даного типу працюють з цілими блоками підготовлених відліків. Для кожного такого блоку значень обчислюються його характерні параметри: частота, амплітуда і ряд інших. Потім із значень цих параметрів формується мовний кадр, готовий для передачі, як показано на рис. 4.27.

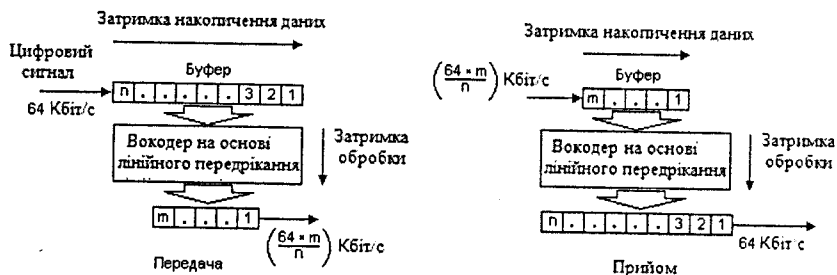


Рисунок 4.27 – Принцип дії вокодера з лінійним передбаченням

При такому підході до кодування мови, зростають вимоги до обчислювальних потужностей апаратної частини телефонного апарату, а також збільшується затримка при передачі, оскільки кодування застосовується не до окремих значень, а до деякого їх набору, який перед початком перетворення слід накопичити в певному буфері.

Більш складні методи стиснення мови засновані на застосуванні методу лінійного передбачення мови з використанням елементів кодування форми сигналу. У цих алгоритмах використовується кодування зі зворотним зв'язком, коли при передачі сигналу здійснюється оптимізація коду. Закодувавши сигнал, процесор намагається відновити його форму і порівнює результат з вихідним сигналом, після чого починає змінювати параметри кодування, забезпечуючи найкращий збіг. Досягнувши такого збігу, апаратура передає отриманий код по лініях передачі. На протилежному кінці відбувається відновлення мовного сигналу. Для використання такого методу потрібні високі обчислювальні потужності, що на даному етапі розвитку цим можна нехтувати.

Питання для самоперевірки

1. Що таке комутаційний пристрій?
2. Охарактеризуйте основні параметри комутаційного пристрою.
3. Особливості побудови контактних комутаційних пристроїв.
4. Особливості побудови безконтактних комутаційних пристроїв.
5. Охарактеризуйте використання логічних елементів як комутаційних пристроїв.
6. Особливості побудови аналогових телефонних терміналів.
7. Особливості побудови цифрових телефонних терміналів.
8. Що таке місцевий ефект?
9. Методи усунення місцевого ефекту.
10. Що таке системи інтегрального обслуговування?
11. В чому полягають особливості базового вмикання?
12. Особливості вмикання цифрових телефонних терміналів.
13. Що таке еталонні точки?
14. Особливості реалізації ISDN-терміналів.
15. Що таке контролер абонентського доступу?
16. Методи перетворення мовного сигналу.
17. Дати характеристику вокодерам.
18. На основі вивчених даних дати характеристику оптимальної передачі мови у сучасних цифрових телефонних терміналах.
19. Наведіть приклади сучасних цифрових терміналів та доступних для них послуг.

5 ПОБУДОВА КОМУТАЦІЙНИХ СИСТЕМ

5.1 Загальні відомості про комутаційні системи

На теперішній час спостерігається велика кількість телефонних станцій та комутаційних вузлів обробки інформації. Проте всі вони мають схожу побудову. Загальна структурна схема комутаційної системи, станції або вузла зображена на рис. 5.1.

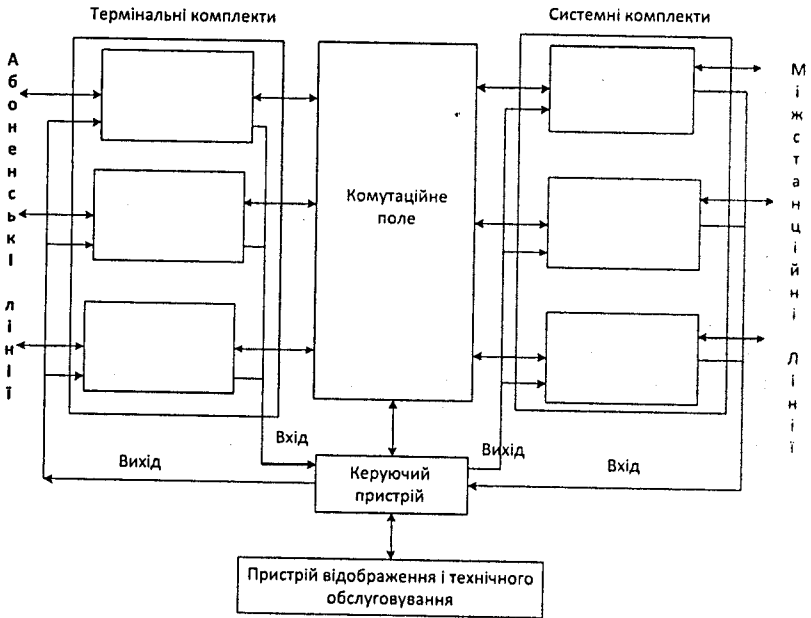


Рисунок 5.1 – Загальна структурна схема комутації і обробки інформації

Розглянемо кожний блок комутаційної системи окремо.

Комутаційне поле (КП) (Interconnect field) виконує задачу комутації двох або декількох джерел між собою. На перших етапах впровадження телефонної техніки це були електромеханічні пристрої на базі електромагнітних пристроїв. Ці базові елементи визначили назви для перших комутаційних систем, які мали назву:

- декадно-крокова система автоматичних телефонних станцій (АТС);
- координатна система АТС (АТС-К) або вдосконалена АТС-К – АТС-КУ.

З появою мікроелементної бази та розвитком електронної обчислювальної техніки був розроблений цілий комплекс цифрових систем передачі та відповідних цифрових систем комутації. В даний час більшість задач комутації виконується спільно із задачами керування. Зростання швидкодії дозволяє поєднати ці задачі і тим самим призводить до подальшого вдосконалення комутаційної техніки.

Керуючий пристрій (КПр) (managing device) вирішує логічні задачі, необхідні для встановлення з'єднання, а також виконує задачі, пов'язані з основними і додатковими видами обслуговування.

Термінальні комплекти (ТК) забезпечують виконання протоколів нижчих рівнів взаємодії еталонної моделі з абонентськими терміналами.

Лінійні комплекти (ЛК) виконують ті ж функції, що й термінальні комплекти, але по відношенню до об'єктів мережі (інші станції, вузли мережі).

Комплекти та їх функції будуть розглянуті в наступних розділах.

Пристрої відображення та технічної експлуатації дозволяють здійснювати контроль за станом окремих блоків станцій, відображають службову інформацію тощо.

5.1.1 Комутаційні поля та їх характеристики

Для найбільш простого типу комутаційного поля – *повнодоступного комутаційного поля* характерним є те, що кожне джерело, яке підімкнене до його входу, може бути з'єднане з джерелом, підключеним до виходу. Такий тип комутаційного поля застосовувався в станціях дуже малої ємності (до 50 номерів і менше). На рис. 5.2 показано побудову умовної схеми комутатора.

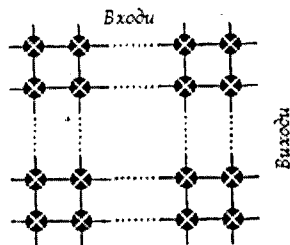


Рисунок 5.2 – Повнодоступне комутаційне поле

На кожному перетині горизонталі й вертикалі комутатора показаний контакт. Останнім часом для комутації застосовуються програмні методи, які реалізуються на комп'ютерах. Вони еквівалентні способу із застосуванням повнодоступної схеми. Але при великих ємностях комп'ютер не може забезпечити обслуговування вхідних потоків викликів. Тому, як на

апаратному, так і на програмному рівні існують еквівалентні багатоланкові принципи комутації.

При великій кількості користувачів більш ефективними є схеми комутації, що містять багато ланок. На рис. 5.3 а) наведена *двохланкова схема комутації*, яка є найпростішим варіантом багатоланкових структур.

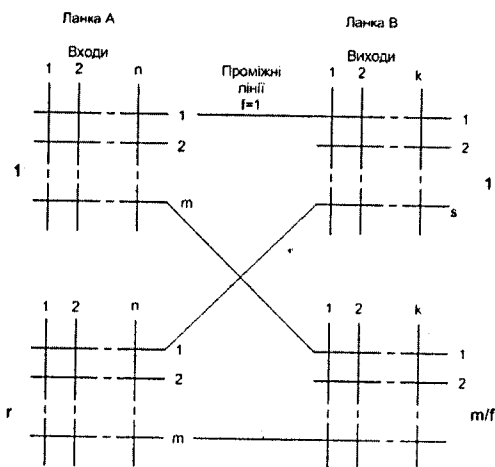


Рисунок 5.3 – Двохланкова схема комутації

На рис. 5.3 показані наступні позначення, які є параметрами комутаційного поля:

- n – число входів в матрицю ланки А;
- r – число матриць ланки А;
- m – число проміжних ліній між ланками А і В;
- s – кількість входів у матрицю ланки В;
- k – число виходів з матриці ланки В;
- f – коефіцієнт зв'язку.

Коефіцієнт зв'язку (coupling coefficient) – це число проміжних ліній, які з'єднують одну певну матрицю ланки А з однією певною матрицею ланки В.

При операціях комутації виникає необхідність комутувати N входів з M виходами. Тоді будуть виконуватись наступні умови:

- для повнодоступної комутаційної схеми число точок комутації дорівнює MN ;
- для неповнодоступної схеми комутації число точок комутації дорівнює $r(m \cdot n) + (m/f)(k \cdot s)$;
- число комутаторів ланки А (r) залежить від необхідного загального числа входів N і становить $r = N/n$;

- число комутаторів ланки В (m/f), залежить від необхідного загального числа виходів М, тобто $m/f = M/k$.

При цьому число точок комутації неповнодоступної комутаційної схеми дорівнюватиме $Nm + Ms$. Тим самим визначається умова того, що багатоланкова комутаційна схема більш ефективна, ніж одноланкова, а саме кількість комутаційних точок у ній має бути менше, ніж у повнодоступній:

$$\begin{aligned}NM &> Nm + Ms, \\l &> m/M + s/N.\end{aligned}$$

Останній умові може відповідати безліч сполучень параметрів комутаційних схем, але для всіх з них справедливі співвідношення (при $N, M, m, s \neq 0$):

$$\begin{aligned}m/M &< l \\s/N &< l \quad (\text{де } N, M, m, s \neq 0).\end{aligned}$$

Ці вимоги означають, що кількість виходів матриці ланки А не повинно перевищувати загальну кількість виходів всієї комутаційної схеми М, а число входів ланки В не повинно бути більше загальної кількості входів в комутаційну схему N.

Така умова виконується для всіх реальних задач комутації. Число виходів матриць, які використовуються для малих станцій (100..500 входів і той же діапазон числа виходів) змінюється від 4 до 8, а для великих ємностей (4000 ... 300 000 входів і виходів) використовуються матриці, які мають 512 виходів. З наведених даних випливає, що в сучасних телефонних станціях одноланкові комутаційні схеми у багато раз менш економічними, ніж багатоланкові. Однак невелике число входів у комутаційну матрицю не дозволяє побудувати комутаційну двохланкову схему з досить великим числом виходів. Для цих випадків застосовуються багатоланкові схеми.

Основні характеристики комутаційних полів. Перехід від одноланкових комутаційних схем до багатоланкових породжує явище – *блокування*. Під блокуванням розуміється неможливість встановлення з'єднання від заданого входу до вільного виходу через відсутність вільних проміжних ліній. Для прикладу, блокування наведено на рис. 5.4.

На наведеному вище рисунку показано, що між 1-м входом і 4-м виходом неможливо встановити з'єднання, оскільки матриці двох ланок з'єднує єдина проміжна лінія. Вона зайнята з'єднанням між входом 2 і виходом 3. Це може призвести до відмови в з'єднанні. Тому параметри двохланкових комутаційних схем розраховуються при заданих втратах. Втрати можна зменшити, збільшивши число ліній між матрицями, тобто збільшивши коефіцієнт зв'язку. У цифрових станціях проміжні лінії являють собою ІКМ-тракти які містять 30 каналів, що еквівалентно коефіцієнту зв'язку 30. Збільшення цього коефіцієнту зменшує імовірність блокування, але на

практиці така імовірність залишається і залежить від співвідношення числа входів, виходів, проміжних ліній, а також від числа викликів та їх тривалості.

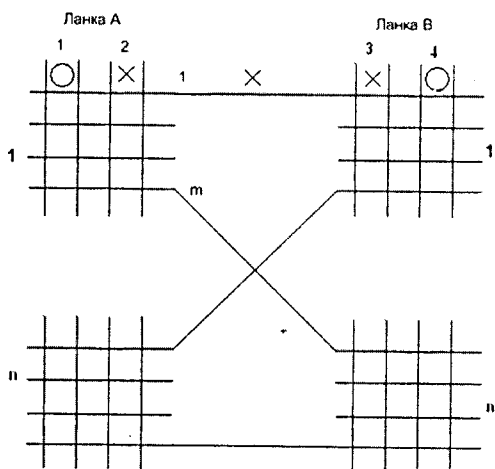


Рисунок 5.4 – Принцип блокування вільного виходу

Для схем з будь-якою кількістю ланок, що мають блокування, застосовується *обумовлений спосіб пошуку*. Оскільки в таких схемах наявність вільної лінії на одній ланці не означає вільного шляху в цілому, вибір кожної вільної лінії визначається вільним шляхом в цілому. У разі обумовленого пошуку вибір шляху проходження інформації відбувається наступним чином:

- між двома точками визначаються доступні і вільні шляхи;
- вибирається єдиний шлях;
- визначаються номери вільних ліній на кожній ланці;
- формується результат пошуку.

Процес визначення та вибору вільної лінії (абонентської, сполучної, проміжної) часто називають *пробою*, а пристрій, що здійснює цей процес, називається пробним пристроєм.

Крім того, у зв'язку з блокуванням виникає ще одна проблема – *доступність* та змішування навантаження.

Доступність і змішування навантаження. Під доступністю розуміється число шляхів, кожний з яких може складатися з декількох ліній, що ведуть від одного входу до шуканих виходів. Для уточнення цього поняття розглянемо можливі варіанти пошуку від входу до виходу.

Вільний пошук – пошук будь-якого виходу комутаційного поля, з яким необхідно провести комутацію. Наприклад, якщо є виділена група приладів, від яких абонент може отримати сигнал «відповідь станції» (координата-

тні станції), то нема різниці, який з цих приладів буде обслуговувати з'єднання.

Груповий пошук – пошук будь-якого виходу, але в певній групі. Наприклад, після набору номера визначається станція, до якої надійде виклик. Тому потрібно знайти ті виходи, які ведуть до даної станції, і серед них вибрати будь-який.

Вимушений пошук – пошук проміжної лінії тільки до одного з виходів. Наприклад, між двома заданими абонентами.

Змішування – це метод забезпечення великої доступності від внутрішніх ліній до міжстанційних напрямків.

Наприклад, при пошуку будь-якого виходу двохланкової схеми доступність від входу, що належить першій комутаційній матриці, до виходів при вільному пошуку дорівнює числу її виходів, тобто m . При груповому пошуку доступність залежить від включення ліній, що ведуть до інших станцій, у виходи ланки В. Якщо всі такі лінії включені в одну матрицю ланки В, то доступність до напряму цієї станції рівна одиниці (одна лінія). При вмиканні ліній цього напряму в різні матриці при достатній їх кількості доступність може досягти значення m , подальше зростання цього показника обмежене числом проміжних ліній.

При вимушеному пошуку доступність буде найнижча – вона дорівнює 1. У зв'язку з цим після концентрації навантаження схема комутації повинна забезпечити доступ всіх абонентських ліній до меншого числа внутрішньостанційних ліній. Також повинна бути підімкнена схема, що збільшує доступність внутрішньостанційних ліній до міжстанційних напрямків. Така схема введення двохланкового ступеня змішування зображена на рис. 5.5 (можливе застосування числа ступенів до чотирьох).

5.1.2 Методи керування станціями

Індивідуальне і загальне керування. Даний метод заснований на тому, що загальна задача керування з'єднанням, розбивається на ряд задач, кожна з яких виконується послідовно окремим пристроєм. Найчастіше такі пристрої рознесені в просторі і являють собою обладнання різних станцій. Тому для синхронізації таких пристроїв застосовується сигналізація.

Найбільш поширений варіант розподілу задач полягає в наступному. Один ступінь (ступінь абонентського – А1, або лінійного пошуку – Л1) виконує всі задачі по взаємодії з абонентським комплектом. За вихідного зв'язку цей ступінь приймає сигнал, який встановлює з'єднання, передає акустичні сигнали станції (наприклад, «відповідь станції») і встановлює зв'язок з наступним ступенем. При вхідному зв'язку в його завдання входить визначення стану абонента і залежно від нього підімкнення акустичних сигналів та передача по мережі сигналу про встановлення з'єднання і відповідь абонента.

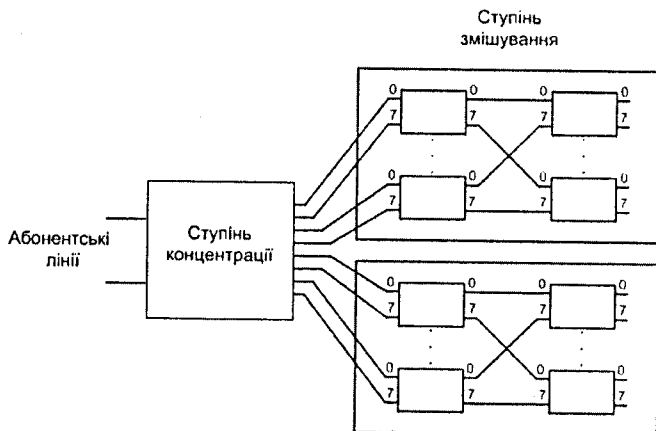


Рисунок 5.5 – Дволанковий ступінь змішування

Наступний ступінь (ступінь групового пошуку) приймає цифри набору і вибирає лінії в напрямках до інших станцій. На великих мережах застосовується декілька групових ступенів.

Загальна схема керування по ступенях, яка вміщує в собі один керуючий пристрій на ланку зображено на рис. 5.6.

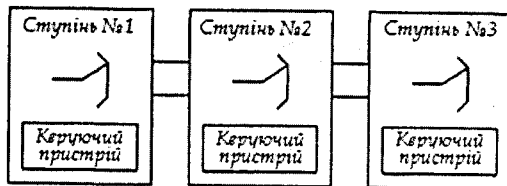


Рисунок 5.6 – Принцип розподіленого по ступенях керування із загальним керуванням на ступінь

Однак є системи, в яких пристроєм керування забезпечений кожний комутаційний пристрій або група пристроїв, як показано на рис. 5.7.

Такий спосіб керування застосовувався в перших автоматичних станціях. Сьогодні він частково використовується в сучасних АТС, коли за наявності цифрових комутаторів встановлюється індивідуальний пристрій для пошуку вільних шляхів і послідовного встановлення з'єднання. Слід звернути увагу на те, що перші автоматичні системи мали тільки одну задачу – встановлення з'єднання. У цьому сенсі сучасні системи із самопошуком аналогічні їм. Однак сучасні станції виконують велику кількість задач, не пов'язаних безпосередньо керуванням комутаційним полем. Ці

задачі, як правило, виконуються іншими пристроями, відокремленими від мутаційного поля.

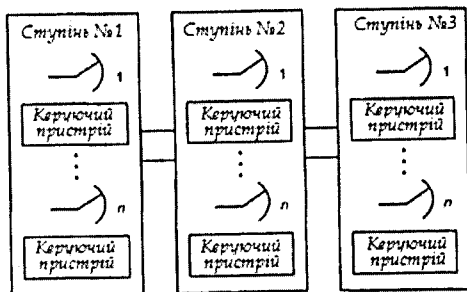


Рисунок 5.7 – Принцип розподіленого по ступенях керування з індивідуальним керуванням

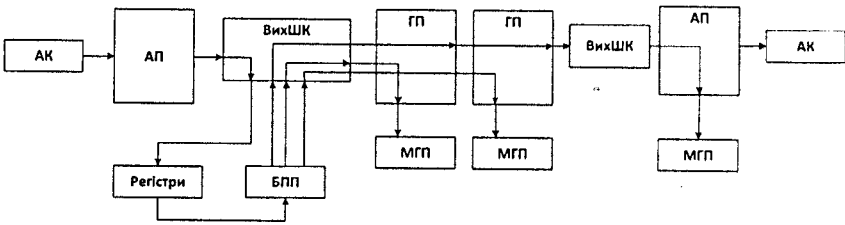
Пряме і непряме керування. Прямим називається керування, при якому станція керується безпосередньо за сигналами, що передаються з абонентського терміналу (телефонного апарату). Такий спосіб застосовувався в декадно-крокових АТС. Основні його недоліки очевидні. Вони полягають не стільки в небезпеці безпосереднього впливу абонента на станцію, скільки в тому, що в даний час автоматичні пристрої можуть у процесі встановлення з'єднання проводити додаткові дії (наприклад, маршрутизацію виклику, накопичення інформації тощо). Людина не може проводити подібні дії через обмеження фізичного (швидкодія) та інтелектуального плану (обсяг інформації і безліч сигналів).

Всі сучасні станції застосовують непряме керування. Схема такого керування зображена на рис. 5.8.

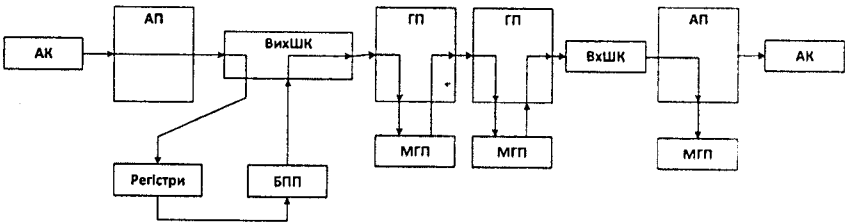
Таким чином, керування розподілено по ступенях. Ступінь абонентського пошуку (АП) має керуючий пристрій (в координатних АТС називається «маркер»). Аналогічно групові ступені пошуку мають свої керуючі пристрої – маркери групового ступеня пошуку (МГП). На рис. 5.8 також показані абонентський комплект (АК), що виконує функції інтерфейсу з абонентською лінією, а саме: прийом сигналу виклику, блокування комплекту і в деяких випадках посилку сигналу «зайнято»; та шнурові комплекти.

Вихідний шнуровий комплект (ВШК) виконує наступні функції:

- електроживлення мікрофона вихідного абонента;
- прийом і подальшу передачу сигналів взаємодії, наприклад, «відбій» викликаючого абонента (абонента А);
- в деяких випадках прийом від вхідної станції сигналу «відбій» абонента, якого викликають (абонента В) і передачу зумерних сигналів «зайнято».



а)



б)

Рисунок 5.8 – Методи передачі сигналів керування: а) із кінця в кінець; б) естафета.

Вхідний шнуровий комплект (ВШК) виконує функції:

- електроживлення мікрофона абонента, що викликається;
- прийом сигналу «відбій» з боку абонента В;
- прийом і передачу сигналу «відповідь» абонента В;
- передачу сигналу «посилка виклику» у бік абонента В;
- передачу сигналу «контроль посилки виклику» у бік абонента А.

Разом ці комплекти забезпечують прийом і передачу сигналів в процесі встановлення з'єднання, так званих сигналів взаємодії. До них відносяться:

- «Зайнято» – сигнал, що приймається від абонента абонентським комплектом чи комплектом вхідних з'єднувальних ліній, який передається на вхідну станцію вихідним комплектом з'єднувальних ліній;
- «Відбій А»;
- «Відбій В»;
- «Запит автоматичного розпізнавання номера».

Ці сигнали передаються і приймаються в АТС координатної системи шнуровими комплектами.

Сигнали, що передаються між регістрами і керуючими пристроями, називаються *сигналами керування*. Сигнали керування містять інформацію про набрані цифри (адреса пункту призначення), а також інформацію про

хід з'єднання. Це можуть бути сигнали про відсутність вільних ліній, зайнятості абонента місцевим або міжміським викликом і ряд інших, які передаються у процесі виконання основних і додаткових послуг.

При непрямому керуванні всі ці сигнали приймаються і обробляються керуючим пристроєм станції. У координатних АТС такими пристроями є реєстр і багаточастотний приймач (БПП), які дозволяють забезпечити надійну передачу цих сигналів на великі відстані. На рис. 5.8 а, б показані два основних способи передачі сигналів управління: «з кінця в кінець» і «естафета» відповідно.

Сигнали від абонента, що передаються за допомогою частотного або дискового номеронабирача накопичуються у реєстрі. Далі процес встановлення з'єднання здійснюється під керуванням реєстру за допомогою спеціальних засобів, що дозволяють здійснювати обмін сигналами з керуючими пристроями.

Перший спосіб передбачає передачу сигналів керування реєстром вихідної станції на всі пристрої керування мережі. Другий спосіб передбачає передачу сигналів по естафеті. Кожний пристрій приймає повну інформацію, необхідну для встановлення з'єднання, і передає її самостійно далі. Існують проміжні варіанти, коли інформацію слід зберігати тільки при переході на мережу з іншими принципами встановлення з'єднання.

4.2 Системи керування комутаційними станціями

Існує три види систем керування:

а) системи із прямим керуванням, особливістю яких є наявність загального керуючого пристрою на всю комутаційну систему, що є їх основним недоліком (при виході з ладу такого пристрою порушується робота всієї системи);

б) децентралізовані;

в) ієрархічні, які є проміжним варіантом двох інших (використовуються тільки у станції АХЕ 10).

Децентралізовані системи керування набули найбільшого поширення на телефонних станціях, так як вони задовольняють основні принципи адаптації систем і забезпечення їх надійності. Система поділяється на модулі (це характерне для всіх сучасних систем комутації). Загальна структурна схема такого керування наведена на рис. 5.9.

Кожен модуль призначений для обслуговування групи зовнішніх джерел інформації або для виконання обмеженої задачі (іноді обмеження стосуються кількості і функцій). Станція компонується з таких модулів відповідно до вимог на даний момент, ємністю і поставленими завданнями. Чим менша ємність ліній або приладів, які знаходяться у модулі, тим точніша адаптація.

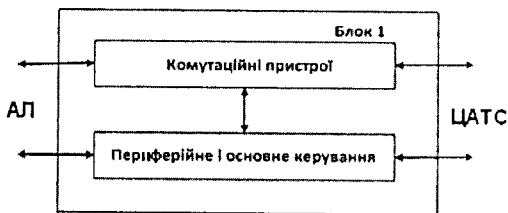
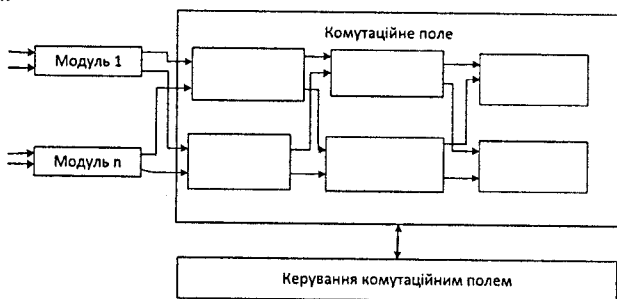


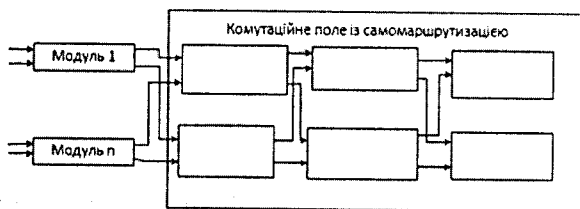
Рисунок 5.9 – Блок системи з децентралізованим керуванням

Модуль має локальне мікропроцесорне керування і містить комунікаційні пристрої, що здійснюють взаємодію із зовнішнім середовищем (найчастіше на фізичному і каналному рівнях). Невелике комутаційне поле дозволяє найбільш ефективно вмикати термінали до центрального комутаційного поля. Відомі кілька способів побудови систем з децентралізованим способом керування.

Використання *центрального комутаційного поля*. Для міжмодульної комутації з використанням всіх виходів модулів встановлюють комутаційне поле. Останнє вимагає встановлення спеціального пристрою для керування комутацією. Структурна схема такого типу керування наведено на рис. 5.10 а.



а)



б)

Рисунок 5.10 – Децентралізоване керування: а) з використанням процесора комутаційного поля; б) із самомаршрутизацією.

Наявність процесора комутаційного поля порушує децентралізацію, так як є елемент, при виході з ладу якого виходить з ладу і вся станція. Тому комутаційне поле, як мінімум, дублюється, а в деяких системах ставиться 4 блоки. При нормальному функціонуванні всі ці блоки працюють в режимі поділу навантаження, що покращує якість обслуговування.

Інший спосіб децентралізованого керування – це використання комутаційного поля із самомаршрутизацією, схема якого наведено на рис. 5.10 б. Така система не вимагає процесора, який керує пошуком шляхів в комутаційному полі. Децентралізоване керування збільшує надійність і дозволяє робити поступове нарощування комутаційного поля.

Одним із варіантів децентралізованих систем керування є використання ієрархічної СК. Дана система складається з *центрального керуючого пристрою* (ЦПК) і декількох груп *регіональних (периферійних) пристроїв керування* (РПК), що знаходяться між собою у відношенні ієрархічної підпорядкованості. При цьому кожна група РПК належить певному рівню ієрархії. Розрізняють однопроцесорні і багатопроцесорні ієрархічні СК, як показано на рис. 5.11.

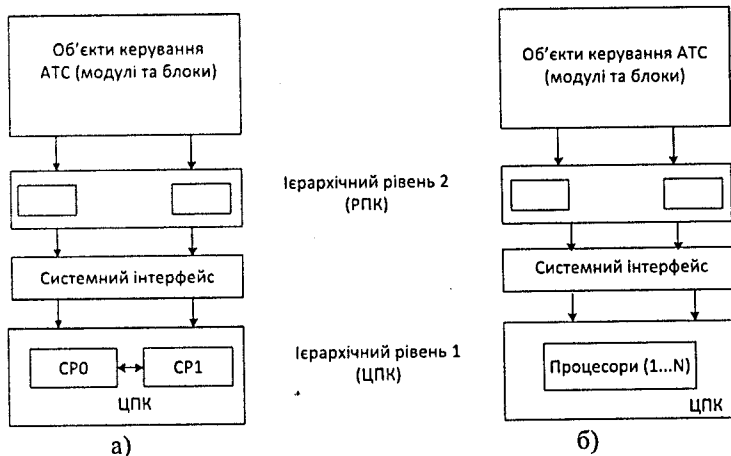


Рисунок 5.11 – Ієрархічна система керування:
а – однопроцесорна система; б – багатопроцесорна система

Наприклад, група регіональних керуючих процесорів (РПК), кожний з яких обслуговує модуль абонентських комплектів, має найнижчий ієрархічний рівень керування. Група РПК, обслуговує блоки ЦСК (АБ, ЛБ і т.д.), має більш високий рівень керування. Найвищому рівню ієрархії належить ЦПК, який, як правило, представляє собою одно- або багатопроцесорну систему, виконує загальносистемні завдання і координує роботу регіональних КК.

Керуючі пристрої одного ієрархічного рівня працюють незалежно один від одного, тоді як РПК сусідніх неієрархічних рівнів мають між собою інформаційні і функціональні зв'язки через відповідний системний інтерфейс.

Процес керування на кожному етапі щодо обслуговування виклику виконується в СК через ієрархічні рівні, починаючи з найнижчого до найвищого і назад. При цьому пристрої керування на більш високому ієрархічному рівні виконують більш складні функції. РПК найнижчого рівня приймає, попередньо обробляє інформацію про вхідні сигнали і формує необхідні повідомлення для РПК наступного рівня (або ЦПК). Водночас ЦПК координує спільну роботу пов'язаних з ним РПК при встановленні кожного з'єднання і виконує функції, що вимагають найбільш складної арифметикологічної обробки інформації про виклики (наприклад, аналіз номерів і вибір напрямку зв'язку).

Переваги ієрархічних систем керування:

- більш висока надійність у порівнянні з централізованою СК;
- модульність і гнучкість структури;
- економічність для станції великої ємності;
- простота програмного забезпечення для окремого ПК;
- висока продуктивність СК.

Недоліки ієрархічних СК:

- необхідність організації багатопроцесорного обміну;
- наявність ЦПК знижує надійність та ускладнює процеси нарощування продуктивності.

5.3 Побудова станційного модуля

Поділ станцій на модулі вимагає обміну сигналами всередині станції, у зв'язку з цим на рівні структурної схеми виникають наступні варіанти організації такої сигналізації:

- використання сигналізації всередині інформаційного каналу;
- виділення окремого сигнального каналу одного з двох видів: фіксованого, з комутацією через окремих комутатор (зазвичай комутатор повідомлень).

Структура модуля характерна для всіх типів станцій та наведена на рис. 5.12.

Модуль складається з типових керуючих частин, таких як комутаційне поле і процесор. Комплекти в кожному з типів модуля можуть відрізнятися. Вони виконують задачі узгодження із зовнішнім середовищем і компонуєть модуль у залежності від його призначення.

Комутаційне поле модуля може бути одноланковим (система S-12), розподілене по ступенях, що містить абонентську і групову частину (система EWSD містить ступені DU і CDU), і багатоланковим, для забезпечення доступу до різних блоків (система Linea UT). Комплекти керуються від

процесора модуля, або за окремої групи шин, або по одному з каналів тракту, що зв'язує комплекти з комутаційним полем.

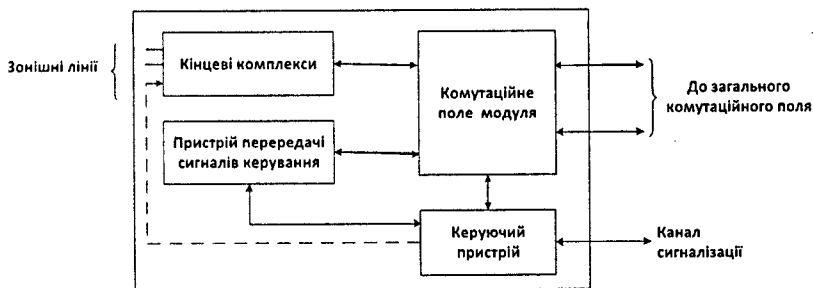


Рисунок 5.12 – Загальний принцип побудови модуля

Принцип включення комплектів наведено на рис. 5.13.

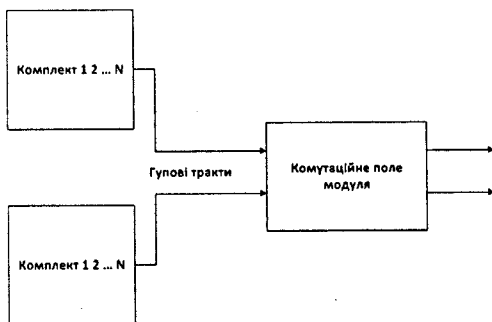


Рисунок 5.13 – Принцип підключення комплектів до комутаційного поля модуля

Тут мається на увазі об'єднання комплектів в групи і підключення до групового тракту. Зазвичай він містить 32 канали, один з яких призначений для сигналізації. Цей же канал може застосовуватися для прийому та передачі сигналів керування периферійними пристроями. Групи трактів, що з'єднують комплекти з комутаційним полем, дозволяють створювати резервні шляхи.

На рис. 5.12 показано два варіанти підключення сигнального каналу. Один з варіантів полягає в тому, що пристрій передачі сигналів керування підмикається до комутаційного поля модуля. Це дозволяє комутувати вихідні від нього сигнали в будь-який канал будь-якого виходу. Зазвичай для сигналізації застосовують фіксований канал. Як правило, це 16-й канал, проте можливе використання як фіксованих, так і інших каналів. Сам при-

стрій сигналізації виконує обробку сигналів на першому і другому рівні. Вона містить синхронізацію, виправлення помилок і перезавантаження. Логічні операції здійснюються процесором модуля.

Штриховою лінією показано другий можливий варіант – безпосередній вихід сигнального каналу від процесора. У цьому випадку поряд з комутатором інформації може застосовуватися комутатор міжстанційної сигналізації. У його задачі входить комутація сигнальних каналів та інформації між модулями. Однією з можливих цілей такого відділення сигнальних каналів може служити їх використання для передачі інформації у вигляді повідомлень.

У деяких системах (наприклад, ESS № 5) сигналізація виконується за фіксованим каналом, але на вході комутаційного поля вона виділяється для комутації через комутатор повідомлень.

На рис. 5.14 наведено загальну побудову модульної станції з двома типами комутації: інформаційною (КІ) та сигнальною (СК).

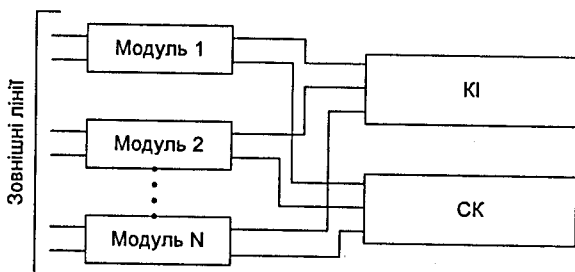


Рисунок 5.14 – Модульна побудова станції із окремим комутатором сигналізації

5.4 Архітектура цифрових систем комутації

5.4.1 Загальна структурна схема

Цифрова система комутації (ЦСК, Digital switching system) характеризується тим, що її комутаційне поле комутує канали, по яких інформація передається в цифровому вигляді. Однак до ЦСК можуть підмикатись як аналогові, так і цифрові абонентські і з'єднувальні лінії (за допомогою абонентських і лінійних блоків). Загальна структура ЦСК показана на рис. 5.15.

Абонентський блок (АБ, subscriber unit) призначений для узгодження аналогових та цифрових абонентських ліній із комутаційним полем станції.

Модуль аналогових абонентських комплектів (МАОК, module analog subscriber) призначений для підмикання до станції аналогових абонентських ліній та виконує наступні функції:

- аналого-цифрове перетворення та цифро-аналогове перетворення;
- концентрацію навантаження;
- підімкнення до ІКМ-тракту;
- функції ВОСНТ.

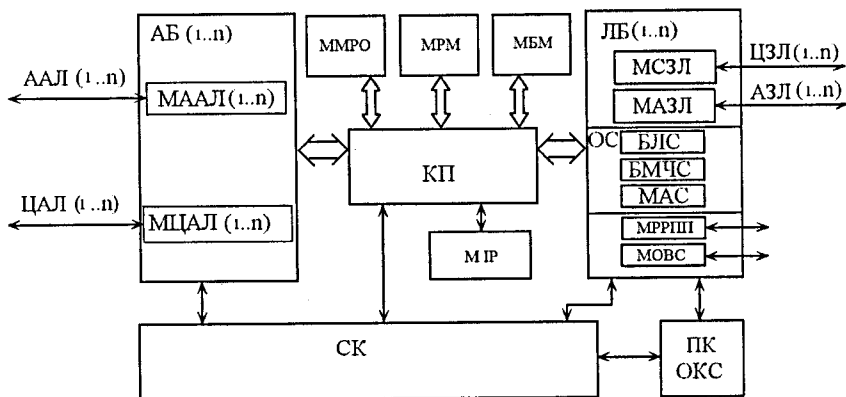


Рисунок 5.15 – Загальна структурна схема цифрових систем комутації

Модуль цифрових абонентських ліній (МЦАЛ, module digital subscriber lines) призначений для підмикання до станції цифрових абонентських ліній та виконує наступні основні функції:

- реалізацію станційного доступу ISDN;
- розділення каналів Б і Д;
- об'єднання декількох каналів Д в один канал.

Цифрові термінали підключаються до МЦАЛ за допомогою базового доступу 2В+D, де канал В=64 Кбіт/с, D=16 Кбіт/с.

Лінійний блок (ЛБ, linear block) створює інтерфейс між аналоговим і цифровим оточенням станції і цифровим комутаційним полем. Використовується для підмикання до станції різних *з'єднувальних ліній (ЗЛ)* і ліній доступу ISDN на первинній швидкості. ЛБ також може використовуватись для підключення мереж передачі даних і реалізації додаткових послуг.

Модуль цифрових з'єднувальних ліній (МЦЗЛ, module digital trunks) використовується для підмикання до станції цифрових ЗЛ і ліній ISDN первинного доступу. Виконує функції передачі службової інформації та інформації користувача, а також для узгодження вхідних і вихідних потоків зі швидкостями комутації в комутаційному полі (мультиплексування і демультимплексування).

Модуль аналогових з'єднувальних ліній (МАЗЛ, module analog trunks) утворює інтерфейс для підключення аналогових ЗЛ до цифрового комутаційного поля. Виконує функції АЦП і ЦАП, а також прийому і передачі

службової інформації та інформації користувача від аналогового оточення до станції і навпаки.

В більшості випадків до складу ЛБ входить *обладнання сигналізації* (ОС), склад якого визначається сигналами, які передаються між апаратурою взаємозв'язаних АТС і методом їх передачі на ділянках мережі. ОС виконує функції прийому і передачі сигналів управління і взаємодії між двома АТС.

В процесі роботи цифрові АТС використовують дві групи сигналів: *лінійні* і *реєстрові*. Лінійні сигнали забезпечують перехід від однієї фази обслуговування виклику до іншої (заняття, відбій, підтвердження, роз'єднання). Регістрові сигнали забезпечують маршрутизацію викликів і містять в собі всі інформаційні сигнали (набір номера, запит цифр номера, інша додаткова інформація). В склад ОС можуть входити блоки БЛС, БМЧС і МАС.

Блок лінійних сигналів (БЛС) є блоком сигналізації по виділеному сигнальному каналу. Цей блок призначений для прийому і передачі всіх лінійних сигналів, які передаються по 16 канальному інтервалу ІКМ-тракту при сигналізації 2 ВСК. Крім лінійних сигналів, цей блок іноді використовується для передачі частини сигналів маршрутизації (реєстрова сигналізація) – при зв'язку цифрової АТС з декадно-кроковою станцією.

Для підмикання інформації з 16 канального інтервалу в БЛС використовується напівпостійне з'єднання в комутаційному полі.

Блок багаточастотної сигналізації (ББЧС) призначений для прийому реєстрових сигналів багаточастотної сигналізації. Передача сигналів здійснюється по розмовних колах і закріплення ББЧС за розмовним канальним інтервалом забезпечується системою керування тільки на час, необхідний для передачі і прийому багаточастотних сигналів. Підключення ББЧС до цифрового комутаційного поля забезпечується по одній ІКМ-лінії.

Модуль акустичних сигналів (МАС) призначений для передачі акустичних сигналів за допомогою цифрового тонального генератора (джерело тональних сигналів). Цей генератор підмикається до комутаційного поля через ІКМ-лінію. Як правило, такий модуль підмикається через одну ІКМ-лінію і може генерувати 31 акустичний сигнал. Кожному канальному інтервалу відповідає свій відповідний акустичний сигнал («відповідь станції», «зайнято», «посилку виклику», «контроль посилки виклику», сигнал тиші і т. д.). По команді системи керування забезпечується комутація і-го канального інтервалу ІКМ-лінії з необхідним акустичним сигналом від МАС з відповідним і-м канальним інтервалом для заданого модуля абонентських ліній.

Для створення передачі інформації на далекій відстані або встановлення віддалених комутаційних систем можливе використання оптоволоконних мереж та радіорелейних систем. Для цього використовується відповідне обладнання: *модуль радіорелейного приймально-передавального пристрою* (МРРПП) та *модуль оптоволоконної системи* (МОВС).

Комутаційне поле (КП) виконує функції комутацій з'єднань різних видів:

- комутація розмовних з'єднань в цифровому вигляді;
- комутація міжпроцесорних з'єднань;
- комутація тональних сигналів.

В основному використовуються практично неблокувальні, повнодоступні, багатоланкові схеми КП. Для надійності КП дублюється (два шари). В сучасних цифрових АТС використовується часова і просторова комутації. Як правило, не використовується більше двох ланок часової комутації, а між цими ланками знаходиться декілька ланок просторової комутації. Між абонентами в комутаційному полі завжди встановлюється два незалежних шляхи – в прямому і зворотному напрямках.

Модуль для мереж рухомих об'єктів (ММРО) призначений для встановлення з'єднання із мережами мобільного зв'язку. Як правило, таке обладнання комплектується корпоративними АТС для створення виходу із внутрішньої фіксованої мережі на зовнішню рухому в залежності від стандарту.

Модуль радіомереж (МРМ) та модуль *безпроводних мереж* (МБМ) призначені для створення на основі АТС безпроводної мережі для радіотелефонів та розгортання безпроводної мережі доступу відповідно.

Модуль IP-телефонії (М IP) призначений для організації IP-телефонії з використанням як апаратних засобів, так і програмних, а також отримання доступу до мережі «Internet».

Система керування (СК) призначена для керування усіма процесами обслуговування викликів. В цифрових АТС всі дії керуючих пристроїв заздалегідь визначені алгоритмом (програмою) їх функціонування. Програми зберігаються в пам'яті керуючих пристроїв.

При обслуговуванні виклику СК виконує три основні функції:

- прийом інформації (наприклад, надходження виклику, набір номера, відповідь абонента, відбій і т. д.);
- обробка інформації (аналіз вхідних сигналів, пошук вільних з'єднувальних шляхів в КП, створення керуючих команд);
- видача інформації (видача керуючих команд в модулі і управління через КП).

Крім основних функцій з обслуговування викликів, СК виконує функцію по наданню абонентам додаткових видів обслуговувань, а також допоміжних функцій (контроль, діагностика обладнання і т.д.).

Керуючий пристрій основного каналу сигналізації (КП ОКС) призначений для керування мережею сигналізації по загальному каналу обладнаного спеціальними керуючими пристроями, який функціонує як транзитний вузол чи кінцевий пункт сигнального трафіку.

Генератор тактових імпульсів (ГТІ) призначений для створення сітки частот необхідних для синхронізації роботи всіх блоків станції. З цією ме-

тою всі станції, підключені в цифрову мережу, повинні забезпечуватись тактовими імпульсами з високим ступенем надійності і узгодженості.

Тактові імпульси, генеровані в кожному блоці обладнання, синхронізують обмін інформації на трьох рівнях:

- в середині блоку обладнання АТС,
- між блоками обладнання однієї АТС,
- між різними АТС.

Для міжнародного обміну цифровою інформацією необхідна дуже висока ступінь точності і надійності. В цьому випадку опорні частоти виводяться з атомних еталонів частоти і подаються на міжнародні АТС, які працюють в якості ведучих.

5.4.2 Взаємодія блоків у цифрових системах комутації

Взаємодія блоків ЦСК можна розглянути на прикладі внутрішньостанційного з'єднання. Для опису всього процесу обслуговування виклику у спрощеному вигляді поділимо його на п'ять основних етапів. Для ілюстрації взаємодії блоків при внутрішньостанційному з'єднанні на рис. 5.16 представлена спрощена структура ЦСК.

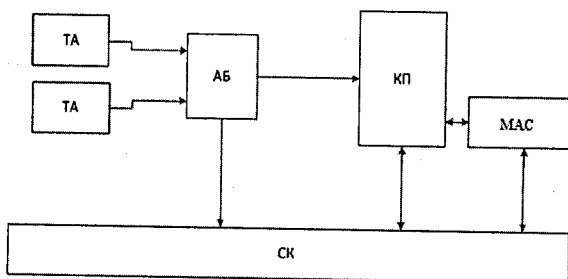


Рисунок 5.16 – Спрощена структура ЦСК при внутрішньостанційному з'єднанні

Етап 1. Абонент А знімає трубку телефонного апарата і станція передає сигнал «відповідь станції».

Після зняття абонентом А трубки СК визначає факт заняття абонентської лінії шляхом сканування модулів абонентських ліній МАЛ в абонентському комплекті АК. Потім СК видає команду на підмикання модуля акустичних сигналів (МАС) через цифрове комутаційне поле (комутується цифровий тракт в КП). З модуля акустичних сигналів абоненту А подається сигнал «відповідь станції» частотою $F = 425$ Гц.

Етап 2. Абонент набирає номер.

При наборі номера точка сканування в абонентському комплекті абонента А змінює свій стан. Ці зміни визначаються периферійними пристроями сканування і передаються в СК. Після прийому першого імпульсу набору номера СК дає команду на відключення сигналу «відповідь станції» з

МАС, тобто передача акустичних сигналів через КП припиняється. Номер передається в СК.

Етап 3. АТС аналізує номер і передає сигнали виклику.

Після прийому та аналізу абонентського номера СК визначає за інформацією, яка зберігається в її пам'яті, напрямок зв'язку як внутрішньостанційний і дає команду на ввімкнення сигналу виклику з модуля абонентських ліній (МАЛ) частотою 25 Гц абоненту В. Синхронно з сигналом виклику абоненту А з модуля акустичних сигналів (МАС) передається сигнал встановлення з'єднання частотою 425 Гц. МАС підключається через КП по команді від СК.

Етап 4. Абонент В відповідає та виконується комутація розмовного тракту.

При відповіді абонента В змінюється стан точки сканування в його абонентському комплекті. Ця інформація надходить в систему керування, яка відключає сигнали виклику і відповіді, тоді передача акустичних сигналів через КП припиняється. Потім СК комутує в КП розмовний тракт і відбувається розмова абонентів.

Етап 5. Відбій і роз'єднання.

Якщо припустити, що першим поклав трубку абонент В, то відбій визначається зі зміни стану точки сканування у його абонентському комплекті. Ця інформація надходить у систему керування, яка дає команду на підмикання МАС через КП, тобто комутує з'єднання акустичних сигналів в КП. З МАС абоненту А подається сигнал «зайнято», а СК видає команду на відключення розмовного з'єднання в КП. Абонент А кладе трубку. При відбою обох абонентів система керування дає команду на руйнування з'єднання акустичних сигналів КП, тобто відключає МАС.

5.4.3 Обладнання доступу

Абонентські лінії в цифрових АТС включаються в КП станції через *абонентські блоки* (АБ), які можуть розташовуватися на території самої станції або на деякій відстані від неї, як показано на рис 5.17.

Абонентські блоки, розташовані на великій відстані від основної АТС називають виносними. Винесення АБ від опорної станції дозволяє будувати більш гнучку мережу, скорочує загальну протяжність абонентських ліній і зменшує витрати на керування та обслуговування. Виносні АБ зв'язуються з КП станції по первинних цифрових трактах зі швидкістю 2 Мбіт/с. Станційні АБ для більш економічного використання лінійних ресурсів можуть вмикатися в КП станції по лініях зі швидкістю 4 – 8 Мбіт/с (наприклад станція EWSD).

Основні функції АБ:

- АЦП і ЦАП (у разі підключення аналогових АЛ);
- реалізація функції BORSCHT, які виконуються в АК аналогових ліній;
- підключення абонентської лінії до ПЦТ, що йде в КП станції;

- мультиплексування або концентрація абонентського навантаження, так як у середньому навантаження на одну АЛ низьке та складає 0,1 Ерл на абонента.

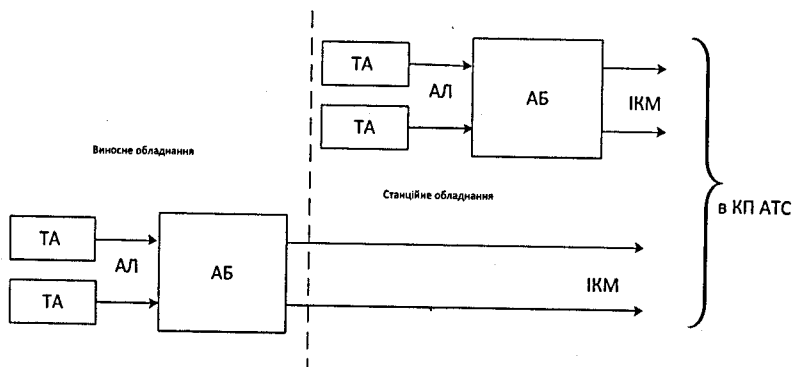


Рисунок 5.17 – Схема ввімкнення АБ до КП АТС

У загальному випадку АБ може виконувати функції мультиплексора або концентратора. Структурну схему АБ в разі підключення аналогових АЛ (за допомогою МААЛ) можна представити сукупністю наступних блоків: абонентського комплекту, кодека, схеми контролю, комутаційного поля (для концентрації навантаження), мультиплексора, схеми інтерфейсу і пристроїв керування, як показано на рис. 5.18.

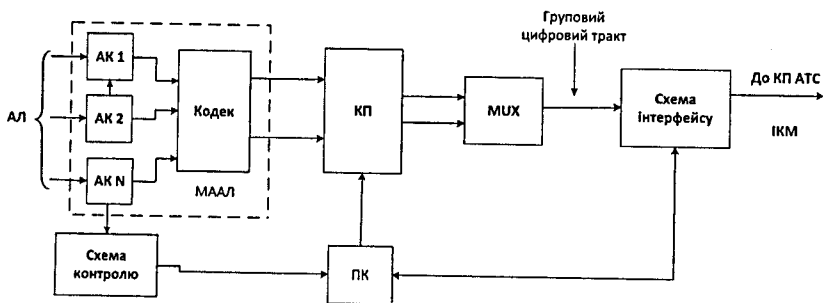


Рисунок 5.18 – Структура абонентського блока

Кожна абонентська лінія (АЛ) вмикається до індивідуального абонентського комплекту (АК). Сигнал з абонентського комплекту надходить на кодек, який може бути індивідуальним, тобто входить до складу абонентського комплекту (наприклад система EWSD), і груповим (цифровий

«Квант»). У кодеку відбувається пряме і зворотнє перетворення аналогової форми сигналу в цифрову.

Схема контролю, яка, як правило, знаходиться у складі абонентського комплексу (може бути і груповою), необхідна для контролю за станом абонентської лінії (замикання або розмикання шлейфу при зайнятті ліній і наборі номера).

Комутаційне поле (КП) в АБ може будуватися на основі одного ступеня просторової або часової комутації і використовується для концентрації абонентського навантаження, а також у деяких системах можлива комутація у межах АБ. *Мультиплексор* (MUX) об'єднує індивідуальні сигнали в груповий цифровий тракт. У більшості випадків вхідні сигнали мультиплексорів жорстко прив'язані до певних часових інтервалів зовнішньої ІКМ-лінії. Для забезпечення сполучення АБ з цифровим комутаційним полем (ЦКП) використовується схема інтерфейсу.

Пристрій керування здійснює керування роботою абонентських комплектів і схеми інтерфейсу. Використовуючи шістнадцятий каналний інтервал зовнішньої ІКМ-лінії, здійснюється керування абонентським блоком (АБ) з центральної системи керування за допомогою взаємозв'язку керуючих пристроїв АБ і опорної станції. Якщо АБ виконує функції мультиплексора, то в його структурній схемі відсутнє КП.

5.4.4 Аналоговий абонентський комплект і його функції

Абонентський комплект (АК) призначений для узгодження кінцевих абонентських пристроїв з комутаційною станцією. АК аналогових ліній виконує 7 функцій, кожній із яких поставлена у відповідність буква латинського алфавіту:

- електроживлення абонентського терміналу (В – battery feed);
- захист від високих напруг на АЛ (О – over voltage);
- посилка виклику (R – ringing);
- спостереження і сигналізація (S – supervision, signalling);
- кодування (С – coding);
- диференціальна система (Н – hybrid);
- тестування (Т – testing).

У абонентському комплекті всі елементи можна поділити на дві основні групи. Одну групу становлять пристрої, побудовані на високовольтних електронних елементах, а другу групу – пристрої, пов'язані з логічними операціями і побудовані на цифрових елементах. На рис. 5.19 показана структурна схема АК з урахуванням функцій BORSCHT.

Функція В (battery feed – електроживлення).

Струм живлення мікрофона абонентського телефонного апарату (ТА) подається з абонентського комплексу АТС. Розглянемо два основних способи організації електроживлення ТА: через трансформатор, через дроселі. При першому способі для проходження струму живлення мікрофона або-

нентського ТА використовується первинна обмотка трансформатора диференційної системи, як показано на рис. 5.20.

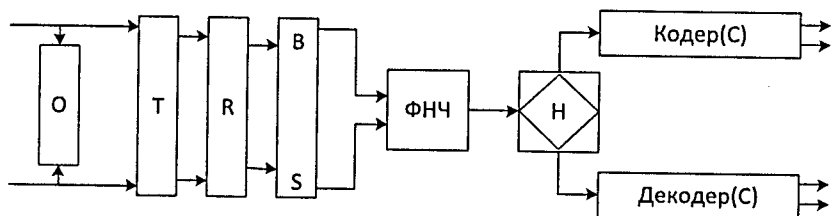


Рисунок 5.19 – Структурна схема АК з урахування функції BORSCHT

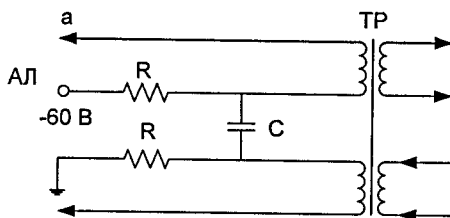


Рисунок 5.20 – Електроживлення через трансформатор

Додаткові резистори R_1 і R_2 , увімкнені в коло живлення, використовуються для забезпечення меншої залежності струму живлення мікрофона від опору абонентської лінії, а також для усунення короткого замикання в абонентській лінії. Недоліком такого способу організації електроживлення ТА є те, що струм живлення мікрофона викликає підмагнічування осердя трансформатора. Це, у свою чергу, знижує магнітну проникність матеріалу осердя і призводить до необхідності збільшення габаритних розмірів трансформатора.

В багатьох АТС для усунення підмагнічування застосовується схема живлення мікрофона через дроселі. Так як опір дроселів досить великий на частотах розмовного спектру, то вони служать додатковими резисторами. Структурна схема такого способу живлення наведена на рис. 5.21.

Функція O (over voltage – захист від високих напруг).

Окремі елементи комутаційної станції і кінцевий абонентський пристрій необхідно забезпечити захистом як від випадкових разових впливів, наприклад, удару блискавки або контакту із високовольтною лінією, так і від постійних впливів індуктивного характеру зі сторони високовольтних ліній. Це може здійснюватись за допомогою застосування захисних пристроїв у кросі (розрядники, запобіжники), як показано на рис. 5.22.

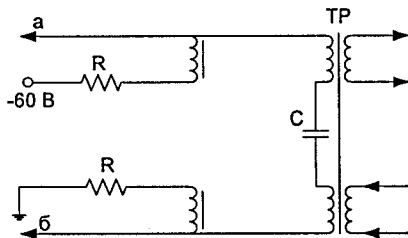


Рисунок 5.21 – Електроживлення через дроселі

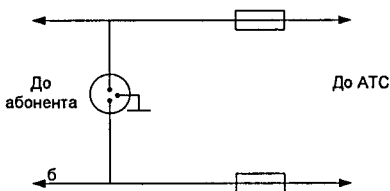


Рисунок 5.22 – Вмикання розрядника і запобіжника

Низьковольтні напівпровідникові компоненти цифрової АТС дуже чутливі до високої напруги і вимагають ефективного захисту від високовольтних завад. Для цієї мети в АК використовуються увімкнені зустрічно один одному напівпровідникові діоди, як показано на рис. 5.23.

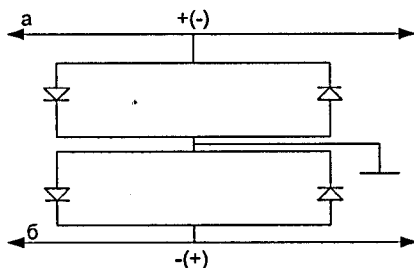


Рисунок 5.23 – Захист від високовольтних завад в АК цифрових АТС

Вольт-амперна характеристика діодів має різну крутість при різних напругах падіння. При збільшенні напруги струм різко зростає, різко зменшується опір, і висока напруга шунтується на землю, тобто спрацьовує за-

хист. Діоди включенні так, що захист спрацьовує за будь-якої полярності високої напруги на провідниках а і б.

Функція R (ringing – посилка виклику).

Для спрацьовування дзвінка в аналогових телефонних терміналах використовується подача високої змінної напруги ~ 90 В і частотою 25 Гц. Таким чином, реалізується одна з функцій абонентської сигналізації – виклик абонента за допомогою дзвінка.

Для забезпечення посилки виклику використовуються електромеханічні контакти герконового реле, через які підмикається генератор викликних сигналів і відмикається абонентська лінія від станційних пристроїв, як показано на рис. 5.24.

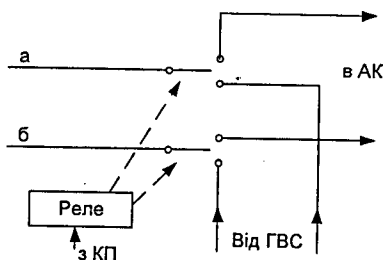


Рисунок 5.24 – Схема реалізації посилки виклику

Принцип дії полягає в спрацьованні реле посилки виклику за рівнем сигналу з пристрою керування абонентського блоку із заданою періодичністю.

Функція S (supervision – спостереження і сигналізація).

Для виділення та розпізнавання сигналів виклику станції, відповіді абонента, відбою, імпульсного набору номера необхідний контроль за станом абонентської лінії. Стан шлейфу абонентської лінії визначається за змінами струму живлення абонентської лінії. Ця зміна реєструється ключовою схемою, яка називається *точкою сканування*. В пристрій керування абонентського блоку передається сигнал, який визначається по падінню потенціалу в цій точці, як показано на рис. 5.25.

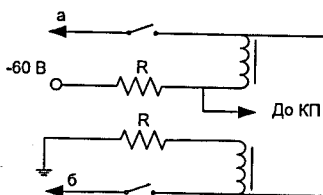


Рисунок 5.25 – Схема контролю за станом шлейфу

Функція С (coding – кодування).

Частотний діапазон 300-3400 Гц є діапазоном аналогового мовного сигналу. Для його перетворення в цифрову форму передбачається ряд способів кодування первинних сигналів. Ці способи базуються на часовій дискретизації та квантуванні сигналу по амплітуді і забезпечують можливість тимчасового ущільнення і цифрового кодування.

Перед кодером необхідно використовувати фільтр нижніх частот (ФНЧ) з частотою зрізу 3,4 кГц, який необхідний: для виділення низькочастотної складової на приймальному кінці розмовного тракту; для запобігання проникненню струмів з частотами вище 3,4 кГц на передавальному кінці, усуваючи тим самим спотворення за рахунок можливого проникнення комбінаційних частот.

Розповсюджені такі способи кодування: імпульсно-кодова модуляція (ІКМ); диференціальна імпульсно-кодова модуляція (ДІКМ); адаптивна ДІКМ (АДІКМ), дельта-модуляція (ДМ); адаптивна ДМ (АДМ). Найбільшого поширення отримала ІКМ. Кодеки зазвичай роблять груповими, як правило, на 8 або 16 АЛ в одному модулі абонентських комплектів. В останніх версіях ЦСК передбачено підмикання 32 або навіть 64 абонентських ліній в один АК, як показано на рис. 5.26.

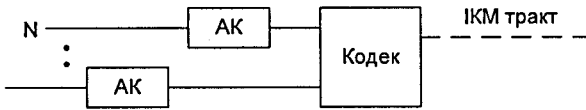


Рисунок 5.26 – Групове підмикання кодеків

Функція Н (hybrid – диференційна система).

Диференційна система (дифсистема) використовується для розділення ліній передачі та прийому при переході від двохпровідної АЛ на чотирьохпровідну лінію. Для узгодження абонентської лінії в дифсистему (як правило, трансформаторну) включається балансний контур (БК), який зазвичай представляє собою RC-коло, як показано на рис. 5.27.

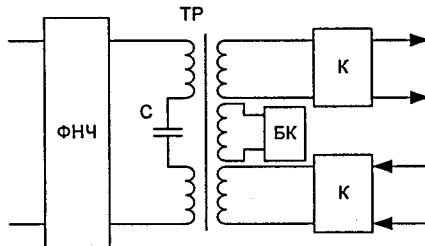


Рисунок 5.27 – Диференційна система

Функція Т (testing – тестування).

З метою встановлення причин і місця різних видів пошкоджень аналогових АЛ передбачено кілька методів контролю. Перевірка стану АЛ виконується постійним струмом, який видається з абонентського комплекту в лінію.

Для підмикання випробовувальних модулів (модулів тестування) використовуються контакти герконового реле. Перевірки АЛ можуть виконуватись при кожному підмиканні до неї станційних пристроїв або на вимогу оператора. При цьому під час перевірки провідники а і б переключаються з АК на випробовувальні (вимірювальні) модулі (ВМ), як показано на рис. 5.28.

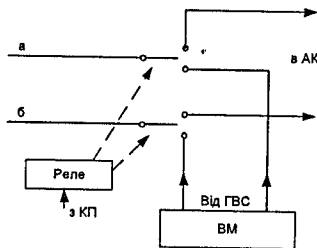


Рисунок 5.28 – Схема тестування

Для проведення тестування і вимірювань можуть використовуватися як вбудовані випробовувальні модулі (розташовуються в АБ), так і зовнішні пристрої. Можливо проведення наступних основних перевірок:

- опір ізоляції жили а і б щодо землі або між жилами а і б (опір шлейфа);
- ємність між жилами;
- вимір постійної і змінної напруги на проводах а і б;
- перевірка на коротке замикання.

5.4.5 Цифровий абонентський доступ

Для підмикання цифрових абонентів у ЦСК передбачаються цифрові АК, розташовані в абонентському блоці. На відміну від аналогового АК цифрові не виконують більшість функції BORSCHT, так як вони переносяться в цифровий телефонний апарат.

Цифровий абонентський доступ (ЦАД) – це сукупність апаратних засобів, що забезпечують взаємодію між цифровими абонентськими терміналами та станцією ISDN. Можливо два варіанти доступу:

- базовий абонентський доступ (Basic rate access);
- первинний абонентський доступ (Primary rate access).

Базовий доступ ISDN реалізується по двохпроводовій мідній парі, яка використовується в аналоговій телефонії, як показано на рис. 5.29.

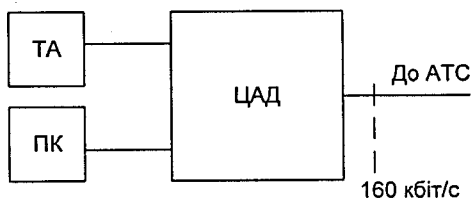


Рисунок 5.29 – Підмикання абонентів при базовому доступі

Загальна швидкість передачі становить 160 кбіт/с, довжина кабелю не більше 8 км при діаметрі поперечного перерізу 0,6 мм і не більше 4,2 км при 0,4 мм. При базовому доступі організуються наступні канали:

- два В-канали (64 Кбіт/с) для передачі інформації користувача з комутацією каналів і комутацією пакетів;
- один D-канал (16 Кбіт/с) для сигналізації між користувачами і мережею, може також використовуватися для передачі пакетів даних і сигналів телеметрії та дистанційного управління.

Первинний доступ ISDN реалізується по чотирьохпроводній мідній лінії і використовується для підмикання середніх і великих офісних станцій (ОАТС), що підтримують послуги ISDN. Як показано на рис. 5.30.

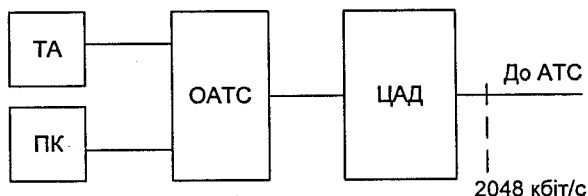


Рисунок 5.30 – Підмикання абонентів при первинному доступі через ОАТС

Часові інтервали з 1 по 15 і з 17 по 31 використовуються як канали для користувачів (30 В-каналів) зі швидкістю 64 Кбіт/с кожний. D-канал (64 Кбіт/с) використовується тільки для передачі сигнальної інформації.

Модуль цифрових абонентських ліній (МЦАЛ) на станції ISDN реалізується у вигляді лінійного LT і станційного ET закінчень, як наведено на рис. 5.31.

Для забезпечення швидкості передачі 160 Кбіт/с по U-інтерфейсу при базовому доступі рекомендується використовувати код 2B1Q.

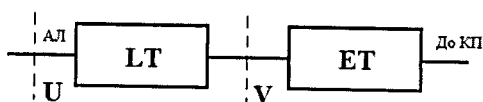


Рисунок 5.31 – Інтерфейси в МЦАЛ

U-інтерфейс призначений для забезпечення стику між абонентським доступом і лінійним закінченням по двопроводовій шині. V-інтерфейс – для забезпечення узгодження між лінійним і станційним закінченням по чотирипровідній шині.

Обладнання підмикання з'єднувальних ліній використовується для підмикання цифрових і аналогових ЗЛ в лінійному блоці (МЦЗЛ та МАЗЛ відповідно). Модуль цифрових з'єднувальних ліній (МЦЗЛ) виконує наступні основні функції (рис. 5.32):

- перетворення лінійного квазітрийкового коду в станційний двійковий код і навпаки;
- перехід від одного виду сигналізації до іншого;
- перетворення швидкостей і забезпечення синхронної передачі сигналу.

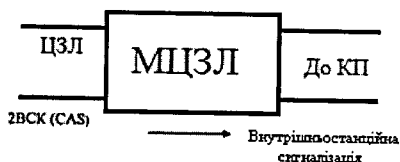


Рисунок 5.32 – Ввімкнення МЦЗЛ В КП

Модуль аналогових з'єднувальних ліній (МАЗЛ) призначений для узгодження аналогових ЗЛ (фізичних або ущільнених різними аналоговими системами передачі) з цифровою системою комутації. Можливо також узгодження з нестандартними цифровими системами передачі.

У МАЗЛ вмикаються дво-, три- та чотирипровідні ЗЛ і лінії з частотним розділенням каналів. Для кожного типу ліній використовуються відповідні комплекти ЗЛ (КЗЛ). Структурна схема МАЗЛ наведена на рис. 5.33.

Кодек здійснює аналого-цифрове перетворення, мультиплексування і демультиплексування, що забезпечує узгодження між АЛ і КП, жорстко закріплюючи кожний КЗЛ за відповідним часовим інтервалом ІКМ-лінії.

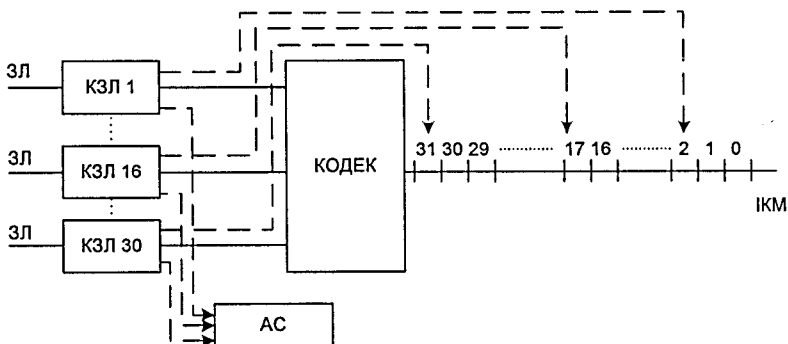


Рисунок 5.33 – Структурна схема МАЗЛ

Адаптер сигналізації (АС) узгоджує сигналізацію КЗЛ із сигналізацією станції. АС призначений для передачі і прийому сигналів керування та взаємодії від 30 ліній в 16-му часовому інтервалі ІКМ-ліній.

5.4.6 Комутаційне поле цифрових систем комутації

У цифровій системі комутації функцію комутації виконує цифрове комутаційне поле, яке зазвичай будується за багатоланковим принципом. Ланкою цифрового КП називають групу ступенів (S-, T- або S/T), реалізуючих одну й ту ж функцію перетворення координат цифрового сигналу. Залежно від числа використовуваних ланок розрізняють двох-, трьох- і багатоланкові КП.

Можна відзначити такі особливості побудови багатоланкових цифрових КП.

1. Будуються за модульним принципом. Модульність дозволяє забезпечити легку гнучкість системи до зміни ємності, простоту експлуатації та технологічність виробництва за рахунок скорочення різноманітних блоків.

2. Мають симетричну структуру. Під симетричною розуміють структуру, в якій ланки 1 і N, 2 і N-1, 3 і N-2 ... є ідентичними за типом і кількістю блоків комутації. Саме симетричні цифрові КП є простими при побудові на однотипних модулях.

3. Є дубльованими. При цьому обидві частини працюють синхронно і виконують одні й ті ж дії. Але для реальної передачі інформації використовується тільки одна з них, яка вважається активною. Друга частина знаходиться в резерві та в разі пошкоджень або збоїв в активній частині виконується автоматичне перемикавання.

4. Є чотирипровідними. Це пов'язано з тим, що цифрові лінії, по яких передаються ущільнені ІКМ-сигнали, теж чотирипровідними.

Цифрові комутаційні поля завжди будуються за принципом часового розділення каналів. Метод часового розділення каналів характеризується

тим, що кілька послідовних в часі вибірок об'єднуються в цикл і надходять у канал передачі. Для кожної вибірки в циклі відведена деяка часова позиція. Звідси можна вже визначити основні функції комутаційного поля в цифровій системі комутації. Вона полягає в комутації змісту деякої часової позиції в ущільненій лінії прийому на іншу часову позицію в ущільненій лінії передачі. Такий процес комутації вимагає зміни часової позиції і зміни ущільненої лінії. Тому у цифровій комутаційній апаратурі є два різних типи ступенів комутації:

- комутаційні ступені для заміни часових положень без зміни ущільненої лінії (часова ланка, або ланка Ч);

- комутаційні ступені для заміни ущільнених ліній без зміни часових положень (просторова ланка, або ланка П). Поєднання просторових і часових ланок у цифровому комутаційному полі, тобто їх групоутворення, теоретично визначають параметри цієї комутаційної системи.

На рис. 5.34 показані три основні частини ступенів часової комутації.

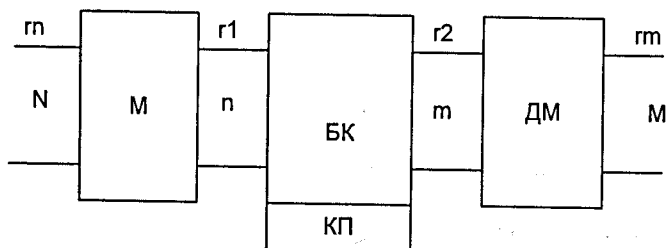


Рисунок 5.34 – Модель КП з часовим розподілом

Вхідний мультиплексор (М) розподіляє сигнали, які надходять по N ущільнених ліній прийому, кожна з яких має r часових положень, на n ущільнених ліній, які, у свою чергу, мають по r часових положень. Аналогічно працює і вихідний демultipлексор (ДМ). Комутаційний пристрій здійснює процеси комутації, замінюючи часову позицію передавального абонента на часову позицію приймального абонента відповідно за адресою, що знаходиться в керуючій пам'яті КП. Зважаючи на циклічний характер роботи комутаційного пристрою, керуюча пам'ять також виконується у вигляді циклічної пам'яті, що керує комутаційним пристроєм за допомогою адреси.

Використовуючи загальну модель, яка показана на рис. 5.34, можна докладніше описати просторові і часові блоки комутації. З точки зору схемотехніки, просторовий блок складається з мультиплексорів (М), включених паралельно які керуються за допомогою адреси із керуючої пам'яті, як показано на рис 5.35.

Просторову схему можна виконати також як багатоланкову у вигляді схеми з проміжними зв'язками.

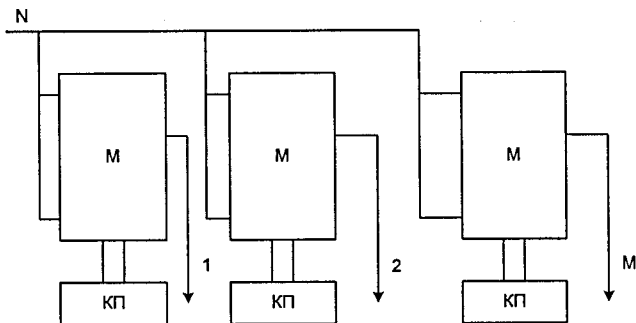


Рисунок 5.35 – Комутаційні блоки просторової комутації

У свою чергу, часовий блок складається з певної кількості запам'ятовуючих комірок для зберігання сигналів циклів.

У просторовому блоці число часових положень залишається незмінним, тому для нього дійсно співвідношення $r_1 = r_2$. Часовий блок характеризується тим, що незмінним залишається число ущільнених ліній і для нього дійсне співвідношення $n = m$.

5.4.7 Принцип дії ланки часової комутації

Основними елементами блоку часової комутації (БЧК) є електронна пам'ять (ЕП). Принцип роботи цифрової комутаційної схеми на ЕП, яка наведена на рис. 5.36.

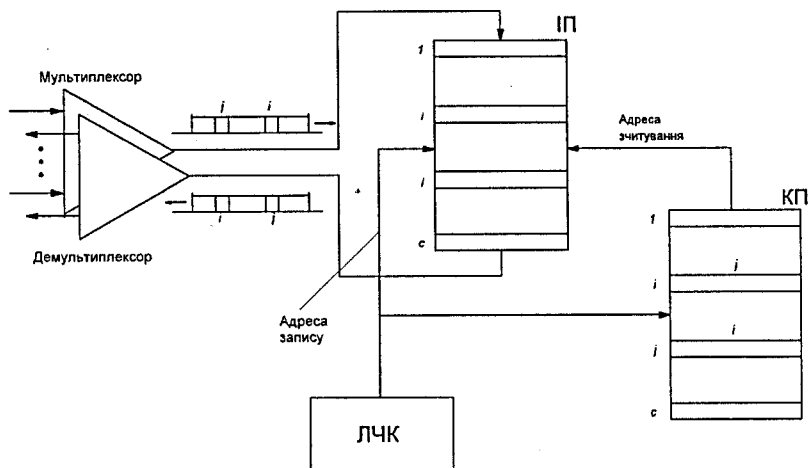


Рисунок 5.36 – Принцип часової комутації на ЕП

За допомогою мультиплексора і демультиплексора створюється лінія з часовим поділом каналів (ЧРК). Функції об'єднання та роз'єднання можна розглядати або як функції самої схеми комутації, або як функції, що реалізуються у віддалених терміналах. У будь-якому випадку для кожного вхідного часового каналу необхідно забезпечити доступ до каналу запису в ЕП. Для кожного вихідного часового каналу також забезпечується доступ до каналу зчитування. Обмін інформацією між двома різними часовими каналами здійснюється за допомогою інформаційної пам'яті (ІП).

Інформація, що надходить по вхідних часових каналах, послідовно записується в комірки ЕП. У той же час інформація, що надходить у вихідні канали, зчитується з ІП за адресами, що одержуються з блоку керуючої пам'яті.

Дуплексне з'єднання каналів j та i ліній з ЧРК означає, що адреса i надходить з керуючої пам'яті (КП) в ІП протягом j -го часового інтервалу, і навпаки, адреса j надходить протягом i -го інтервалу.

Протягом кожного часового інтервалу до ІП проводиться два звернення. Перше звернення проводиться при запису вхідної інформації в ІП. Адреса запису в ІП визначається лічильником часових каналів, шляхом його збільшення на 1. Отже, i -й часовий інтервал записується в i -у комірку ІП. Друге звернення проводиться при зчитуванні інформації з ІП. Адреса зчитування в i -му часовому інтервалі визначається вмістом i -ї комірки КП. Таким чином, для кожного часового каналу (вхідного і вихідного) в ІП виконуються операції запису і зчитування. Тоді можна грубо оцінити максимальне число каналів c , які можуть бути обслужені комутаційною схемою на ЕП:

$$c = \frac{T}{2t_c},$$

де t_c – тривалість циклу звернення ЕП, мкс;

T – тривалість інформаційного циклу, мкс.

Для забезпечення часової комутації каналів необхідна наявність елементів затримки. Затримки зручно реалізувати за допомогою ЕП з довільною вибіркою. У таких ЕП запис проводиться по мірі надходження даних, а зчитування при необхідності їх передачі. Інформація кожного часового каналу протягом аж до тривалості одного повного циклу може зберігатися без спотворення повторним записом.

Відомо два способи керування роботою ЕП ланки часової комутації:

а) послідовний запис і довільне зчитування;

б) довільний запис і послідовне зчитування.

Обидва способи роботи ланки часової комутації використовують циклічну керуючу пам'ять, доступ до якої здійснюється синхронно з роботою лічильника часових інтервалів.

На рис. 5.37 показаний принцип роботи ланки часової комутації для першого способу керування (послідовний запис і довільне зчитування).

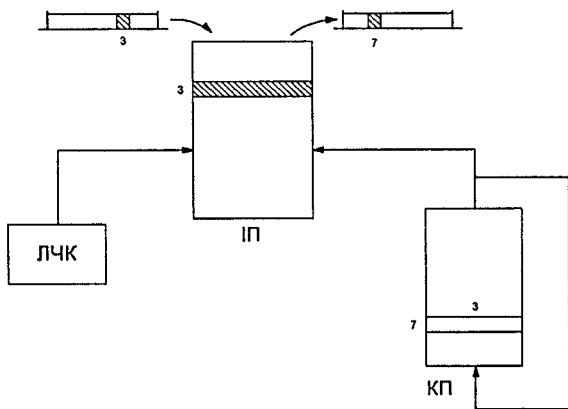


Рисунок 5.37 – Послідовний запис, довільна вибірка

Певні елементи пам'яті закріплюються за відповідними часовими інтервалами (ЧІ) вхідної лінії. Інформація кожного вхідного ЧІ запам'ятовується в послідовних комірках пам'яті, що забезпечується збільшенням на 1 вмісту лічильника ЧІ. Таким чином, інформація, прийнята протягом 3-го ЧІ, запам'ятовується в 3-ю комірку ЕП.

При зчитуванні з ІП керуюча інформація, що надходить з керуючої пам'яті, визначає адресу зчитування інформації для заданого ЧІ. Як показано, сьоме слово керуючої пам'яті містить число 3. Отже, протягом 7-го ВІ повинно бути зчитано та передано до вихідної лінії вміст ІП за адресою 3.

Другий спосіб роботи ланки часової комутації є протилежністю першого та показаний на рис. 5.38.

Інформація, яка надходить на вхід, записується в комірку ІП відповідно до адреси, що зберігається в керуючій пам'яті КП. Однак зчитування інформації з ІП проводиться послідовно комірка за коміркою під керуванням лічильника часових інтервалів. Тут інформація, прийнята протягом 3-го ЧІ, записується безпосередньо в ІП за адресою 7, звідки автоматично зчитуються в 7-й вихідний часовий канал. Обидва способи роботи ланки часової комутації визначають керування по виходу і по входу відповідно. У багатоланкових комутаційних схемах зручно один спосіб роботи використовувати на одній ланці часової комутації, а другий спосіб на іншій ланці. Число каналів, які можуть оброблятися часо-

вими комутаторами (ЧК) в ланці часової комутації обмежується циклічним часом.

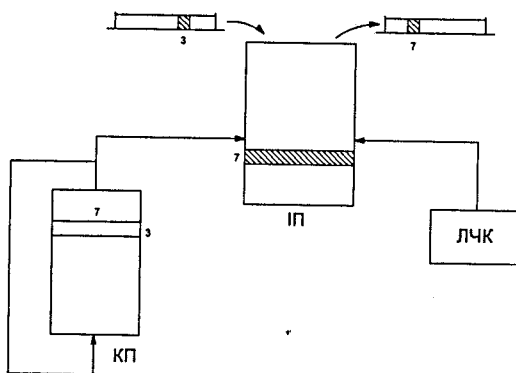


Рисунок 4.37 – Довільний запис, послідовна вибірка

Отже, в системах комутації, розрахованих на велику ємність, застосовуються багатоланкові схеми, що містять ланки як часової, так і просторової комутації.

5.4.8 Принцип дії ланки просторової комутації

На рис. 5.39 показаний елемент просторової комутації на 16 вхідних і 16 вихідних часових цифрових трактів, кожен з яких складається із 32 часових каналів.

Ця схема складається з 16-ти включених паралельно по входу мультиплексорів, керованих інформацією, що надходить по керуючій шині з керуючої пам'яті. Одне слово керуючої пам'яті містить (16x4) бітів. На кожен мультиплексор надходить 4 біти. Вони вказують, який тракт треба підключити в цьому мультиплексорі в даному часовому положенні. На приймальному кінці встановлюється аналогічна схема, але з підключеними демультимплексорами. Принцип керування залишається той же самий.

Просторові комутатори широко застосовувалися на початкових етапах створення цифрових АТС. Їх головна перевага – невелика затримка для комутації інформації. На сьогодні використовуються схеми, які працюють на основі комутації.

Як і часовий комутатор, у часо-просторових комутаторах використовується інформаційна пам'ять, яка встановлюється для кожного цифрового тракту. Адресна пам'ять встановлюється в об'ємі, необхідному для керування всіма цифровими трактами, кожен з яких керується за принципом часової комутації.

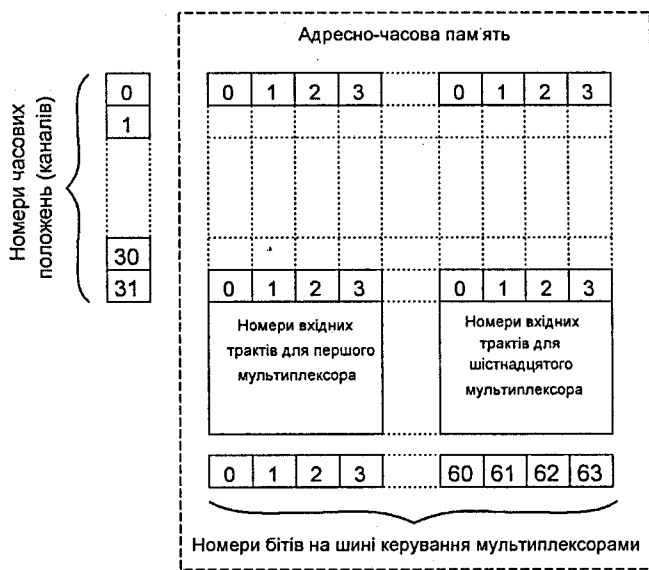
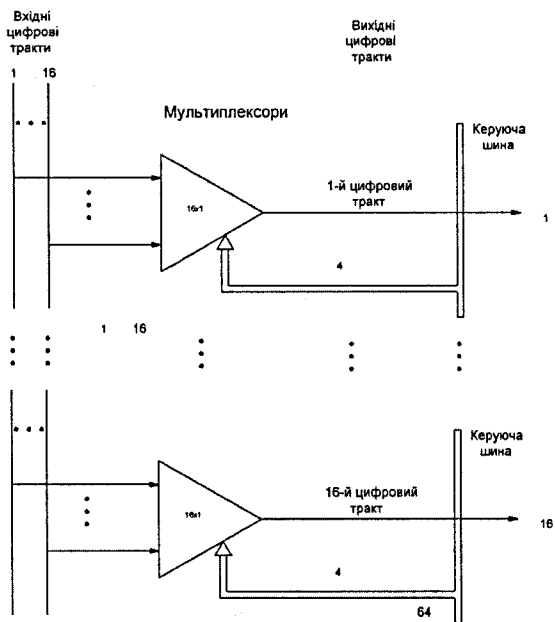


Рисунок 5.39 – Елемент просторової комутації

5.4.9 Комутаційна схема Час-Простір-Час

На сьогоднішній день в системах комутації великої ємності використовуються комутаційні схеми типу *час-простір-час* (Ч-П-Ч). Загальна структура комутаційної схеми типу Ч-П-Ч представлена на рис. 5.40.

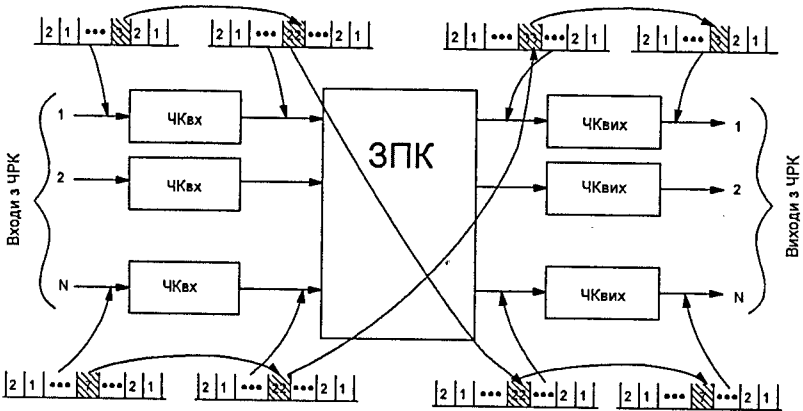


Рисунок 5.40 – Принцип комутації в комутаційній схемі Ч-П-Ч

Розглянемо приклад з'єднання 3-го часового каналу першої лінії з 7-м часовим каналом останньої лінії. Інформація, що надходить в 3-му часовому інтервалі 1-го входного каналу з ЧРК, затримується і передається в одному з вільних часових інтервалів ланки просторової комутації П (наприклад інтервал 22). Часові інтервали ланки П називають *внутрішніми часовими інтервалами*. Часові інтервали ланки В називають *зовнішніми часовими інтервалами*. При цьому у внутрішньому інтервалі 22-го відбувається просторова комутація входу 1 з входом N ланки П, тобто протягом 22-го інтервалу через ланку П інформація передається з 1-го входного на N-у вихідну ланку часової комутації. На вихідній ланці часової комутації інформація затримується і зберігається до тих пір, поки не надійде необхідний 17-й зовнішній часовий інтервал.

У комутаційній схемі Ч-П-Ч ланка просторової комутації працює з поділом у часі незалежно від зовнішніх каналів з ЧРК. При цьому для встановлення з'єднання на ланці просторової комутації використовується будь-який вільний внутрішній часовий інтервал цієї ланки.

Комутація на ланці П здійснюється під управлінням керуючої пам'яті КП. У загальному випадку просторовий комутатор можна представити у вигляді матриці $n \times n$. Кожній вертикалі матриці поставлена у відповідність своя КП, в якій число клітинок дорівнює числу внутрішніх часових інтервалів ланки Ч, як показано на рис. 5.41.

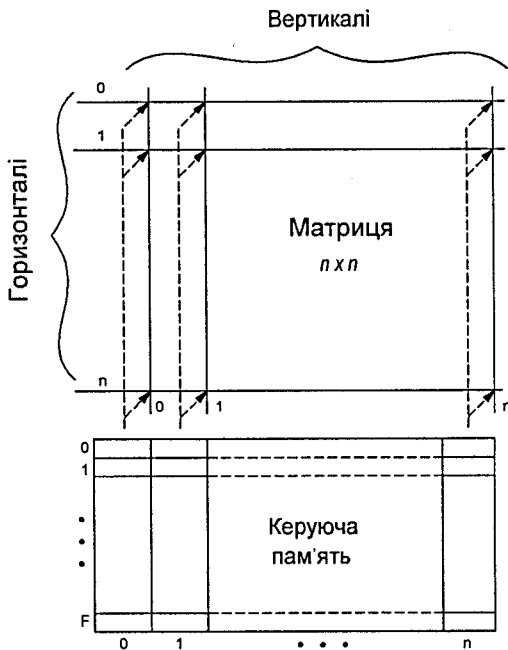


Рисунок 5.41 – Керування ланкою просторової комутації

В КП вертикалі зберігається інформація, яка визначає, яку з горизонталей необхідно з'єднати з відповідною вертикаллю на заданому часовому інтервалі.

Принцип дії просторово-часового комутатора з використанням пам'яті майже аналогічний принципу дії часового комутатора (рис. 5.42).

Інформаційна пам'ять встановлюється для кожного цифрового тракту. Адресна пам'ять встановлюється в обсязі, рівному сумарному числу каналів всіх трактів, і керує всіма трактами за принципом часової комутації. Сумарне число каналів, що може обслуговуватись адресною пам'яттю, залежить від її швидкодії. Час опитування всіх каналів має дорівнювати часу одного циклу (кадру), тобто 125 мкс. При роботі комутатора відбувається два звернення до пам'яті. Перше, коли зовнішній керуючий пристрій визначає номер часового положення та адресу запису в запам'ятовуючому пристрої. Друге, коли вміст керуючої пам'яті, що відповідає часовому інтервалу, вибирається в якості адреси зчитування.

Операції запису і зчитування повинні виконуватися для кожного часового каналу.

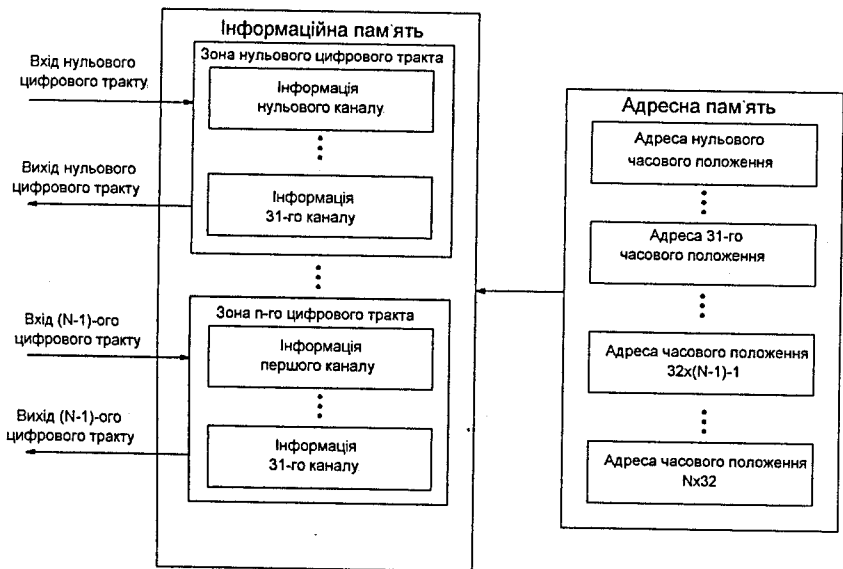


Рисунок 5.42 – Реалізація просторово-часової комутації на базі пам'яті для цифрових трактів по 32 часових положення в кожному

Припускаючи, що ці часові інтервали рівні, визначимо максимальне число каналів для заданої швидкості роботи пам'яті:

$$c = \frac{125 \times 10^{-6}}{2t_c},$$

де 125 мкс – тривалість циклу для частоти дискретизації мовного сигналу, становить 8 кГц;

t_c – тривалість звернення до ЗП в мікросекундах.

Як приклад припустимо, що одне звернення до ЗП потребує часу 0,5 мкс, тоді число каналів c дорівнює 125.

Сучасні ЗП мають набагато менший цикл роботи. Тому сумарна кількість каналів по всім цифровим трактам може досягати 1024..2048 каналів, тобто 32-64 тракти по 32 канали в кожному.

Для організації просторово-часової комутації на базі запам'ятовуючого пристрою можна мультиплексувати кілька потоків і проводити комутацію цього високошвидкісного потоку. На виході можна знову розділити потік на кілька вихідних.

5.4.10 Особливості організації програмного забезпечення

На програмне забезпечення (ПЗ) АТС припадає більше 80 % вартості розробки сучасної АТС, і воно практично повністю визначає її функціональні можливості.

Найнижчий рівень ПЗ зазвичай будується в абонентських і лінійних комплексах, а також й інших модулях станції. Програмне середовище на цьому рівні, як правило, залежить від апаратних засобів. Функції, які тут реалізуються, пов'язані з контролерами лінійних та станційних інтерфейсів і з підтримкою нижнього рівня обробки виклику. Наприклад, коли абонент піднімає трубку, перший рівень керування абонентським модулем детектує стан зняття трубки (off hook) і запитує у контролера другого рівня інформацію про дану абонентську лінію, клас її обслуговування, можливості абонентського терміналу та існуючі обмеження. Потім перший рівень забезпечує послилку абонентові сигналу відповіді станції. Після набору номера прийняті першим рівнем цифри передаються вище.

Другий рівень керування реалізується процесорами керування комутацією з розподіленими функціями, які взаємодіють один з одним через комутаційне поле або через загальну шину. Для міжпроцесорних зв'язків використовують різноманітні протоколи, причому в більшості цифрових АТС застосовуються модифікації стандартних протоколів ОКС № 7. Основні процесори керування комутаційним полем для надійності дублюються. На цьому рівні аналізуються набрані абонентом цифри і вибирається шлях через комутаційне поле. Після того як з'єднання встановлено, другий рівень керування підтримує його і руйнує, як тільки обслуговування виклику переходить у фазу роз'єднання.

Третій рівень керування пов'язаний з центральним процесором цифрової АТС та виконує функції технічного обслуговування, конфігурації, адміністрування, статистики і нарахування тарифів.

Таким чином, залежно від цільового призначення ПЗ можна класифікувати так: інструментальне, системне і прикладне.

Інструментальне ПЗ (ІПЗ) використовується програмістами як інструмент для написання і налагодження програм. У складі ПЗ ЦСК інструментальне ПЗ призначене для автоматизації проектування програм на різних рівнях – від рівня алгоритмів до рівня машинних команд. Автоматизація забезпечується спеціальними системами автоматизації проектування (САПР). САПР відповідають різним рівням проектування:

- на етапі розробки алгоритмів функціонування використовуються САПР на основі мови SDL (Specification and Description Language);
- на етапах програмування використовуються САПР на мові CHILL, (CHILL – High Level Language) призначена для підтримки систем реально часу;
- САПР мовою асемблера дозволяє розробляти програми з нормованим часом виконання.

Системне програмне забезпечення (СПЗ) включає в себе інструментальну і виконавчу операційну систему (ОС). Відмінності інструментальної та виконавчої ОС обумовлені ступенем участі людини в керуванні роботою ОС. В інструментальній ОС керування здійснюється, головним чином, за допомогою команд (директив) оператора. У виконавчій ОС втручання оператора є мінімальним і допоміжним, наприклад, при виникненні аварійних ситуацій і проведенні профілактичних робіт. Для інтерактивного спілкування використовується мова діалогу «людина – машина» (MML – Man Machine Language).

Прикладне програмне забезпечення (ППЗ) ділиться на основне і допоміжне. Основне ПЗ містить програми і дані, призначені для забезпечення технологічного процесу встановлення з'єднань (комутаційні програми), задоволення запитів абонентів та адміністрації мережі передачі (адміністративні програми), підтримка працездатності апаратно-програмних засобів ЦСК (програми технічного обслуговування). Допоміжне прикладне ПЗ використовується на етапі розробки основного прикладного ПЗ і підготовки ЦСК до експлуатації.

Питання для самоперевірки

1. Дайте загальну характеристику комутаційним станціям
2. Наведіть основні характеристики комутаційних полів
3. Що таке повнодоступне комутаційне поле?
4. Особливості дволанкової схеми комутації
5. Що таке коефіцієнт зв'язку?
6. Що таке блокування?
7. Що таке доступність?
8. Дайте пояснення методам пошуку
9. Принципи змішування навантаження
10. Перерахуйте методи керування комутаційними станціями
11. Дайте характеристику принципам розподіленого керування
12. Назвіть види систем керування
13. Дайте порівняння систем керування із центральним комутаційним полем та із самомаршрутизацією
14. Наведіть побудову цифрових систем комутації
15. Особливості встановлення внутрішнього з'єднання у ЦСК
16. Дати характеристику обладнання доступу
17. Аналоговий абонентський комплект
18. Цифровий абонентський комплект
19. Дайте порівняльну характеристику функціям аналогового та цифрового комплектів
20. Особливості побудови обладнання з'єднувальних ліній
21. Особливості побудови цифрових комутаційних полів

СЛОВНИК ТЕРМІНІВ

- абонентський блок – subscriber unit
асинхронний спосіб передачі даних – asynchronous transfer mode
базова еталонна модель взаємодії відкритих систем – open systems interconnection basic reference model
базовий доступ – basic access
біт порушення парності – bit parity violation
біт ехо – bit echo
біт маркера – marker bit
вимушена синхронізація – forced synchronization
взаємна синхронізація – mutual synchronization
вимірювання – measuring
випадковий процес – random process
випадкові спотворення – fortuitous distortion
виправна здатність – margin
вихідний пристрій – output device
вокодер з лінійним передбиканням – vocoder with linear prediction
вхідний пристрій – input device
вузол комутації послуг – service switching point
вузол керування послугами – service control point
двійковий – binary
джерело повідомлень – message source
декодер джерела – source decoder
дешифратор – decipher
динамічне керування – dynamic routing
діодні ключі – diode keys
диференційна система – hybrid
електронні ключі – electronic key
електроживлення – battery feed
еталонна точка – reference point
ехокомпенсація – echo compensation
загальна мережа синхронізації – overall network synchronization
загальний канал сигналізації № 7 – signaling system № 7
захист від високих напруг – over voltage
з'єднувальний тракт – connecting route
зона тарифікації – rate zone
зв'язний – associated

інтелектуальні мережі – intelligent network
інтелектуальна периферія – integral peripheral
квазізв'язний – quasi-associated
керуючий пристрій – managing device
керування з'єднанням каналів сигналізації – signaling connection control

part

кінцева точка – endpoint
кнопковий номеронабирач – button dialer
кодування – encoding
комутовані – switched
комутація пакетів – packet switching
комутація повідомлень – message switching
комутація – switching
комутаційний елемент – element commutation
комутація каналів – circuit switching
комутаційні вузли – switching node
комутаційні станції – switching station
кросова комутації – cross-strap
комутація з накопиченням – store-and-forward
код кінцевої точки – endpoint address
комутатор В-каналів – switch B-channels
компаундування – compounding
комутаційне поле – interconnect field
коефіцієнт зв'язку – coupling coefficient
контролер абонентського доступу до лінії – controller subscriber access

line

контролер електроживлення – power controller
кодування – coding
крос – cross
лінійний блок – linear block
маршрутизація – routing
маршрут – route
міжнародний пункт сигналізації – international signalization point
місцевий ефект – local effect
модуль аналогових з'єднувальних ліній – module analog trunks
модуль цифрових з'єднувальних ліній – module digital trunks
модуль аналогових абонентських комплектів – module analog subscriber
модуль цифрових абонентських ліній – module digital subscriber lines

надійність – reliability
надлишковість – redundancy
національний пункт сигналізації – national signalization point
некомутовані – nonswitched
обслуговування з втратами – loss type queuing
ортогональні вокодери – orthogonal vocoders
первинний доступ – primary access
передача даних – data communication
перетворювач мовної інформації – converter language information
підсистемою протоколів інтелектуальної мережі – intelligent network
application part
підсистема передачі повідомлень – message transfer part
просторова комутація – spatial switching
продуктивність – efficiency
пропускна здатність – traffic capacity
пристрій введення-виведення – input-output device
пристрій перетворення сигналів – signal transformation device
прикладна підсистема транзакцій – transaction capabilities application
part
повідомлення – message
посилка виклику – ringing
послідовний порт – serial port
режим віртуальних з'єднань – switched virtual circuit
режим дейтаграмний – datagram
реле – relay
реле з герметизованими контактами – reed switch
середовище створення послуг – service management point
синхросигнал – clock signal
система експлуатаційного керування – service creating
система передачі інформації – information transmission system
синхронізація – synchronization
спостереження і сигналізація – supervision
тактова синхронізація – clock synchronization
тестування – testing
телефонний тракт – phone tract
телефонний план нумерації – telephone numbering plan
телефонна мережа загального призначення – public switched telephone
network

транзисторний ключ – transistor switch
телефонний апарат – telephone
точка транзиту сигналізації – signaling transfer point
точка сигналізації – signaling point
точка доступу – environment point
фазова маніпуляція – phase shift keying
фіксований метод маршрутизації – static routing
центр комутації – switching centre
цифрові системи інтегрального обслуговування – integrated service
digital network
цифровий тракт – digital path
цифрова система комутації – digital switching system
часова комутація – time switching
часовий інтервал – time interval
частотна комутація – frequency switching
час розмикання – time release
час замикання – time circuit
якість обслуговування – service grade

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крук Б. И. Телекоммуникационные системы и сети. Учебное пособие. В 3 томах. Т1 – Современные технологии / Крук Б. И., Попантонопуло В. Н., Шувалов В. П. // 3-е издание – М. : Горячая линия – Телеком, 2003. – 647 с.
2. Абилов А. В. Сети связи и системы коммутации / Абилов А. В. – Ижевск : ИжГТУ, 2002. – 352 с.
3. Берлин А. Н. Коммутация в системах и сетях связи / Берлин А. Н. – М. : Эко-Трендз, 2006. – 344 с.
4. Гольдштейн Б. С. Системы коммутации / Гольдштейн Б. С. – СПб. : БХВ – Санкт-Петербург, 2003. – 318 с.
5. Гольдштейн Б. С. Интеллектуальные сети / Гольдштейн Б. С., Хришель И. М., Рерле Р. Д. – М. : Радио и связь, 2000. – 500 с.
6. Олвейн В. Структура и реализация современной технологии MPLS / В. Олвейн ; [пер. с англ. А. Н. Крикун]. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 480 с.
7. Носков В. И. Технологии и решения для операторских и корпоративных сетей связи : Наукове видання / Носков В. И., Савинов А. Ю., Храповицкий И. А. – К. : Видавництво Ліра-К, 2010. – 294 с.
8. Термінальне обладнання та комутаційні прилади : [навч. посіб.] / О. В. Вербанов, В. І. Дузь, В. М. Колчар, Г. В. Стівбун. – Одеса : ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2008. – 128 с.
9. Цифровые системы коммутации для ГТС / [Карташевский В. Г., Росляков А. В., Сутягина Л. Н., Запорожченко Н. П., Черная Н. Д.]. – М. : Эко-Трендз, 2008. – 352 с.
10. Телекоммуникационные системы и сети / [Величко В. В., Субботин Е. А., Шувалов В. П., Ярославцев А. Ф.]. – М. : Горячая линия – Телеком, Т. 3, 2005. – 592 с.
11. Олифер В. Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / В. Г. Олифер, Н. А. Олифер. – СПб. : Питер, 2006. – 958 с.
12. Телекоммуникационные системы и сети. Том 3. Мультисервисные сети / [Величко В. В., Субботин Е. А., Шувалов В. П., Ярославцев А. Ф.]. – М. : Горячая линия – Телеком, 2005. – 592 с.
13. Хоменок М. Ю. Системы сигнализации в сетях телекоммуникаций: Учеб. пособие по курсу «Системы сигнализации в телекоммуникациях» для студентов специальности «Телекоммуникационные системы» / М. Ю. Хоменок, А. В. Данилевич. – Мн. : БГУИР, 2000. – 112 с.

Навчальне видання

**Михалевський Дмитро Валерійович
Кичак Василь Мартинович**

СИСТЕМИ КОМУТАЦІЇ

Навчальний посібник

Редактор Т. Хайдарова

Оригінал-макет підготовлено Д. Михалевським

Підписано до друку 26.06.2017 р.

Формат 29,7×42 ¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Ум. друк. арк. 7,65.

Наклад 50 (1-й запуск 1-20) пр. Зам. № 2017-242.

Видавець та виготовлювач

Вінницький національний технічний університет,
інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95, м. Вінниця, 21021.

Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.

press.vntu.edu.ua; e-mail: kivc.vntu@gmail.com

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи

серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р