

Вступ до систем комутації

Телекомунікації

Communications – (“Зв'язок”) означає систему засобів сполучення або спілкування, не будучи при цьому виключно технічним терміном.

Телекомунікації - (“Telecommunications”) означає засоби спілкування (тобто обміну інформацією) на відстані і має на увазі сукупність технологій, що реалізують різні способи такого спілкування.

Сукупність пристроїв і споруд, що забезпечують телефонний зв'язок на деякій території, називають *телефонною мережею*.

До складу такої мережі входять:

- комутаційні пристрої (автоматичні телефонні станції, вузлові станції, підстанції, концентратори і мультиплексори),
- лінійні споруди (з'єднувальні лінії, канали зв'язку),
- цивільні споруди (будівлі телефонних станцій),
- телефонні апарати і пульти операторів.

Телефонні мережі загального користування

Розрізняють такі види телефонних мереж загального користування:

- міські,
- сільські,
- зонові,
- міжміські.

Міські телефонні мережі (МТМ) забезпечують телефонний зв'язок на території більш-менш великого міста і його найближчих передмість.

Сільські телефонні мережі (СТМ) забезпечують телефонний зв'язок в межах сільських адміністративних районів.

Мережі цих двох видів мають загальну назву *місцеві телефонні мережі*.

Зонові телефонні мережі - це комплекс споруд, які призначені для зв'язку між абонентами декількох різних місцевих телефонних мереж, розташованих на території однієї телефонної зони. У такій зоні використовується єдина семизначна **зонова нумерація**.

Території телефонних зон часто збігаються з територіями областей або інших адміністративних утворень.

Міжміська телефонна мережа - це комплекс споруд, які призначені для організації зв'язку між абонентами місцевих телефонних мереж, розташованих на території різних телефонних зон.

Всі названі мережі разом утворюють **телефонну мережу загального користування (ТМЗК)**, що входить у **взаємопов'язану мережу зв'язку країни**.

Обов'язкова вимога до ТМЗК - повна зв'язність між усіма місцевими, національними та регіональними телефонними мережами

Крім ТМЗК існують також **установчі, відомчі, корпоративні телефонні мережі**, які забезпечують внутрішній телефонний зв'язок підприємств, установ, корпорацій, організацій. Такі мережі можуть бути і повністю автономними, але частіше за все вони мають доступ до телефонної мережі загального користування.

Комутація

Комутація (**switching** - «вмикати або вимикати») з'єднання одного (певного) з безлічі входів системи з одним (певним) з безлічі її виходів, який організовується за запитом і надається цій парі вхід-вихід на час, який потрібен для обміну інформацією між ними.

З'єднання створюється відповідно до номером лінії користувача, що викликається, який набраний користувачем, щовикликає, і зберігається до тих пір, поки один з них не покладе трубку. Поки ж це з'єднання існує, за ним можуть передаватися мова, дані або відеоінформація.

Комутація - це процес послідовного з'єднання декількох постійно існуючих незалежно один від іншого каналів в один складовий канал, створюваний тільки на час зв'язку з тим, щоб користувачі в кінцевих точках цього комутованого каналу могли спілкуватися між собою, тобто обмінюватись інформацією.

Отримавши запит **комутованою зв'язку**, мережа встановлює між користувачем, що викликає і користувачем, що викликається (людьми, комп'ютерами або модемами) з'єднання, доступне їм повністю і безроздільно, але тільки на час зв'язку.

Протягом усього цього часу жоден з 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 зв'язку з'єднання руйнується, після чого мережеві ресурси, з яких воно було складено, можуть використовуватися для створення інших з'єднань.

Наведені визначення відносяться тільки до **комутації каналів** і не відносяться до поняття **комутація пакетів**.

Комутація каналів може бути аналоговою і цифровою.

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.

Методи комутації

Три класичних методи комутації:

- **Просторова комутація** - з'єднання просторово розділених каналів з використанням електромеханічної, електронної, цифрової або оптичної технології і комутаційних елементів, побудованих на базі тієї ж технології.
- **Часова комутація** 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 певним часовим каналам. Якщо для приймача і передавача призначені різні часові канали, потрібна часова комутація.
- **Частотна комутація** застосовується, як правило, для комутації телевізійних каналів і радіоканалів.

Комутаційні вузли і станції являють собою сукупність технічних засобів, призначених для обробки викликів, що надходять по абонентським і сполучним лініям мережі, для надання ініціаторам цих викликів основних і додаткових послуг зв'язку, а також для обліку та для нарахування плати за послуги.

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 і передавачі;
- пристрої контролю і діагностики абонентських ліній і устаткування самого вузла комутації;
- джерела електроживлення;
- кросове обладнання і деякі допоміжні пристрої.

Класифікація комутаційних вузлів і станцій

за місцем,
займаному в
мережі зв'язку

- кінцеві
- проміжні
- транзитні
- центральні
- вузлові

за способом
обслуговування
з'єднань

- ручні
- напівавтоматичні
- автоматичні

за типом
обладнання

- електромеханічні
- квазіелектронні
- електронні

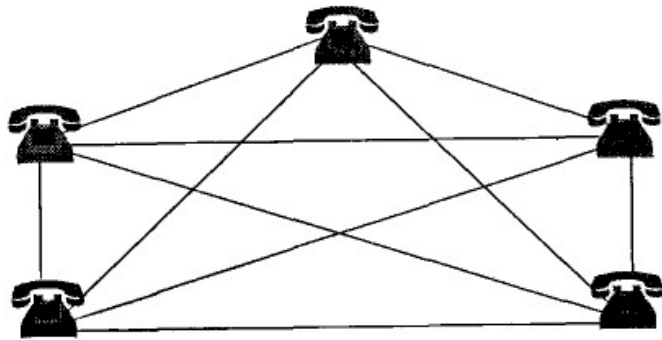
за принципом
комутації

- аналогові
- цифрові

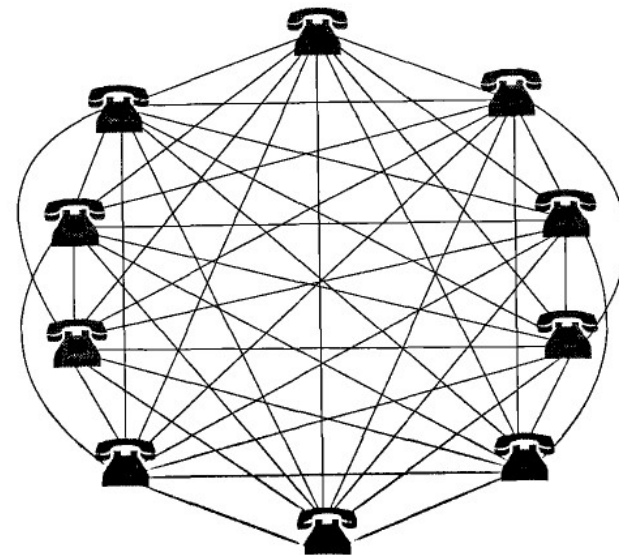
Розвиток телефонних станцій

Ручна комутація

З'єднання абонентів за принципом «кожен з кожним»:



5 абонентів



10 абонентів

$$C_N^2 = \frac{N!}{2! \cdot (N-2)!} = \frac{N \cdot (N-1)}{2}.$$

Нью-Хевен, Коннектикут, 1878 - відкрита перша телефонна станція.
Ручний комутатор обслуговував 21 абонента.

Оператор комутатора
прослуховував всі телефонні
з'єднання, щоб визначити
момент закінчення розмови.

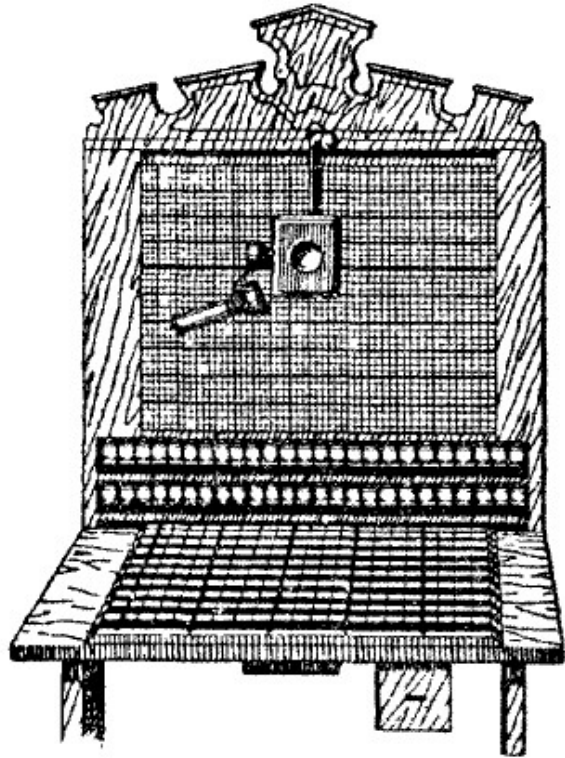


На станціях були встановлені однопровідні комутатори Гіллеланда, обладнані сигнальними клапанами, індуктором для виклику абонентів, мікрофоном і телефоном для переговорів оператора з абонентом або з іншого телефоністкою.

Виклик станції абонентом відзначався відкриттям дверцят викличного клапана. При вставлянні штепселя в одне з гнізд відбувалося з'єднання між відповідними вертикальної і горизонтальної смугами, до яких були підключені лінії абонентів.

У кожен такий комутатор, крім 50 абонентських ліній, могло бути включено до 90 з'єднувальних ліній для зв'язку з іншими комутаторами даної станції.

Від кожного комутатора, через зроблені в стелі квадратні отвори, пучок з 50 ізолюваних провідників піднімався до башти, встановленої на даху будівлі телефонної станції.



незаштриховані ділянки штепсельного електричного з'єднувача представляють провідний метал, а заштриховані ділянки - ізоляцію. Провідні ділянки позначені як **голівка, шийка і корпус (tip, ring, and sleeve)**. Ці елементи штепселя виконані як коаксіальні циліндри. Коли штепсель вставляється в гніздо, утворюється електричний контакт кожного циліндра штепселя з відповідним коаксіальним циліндром в гнізді.

комутатор Гілланда



Штепсель (зовнішній вигляд)

Штепсель (перетин)

Гніздо (перетин)

Штепсельний електричний з'єднувач

Абонент АТС виконує, по суті, ті ж функції, що і абонент РТС. Він викликає станцію, знімаючи мікротелефон з важеля, і дає сигнал відбою, опускаючи мікротелефон на важіль.

Функції оператора РТС виконуються на АТС автоматичними приладами. При виклику з боку абонента АТС до його лінії підключаються пристрої для прийому інформації про номер, що набирається. При цьому абоненту передається звуковий сигнал *Відповідь станції*, що означає готовність станції до прийому номера. Відповідно до номера комутаційні пристрої відшуковують лінію абонента. Якщо лінія вільна, то зі станції в апарат абонента надсилається сигнал виклику, і одночасно в апарат абонента передається звуковий сигнал *Контроль посилки виклику*. Після встановлення з'єднання в комутаційних приладах замикається коло розмовного тракту. При відбої абонентів розмовний тракт порушується і комутаційні пристрої повертаються в початковий стан. Якщо ж лінія абонента виявилася зайнятою іншим з'єднанням, то зі станції в апарат абонента передається звуковий сигнал *Зайнято*.

Автоматична комутація

Перший автоматичний телефонний **комутатор декадно-крокового типу**, ємністю до 99 абонентів запатентований в 1892 році.

Декадно-крокові станції виявилися настільки надійними, що працюють ще й сьогодні.

З автоматизацією міжміського телефонного зв'язку стала істотно проявлятися низька якість розмовного тракту через нестабільність ковзаючих контактів шукачів, що приводила до неприпустимо високого рівня шумів. Розвиток телефонних мереж стримувався малою ємністю контактного поля шукачів.

Ці недоліки декадно-крокових АТС були усунені в станціях наступного покоління - **координатних**. Ємність контактного поля комутаційних приладів таких АТС значно більше, ніж ємність поля декадно-крокових шукачів, а контакти ковзання замінені в них контактами тиску, що мають стабільний опір і набагато більший термін служби.

Прилади координатної системи будуються у вигляді матриць, що мають кожна n входів і m виходів. Матриця може або формуватися з $m \times n$ електромагнітних реле, або виконуватися у вигляді єдиної конструкції (багаторазового координатного з'єднувача – МКЗ).

Квазіелектронні і електронні АТС

У міру розвитку технологій стали з'являтися замітники традиційних електромеханічних комутаційних елементів - **електронні та магнітні пристрої**, в яких були відсутні рухомі частини, а отже, практично зникали механічні пошкодження, підвищувалася швидкодія, знижувалися габарити і маса.

Переваги електронних комутаційних елементів:

- більш висока технологічність виготовлення,
- більша інтеграція компонентів в одному корпусі,
- можливість використання друкованого монтажу та інших досягнень електроніки того часу: транзисторів, напівпровідникових діодів, інтегральних схем і великих інтегральних схем (ВІС) і т.д.

Електронні АТС, в порівнянні з електромеханічними, мали менші габарити, вимагали менших площ і кубатури будівель, менших витрат на електроенергію і експлуатаційне обслуговування, забезпечували більш гнучкі можливості побудови телефонних мереж.

На першому етапі досягнення електроніки стали застосовуватися тільки в керуючих пристроях АТС, що призвело до появи квазіелектронних АТС, які поєднали в собі електронне управління і електромеханічні комутаційні елементи.

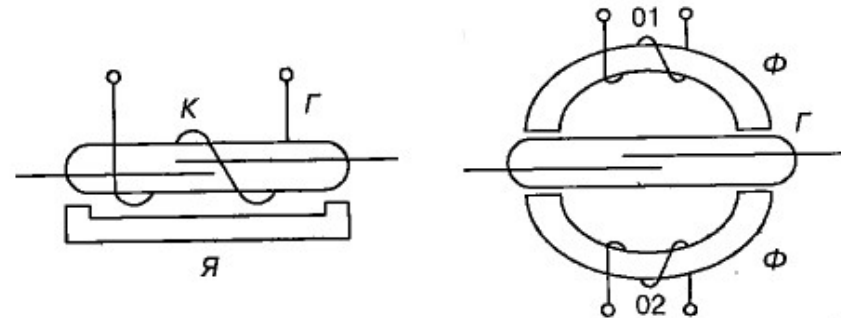
В середині ХХ століття робляться важливі кроки у розвитку систем комутації, пов'язані з використанням комп'ютерів для перетворення адресної інформації, для лінійного шукання в комутаційному полі та ін., а **управління по записаній програмі** в квазіелектронних і електронних АТС стало нормою.

Програми управління комутацією писалися на мові асемблера, а розподілом програмних сегментів управляли самі розробники програм.

Назва **квзіелектронні АТС** передбачає збереження просторової аналогової комутації із застосуванням механічних контактів, але, одночасно, - використання програмованих керуючих пристроїв. Для побудови комутаційного поля в квзіелектронних АТС застосовувалися швидкодіючі малогабаритні комутаційні елементи з електричним, магнітним або механічним утриманням контактів в робочому стані.

До комутаційних елементів з електричним утриманням відносяться герконові реле і реле типу ЕСК. Геркони (герметизовані контакти) представляли собою маленькі скляні балони довжиною 20-50 мм і діаметром 3-5 мм, заповнені інертним газом і містять контактні пружини з магнітного матеріалу. Контактні поверхні були покриті золотом або іншим не окислюючимся металом.

К - електромагнітний котушка
Г - геркон,
Я - ярмо з магнітного матеріалу



З окремих герконових реле створювалися **багаторазові герконові з'єднувачі** (МГЗ), які представляли собою основні комутаційні блоки.

Ще одним різновидом багаторазового герконового з'єднувача з магнітним утриманням був **з'єднувач на гезаконах** - герметизованих запам'ятовуючих контактах.

Точно так же з окремих ферридів будувалися **багаторазові ферридові з'єднувачі** (МФЗ): в кожній точці комутації був феррид з певним числом контактів. Схема комутації розмовного тракту в МФЗ аналогічна схемі комутації в герконовому з'єднувачі.

Цифрові АТС

Перехід на цифрову передачу і комутацію привів до різкого поліпшення якості мови, особливо в тих випадках, коли учасники з'єднання були розділені великою відстанню так як для запобігання втрат інформації, що передається, потрібно безліч регенераторів, кумулятивний побічний ефект яких - значне спотворення сигналу, але цифровий сигнал, в відміну від аналогового, дуже легко відновлювати.

Перша цифрова АТС - європейська станція Е10. У 1970 році встановлена в Ланьон, Франція.

Мікропроцесорна революція вплинула на архітектуру систем комутації не тільки завдяки зниженню вартості керуючих комп'ютерів. Відбулася відмова від повністю централізованого управління і **перехід до модульної архітектури**, з'явилися **віддалені мікропроцесорні модулі**, що розвантажили основні системи і забезпечили економічну ефективність і в станціях малої місткості.

Телефонні апарати

Класичний телефонний апарат складається з двох конструктивних частин: апарату і телефонної трубки. Зазвичай в апараті знаходиться важіль, на якому лежить трубка в той час, коли апарат не використовується, а при знятті трубки з важеля спрацьовує механічно пов'язаний з ним перемикач, контакти якого замикаються.

Апарат і трубку з'єднує шнур з проводами, а в бездротових телефонних апаратах це з'єднання забезпечує малопотужний радіоканал. У ранніх конструкціях телефонних апаратів мікрофонну частину розташовували в базовому блоці, який оформляли у вигляді настільного або настінного ящика, а трубка складалася лише з невеликого навушника, який абонент притискав до вуха.

У більшості сучасних апаратів в телефонній трубці поміщаються і навушник, і мікрофон.

Найпростіша схема телефонного апарату містить мікрофон, телефон, батарею, магнето і дзвінок.

Мікрофон перетворює енергію акустичного поля в електричну енергію.

Спочатку в телефонних апаратах використовувалися так звані вугільні мікрофони. Зерна вугілля були насипані між двома паралельно розташованими пластинами, і загальний електричний опір цієї конструкції змінювалося в залежності від звукового тиску, який зближував пластини і притискав зерна вугілля один до одного. Коли звукова хвиля надавала більш сильний тиск на вугільні частинки, активний опір мікрофона зменшувалася, і сила струму збільшувалася. Таким способом мікрофон перетворював акустичні коливання в коливання електричного струму. Ці основні принципи впливу звукових коливань на струм в абонентському шлейфі зберігаються і тепер, хоча в сучасних телефонних апаратах використовуються більш складні і більш високоякісні мікрофони.

Змінний струм, що генерується мікрофоном, з яким ведеться розмова знову перетвориться в звук. Перетворення це виконує *телефон*, який **складається з діафрагми і електромагнітної котушки**.

Через обмотку котушки проходить змінний струм, що отримувався від мікрофона. Цей струм, в свою чергу, створює змінне магнітне поле, яке викликає коливання діафрагми, завдяки чому виникають звукові хвилі, близькі до вихідних звукових коливань на передавальній стороні.

Для роботи мікрофона необхідне джерело постійного струму - *батарея*. Якщо батарея вмонтована в телефонний апарат, то постійний струм потрібно ізолювати від лінії зі змінним струмом, що несе аудіосигнал з допомогою конденсатора або трансформатора. В апаратах з місцевою батареєю необхідно мати спеціальний пристрій для виклику станції і для передачі сигналу відбою після закінчення зв'язку.

Таким пристроєм є *магнето* - невелика електрична машина, що приводиться в дію шляхом обертання рукоятки і генеруюча змінний струм невеликої частоти.

В застосовується майже повсюдно **режимі з централізованим джерелом живлення** батарея постійного струму знаходиться на телефонній станції і забезпечує надійне живлення всіх включених в неї телефонних апаратів.

У телефонному апараті є приймач сигналу - *дзвінок*.

Якщо два апарати пов'язані один з одним прямою некомутованою лінією, то сигналом виклику, що надходить до дзвінка одного з них, є змінний струм, створюваний при обертанні магнето другого. При комутованою зв'язку дзвінок апарату, що викликається, отримує сигнал виклику, що генерується на станції. Щоб дзвінок був добре чутний, електричний сигнал виклику повинен бути досить потужним.

Заміна магнето схемою, що містить трансформатор дозволяє використовувати для формування сигналу напругу побутової мережі змінного струму і позбавляє від необхідності крутити ручку магнето для виклику станції і для того, щоб оповістити її про закінчення зв'язку.

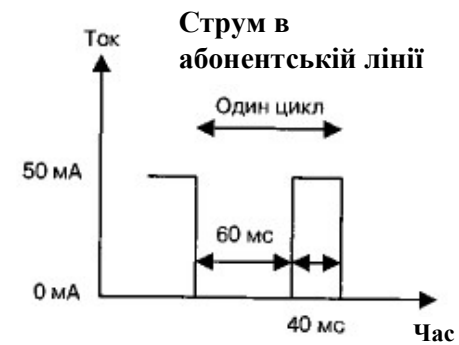
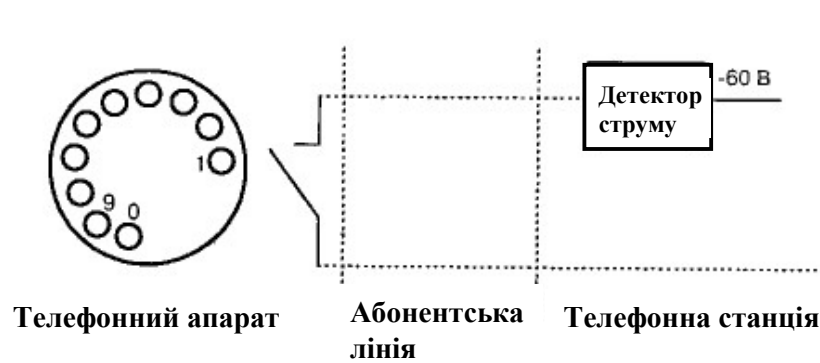
Більш досконалі телефонні апарати, що живляться від центральної батареї, містять *важільний перемикач*. Залежно від того, знаходиться мікротелефонна трубка на важелі чи ні, перемикач перебуває в одному з двох можливих станів, кожному з яких відповідає певний стан його контактів, - якщо трубка на важелі, коло споживання струму від станційної батареї розімкнуте, а при піднятій трубці це коло замкнуте. Коли трубка покладена, контакт важільного перемикача розімкнутий, і струм, споживаний лінією від батареї, дорівнює струму витоку. Коли абонент знімає трубку, контакт перемикача замикається, і споживати струм починає мікрофонне коло телефонного апарату. За зміною струму, споживаного лінією, станція може визначити стан важільного перемикача в апараті, підключеному до цієї лінії, завдяки чому забезпечується виклик станції абонентом і сигналізація про відбої.

Набір номера

Абонентська сигналізація - це передача інформації, необхідної для створення і руйнування з'єднання двох абонентів телефонної мережі.

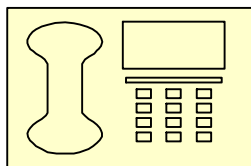
Після передачі сигналу про зміну стану абонентського шлейфу, що відбувається, коли абонент ініціює виклик, знявши телефонну трубку з важеля, він повинен передати на станцію телефонний номер абонента, що викликається. Коли шлейф замикається, в лінії з'являється струм. Абонентський комплект АТС виявляє зміна струму в лінії і активізує апаратні або програмно-апаратні засоби, призначені для прийому цифр, які передасть абонент, і відповідно до яких АТС повинна буде встановити з'єднання.

Інформація про номер абонента може передаватися одним з двох класичних способів - шлейфними імпульсами або багаточастотними сигналами.



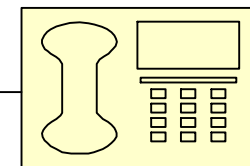
Імпульсний набір номера

Абонент А



АТС

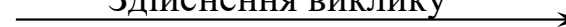
Абонент Б



Заняття (трубка знята)



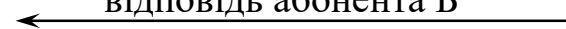
Здійснення виклику



відповідь станції



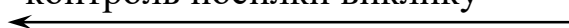
відповідь абонента Б



Номер абонента Б



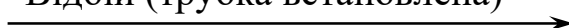
контроль посилки виклику



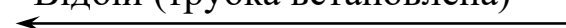
Розмова абонентів А і Б



Відбій (трубка встановлена)



Відбій (трубка встановлена)



Стандартизація в області комутації

Регулювання комутаційних технологій ведеться під управлінням *Міжнародного союзу електрозв'язку (ITU)*, уповноваженого Організацією Об'єднаних Націй (ООН).

Структура серій Рекомендацій ITU-T

D	Загальні принципи нарахування плати
E	Загальна експлуатація мережі, функціонування служб і людські фактори
G	Системи і середовище передачі, цифрові системи і мережі
H	Системи аудіовізуальної та мультимедійної зв'язку
I	Цифрова мережа інтегрального обслуговування
J	Передача мультимедійних сигналів
K	Захист від перешкод
M	Мережа експлуатаційного управління коштами електрозв'язку (TMN)
P	Якість телефонної передачі, телефонні установки і абонентські лінії
Q	Комутація і сигналізація
V	Передача даних по телефонній мережі
X	Мережі даних і взаємодія відкритих систем
Y	Глобальна інформаційна інфраструктура
Z	Мови програмування

Європейський інститут стандартів для електрозв'язку (ETSI - European Telecommunications Standards Institute) створений в 1988 році і є незалежною організацією, яка розробляє панєвропейські стандарти. Прикладом стандартів, створених ETSI, є **глобальний стандарт цифрового мобільного зв'язку GSM**, який прийнятий не тільки в європейських країнах, а й у всьому світі.

Міжнародна організація стандартизації (ISO) - розробник типової моделі взаємодії відкритих систем (OSI).

Одним з найбільших в світі професійних товариств, який створив багато важливих стандартів, є *Інститут інженерів електротехніки та електроніки (IEEE)*. Деякі з стандартів IEEE, наприклад, стандарти для локальних мереж (LAN), були прийняті ISO в якості міжнародних.

Поряд з державними стандартизованими організаціями, існує багато інших, громадських організацій, що працюють зі стандартами більш ефективно. Серед них:

IETF (займається стандартизацією стека протоколів TCP / IP і іншими інженерними аспектами Інтернет),

ATM-форум,

IPCC (консорціум, який розробив архітектуру Softswitch),

DSL-форум,

MPLS-форум та ін.

Ці організації є більш гнучкими і випускають необхідні стандарти набагато швидше, ніж офіційні всесвітні організації. Їх стандарти часто використовуються як базис для офіційних стандартів, схвалюваних ITU, ETSI і ISO.

Лектор:

Старший викладач кафедри Електроніки и комп'ютерної техніки Сумського державного університету

Горячев О. Є.

В лекції використано матеріали авторів:

Гольдштейн Б.С., Дузь В. І.