ПЛАН-КОНСПЕКТ

для проведення заняття в системі службової підготовки із середнім та старшим начальницьким складом (Групи №1,2) Вищого професійного училища Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (м. Вінниця)

Вид підготовки: профільна підготовка

Тема № 16 Основи організації і забезпечення зв'язку в органах та підрозділах цивільного захисту

Навчальна мета: Ознайомити із основами організації і забезпечення зв'язку в органах та підрозділах цивільного захисту

Час: 2 год.

Місце проведення : лекційний зал

Метод проведення : Лекція.

Навчально-матеріальне забезпечення: 1.Кодекс цивільного захисту України;

Нормативно-правові акти та література:

1 Автоматизовані системи управління та зв'язок: курс лекцій / Уклад. Л.В. Борисова, О.В. Закора, А.Б. Фещенко. – Х : НУЦЗУ, 2018. – 282 с.

2. Бурляй І.В., Джулай О.М., Орел Б.Б. Системи радіозв'язку та їх застосування оперативно-рятувальною службою: посібник з дисципліни «Основи електроніки та зв'язок». – Черкаси: Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України, 2007. – 224 с.

3. Поповський В.В. Основи теорії телекомунікаційних систем: підручник. – Харків: ХНУРЕ, 2018. – 368 с.

4. В. О. Собина, Д. В. Тарадуда, М. М. Піксасов, Л. В. Борисова, О. В. Закора, А. Б. Фещенко, М.В. Маляров, Д. Л. Соколов. Дослідження проблем функціонування системи зв'язку ДСНС, використання засобів телекомунікацій та інформатизації в системі ДСНС, шляхів їх розвитку із застосуванням сучасних телекомунікаційних та інформаційних технологій, Звіт про НДР: № держреєстрації 0119U001009, Х. : НУЦЗУ, 2020. – 85 с. URL: http://ndr.dsns.gov.ua/?p=7135.

5. Микитишин А.Г. Комп'ютерні мережі. Навч. посібник / А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник – Львів, «Магнолія 2006», 2013. – 256 с.

Порядок проведення заняття:

1. **Організаційні заходи** – 2 хв.:
- перевірка присутніх; оголошення теми і мети заняття.

2. Викладення матеріалу теми. - 50 хв.

Питання, які вивчатимуться:

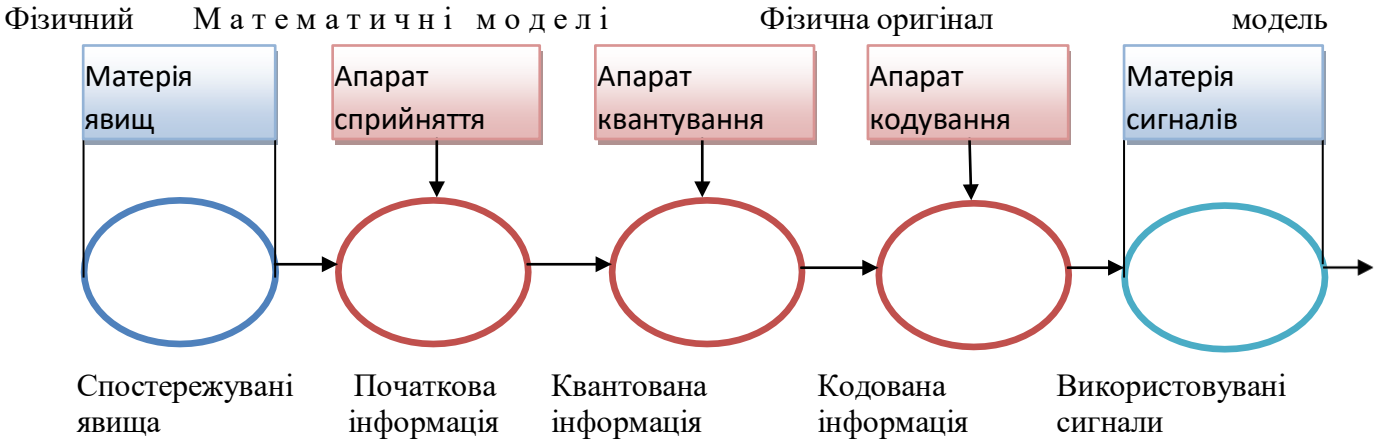
1. Принципи організації радіозв'язку

ПИТАННЯ № 1 ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Є безліч визначень поняття інформації від найбільш загального філософського (інформація є відбиття реального світу) до найбільш вузького практичного (інформація є всі відомості, що є об'єктом зберігання, передачі й перетворення).

Під *інформацією* розуміють не самі предмети й процеси, а їх істотні й представницькі характеристики, виділену сутність явищ матеріального світу; тобто, не самі предмети

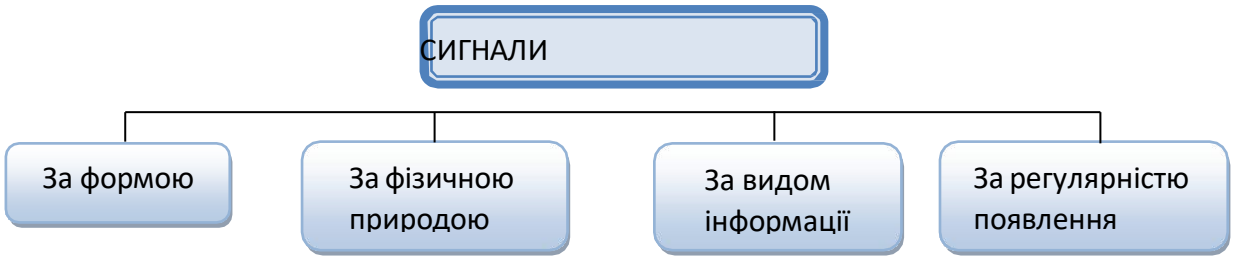
й процеси, а їх відбиття або відображення у вигляді чисел, формул, описів, креслень, символів, образів і т.п. (абстрактних характеристик).
Для передачі або зберігання інформації використовують різні знаки (символи). Цими знаками можуть бути слова й фрази в людській мові, жести й малюнки, форми коливань, математичні знаки й т.п.
Сукупність відомостей (знаків), що містять ту або іншу інформацію, називають *повідомленням*.[7] Інформація є характеристика не повідомлення, а співвідношення між повідомленням і його споживачем.
Фізичний процес, що відображає (несе) передане повідомлення, називається *сигналом.*
У якості сигналу можна використовувати будь-який фізичний процес, що змінюється відповідно до повідомлення.
Фізичною величиною, що визначає такий сигнал, є *струм* або *напруга*.
Сучасні системи керування й зв'язку найчастіше використовують електричні сигнали.



Методологічна схема утворення сигналу

Аналогові
Дискретні

Елект і як матеріальний носій інформації являє собою певну змінну фізичн (напругу, струм, заряд, магнітний потік), яку називають *коливанням*.
Сигнали формуються шляхом зміни тих або інших параметрів фізичного носія за законом переданих повідомлень.
Процес (зміни параметрів носія) називається модуляцією.



сифікація сигналів

Сигнал є функцією часу (тобто процесом), навіть якщо повідомлення таким не є.

Сигнал, який є функцією u(t), що має тільки певні дискретні значення u_n (наприклад, 1 і 0), називається дискретним, або дискретним по станах.

Сигнал (або повідомлення), що має будь-які значення в деякому інтервалі, називається неперервним по станах, або аналогови

Повідомлення за допомогою датчиків перетворюються в електричну величину b(t) – первинний сигнал.[8]

У більшості випадків первинний сигнал є низькочастотним коливанням, яке відображає передане повідомлення.

Для передачі на більші відстані (по кабелю або радіо) первинний сигнал перетворюють у високочастотний сигнал

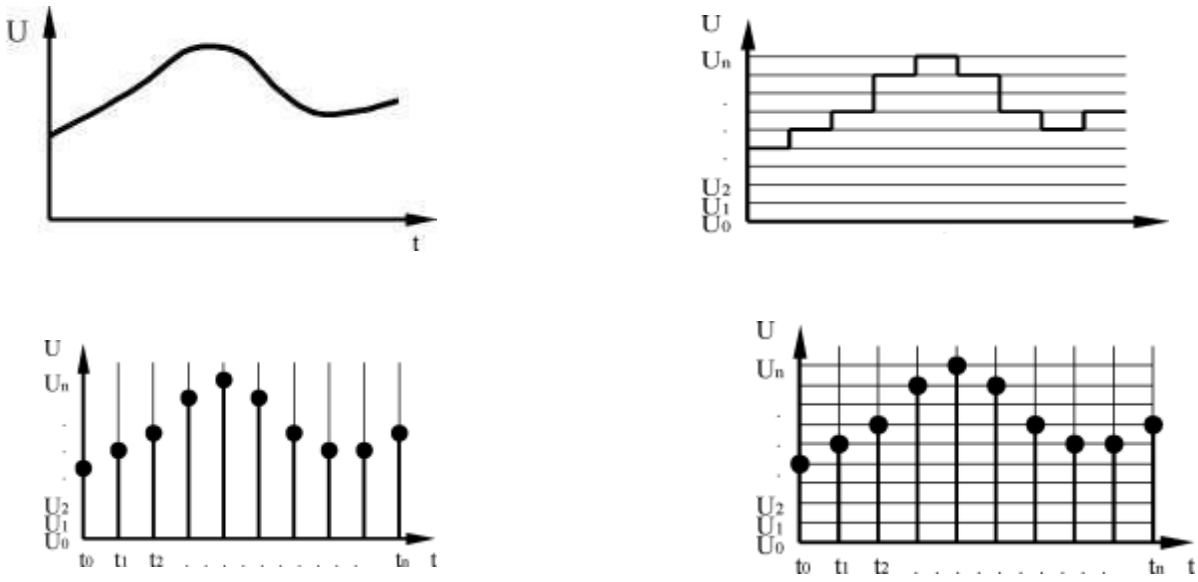


Рисунок 22 – Основні види сигналів (дискретні й неперервні): а – неперервний по станах і за часом;
б – дискретний по станах, неперервний за часом; в – неперервний по станах, дискретний за часом; г – дискретний по станах і за часом

Розрізняють дві основні групи сигналів: детерміновані та випадкові (стохастичні).

Детермінованими називають такі сигнали, значення яких у будь-який момент часу є точно відоме, тобто їх можна передбачити безпомилково.

Детерміноване повідомлення не містить інформації і є випадковою функцією, і використовуються як тестові сигнали для випробувань системи зв'язку або окремих її елементів. Імовірнісні властивості сигналів і повідомлень, а також середовища, у якому передається сигнал, дозволяють визначити кількість переданої інформації та її втрати.

Випадковими називають такі сигнали, значення яких у будь-який момент часу неможливо передбачити точно. Випадкові сигнали поділяють на корисні та завади (шуми).[9]

Поділ сигналів на детерміновані та випадкові є відносним. Наприклад, корисний сигнал, прийнятий на приймальному пункті, є для адресата випадковим, бо адресат наперед не знає змісту інформації, яку несе даний сигнал. На передавальному пункті цей сигнал вважається детермінованим, оскільки там точно відома інформація, яку несе сигнал.

У техніці зв'язку *спектр сигналу* часто свідомо *скорочують*, що обумовлене *обмеженою смугою пропускання частот апаратурою* та *лінією зв'язку*. Скорочення спектра здійснюється із допустимих викривлень сигналу.

Описом конкретного сигналу може бути деяка функція часу *u(t).* Визначивши так чи інакше цю функцію, визначаємо й сигнал.

Параметри сигналу, що є основними з погляду його передачі, це тривалість сигналу T_c, його динамічний діапазон D_c і ширина спектра F_c.

Довільний сигнал, розглянутий як часовий процес, має початок і кінець. Тому тривалість сигналу T_c є його природнім параметром, що визначає інтервал часу, у межах якого сигнал існує.

Динамічний діапазон – це відношення найбільшої миттєвої потужності сигналу до тієї найменшої потужності, яку необхідно відрізняти від нуля при заданій якості передачі. Він виражається звичайно в децибелах (дБ).

Ширина спектра сигналу F_c дає представлення про швидкість зміни сигналу усередині інтервалу його існування. Спектр сигналу може бути необмеженим. Однак для будь-якого сигналу можна вказати діапазон частот, у межах якого зосереджена його основна енергія. Цим діапазоном і визначається ширина спектра сигналу.

Вводиться загальна й наочна форма – обсяг сигналу:

$$V_c = T_c F_c D_c$$

Обсяг сигналу V_c дає загальне представлення про можливості даної множини сигналів як носіїв повідомлень. Чим більше обсяг сигналу, тим більше інформації можна «вкласти» у цей обсяг для передачі сигналу по каналу зв'язку.

Системи, канали і мережі зв'язку

Система зв'язку – це сукупність технічних пристроїв для передачі повідомлення від джерела до одержувача.

Узагальнена структурна схема одноканальної системи зв'язку на рис. 23 відображає типові перетворення, які зазнає повідомлення в системі зв'язку.

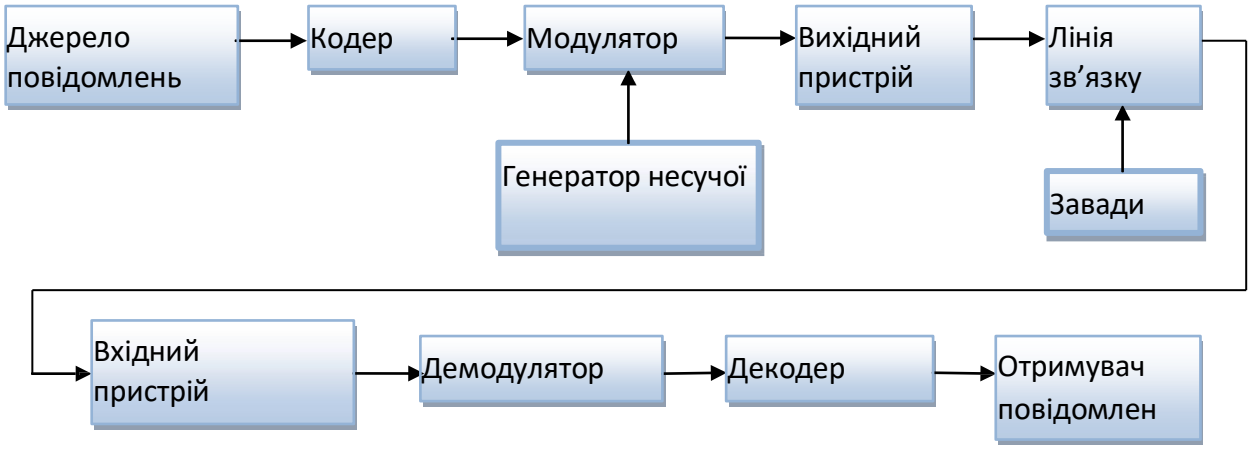


Рисунок 23 – Узагальнена структурна схема системи зв'язку

Джерело повідомлення – джерело інформації, що підлягає передачі (людина, навколишнє середовище, комп'ютер тощо).
Кодер здійснює:
перетворює неелектричне, як правило, повідомлення в електричний сигнал;
перетворює аналоговий (неперервний) сигнал у дискретний (цифровий); здійснює ефективне кодування з метою зменшення необхідної швидкості
передачі інформації при заданій якості (усунення надмірності повідомлення);
здійснює завадостійке кодування, що дозволяє поліпшити якість прийому повідомлення.
Генератор несучої частоти – генерує коливання з постійною амплітудою, частотою, фазою.
Модулятор – змінює амплітуду, частоту або фазу носія у відповідність із сигналом, що модулює, і надходить від кодера.
Вихідний пристрій – підсилює сигнал для забезпечення заданої якості зв'язку й обмежує спектр передаваного сигналу до смуги частот, відведеної для заданої системи зв'язку.
Кодер, модулятор, генератор несучої частоти й вихідний пристрій утворюють передавач.
Лінія зв'язку – сукупність технічних пристроїв або середовищ (кабель, дротова лінія, оптична лінія зв'язку або ефір), по яких сигнал надходить від передавача до приймача. При передачі сигнал може перекручуватися й на нього можуть накладатися завади *n(t).*
Вхідний пристрій – виділяє сигнал свого передавача, фільтрує (не пропускає) сигнали сусідніх по частоті передавачів і завади, а також підсилює сигнал.
Демодулятор – перетворює високочастотний модульований сигнал у низькочастотний (сигнал на виході демодулятора приблизно відповідає тому, що був на вході модулятора). *Декодер*: приймає рішення щодо кожної посилки (1 або 0) декодує кодові комбінації, виправляє частину помилок;
перетворює кодові комбінації в повідомлення, зручні для одержувача. *Одержувач повідомлення* – люди, комп'ютер або інші технічні пристрої. Вхідний пристрій, демодулятор і декодер утворюють приймач.

Приймальний пристрій обробляє прийняте коливання $z(t) = u(t) + n(t)$, що являє собою суму сигналу $u(t)$ і завади $n(t)$, і відновлює по ньому повідомлення â, яке з деякою похибкою відбиває передане повідомлення. Інакше кажучи, приймач повинен на основі аналізу коливання $z(t)$ визначити, яке з можливих повідомлень передавалося. Тому приймальний пристрій є одним з найбільш відповідальних і складних елементів системи зв'язку.

По *виду переданих повідомлень* розрізняють наступні системи зв'язку: передача мови (телефонія);

передача тексту (телеграфія); передача нерухливих зображень (фототелеграфія); передача зображень (телебачення), телевимірювання, телекерування й передача даних.

Системи передачі даних можуть бути інформаційні та телекомунікаційні системи, із застосуванням технологій локальних і глобальних мереж.

Системи передачі даних є невід'ємною частиною автоматизованих систем керування.

Каналом зв'язку називається сукупність засобів, що забезпечують передачу сигналу від деякої точки А системи до точки В (рис. 4). Точки А і В можуть бути обрані довільно, аби тільки між ними проходив сигнал. Частина системи зв'язку, розташована до точки А, є джерелом сигналу для цього каналу.

Якщо сигнали, що надходять на вхід каналу і знімаються з його виходу, є дискретними (по станах), то канал називається *дискретним*.

Якщо вхідні й вихідні сигнали каналу є неперервними, то й канал називається *неперервним*

Дискретно-неперервні й *неперервно-дискретні* канали – це канали, на вхід яких надходять дискретні сигнали, а з виходу знімаються неперервні, або навпаки.

Канал може бути дискретним або неперервним незалежно від характеру переданих повідомлень.

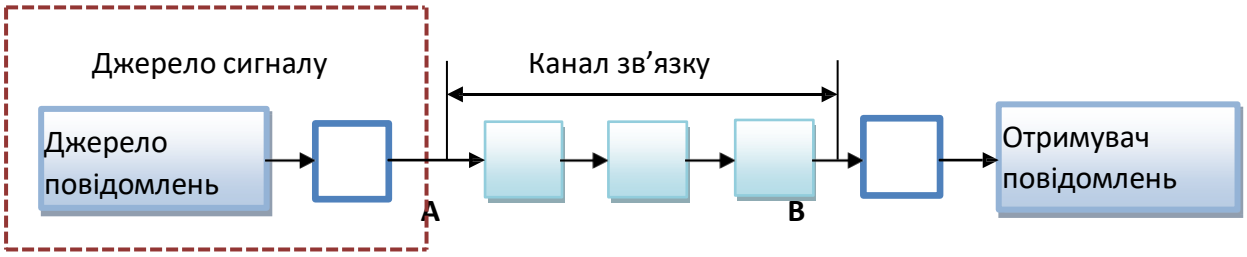


Рисунок 24 – Канал зв'язку

В одній і тій же системі зв'язку можна виділити як дискретний, так і неперервний канали. Це залежить від того, яким чином обрані точки А і В входу й виходу каналу.

Неперервний канал зв'язку можна характеризувати як і сигнал трьома параметрами: часом *Тк*, протягом якого по каналу ведеться передача, динамічним діапазоном *Dк* і смугою пропускання каналу *Fк*.

Під *динамічним діапазоном каналу* розуміють відношення припустимої потужності переданого сигналу до потужності завади, що неминуче присутня в каналі, виражене в децибелах.

Типи каналів, по яких передаються повідомлення:

дротового зв'язку;

короткохвильового радіозв'язку з використанням відбиття від іоносфери;

ультракороткохвильового зв'язку іоносферного й тропосферного розсіювання;

метеорному зв'язку; космічному

зв'язку й т.п.

Характеристики цих каналів значно відрізняються один від одного.

Ознаками неперервних каналів є:

лінійність. У таких каналах вихідний сигнал є сумою вхідних сигналів і завад (принцип суперпозиції), а результати нелінійних перетворень в каналі малі в порівнянні з вихідними сигналами;

на виході каналу навіть під час відсутності корисного сигналу завжди є завади;

сигнал при передачі по каналу отримує затримку за часом і загасання за рівнем.

У реальних каналах мають місце перекручування сигналу, обумовлені недосконалістю характеристик каналу та змінами параметрів каналу в часі.

Узагальненою характеристикою безперервного каналу є його обсяг:

$$V_к = T_к F_к D_к$$

Необхідною умовою неперекрученої передачі по каналу сигналів з обсягом

$$Vc \ \epsilon \ Vc \ \leq \ Vк$$

Перетворення первинного сигналу у високочастотний сигнал має на меті узгодження сигналу із каналом. У найпростішому випадку сигнал погоджують із каналом по всіх трьох параметрах, тобто забезпечують виконання умов:

$$Tc \leq Tк; \ \ Fc \leq Fк; \ Dc \leq Dк$$

При цих умовах обсяг сигналу повністю «розміщується» в обсязі каналу.

Система зв'язку називається *багатоканальною*, якщо вона забезпечує передачу декількох повідомлень по одній загальній лінії зв'язку.

Оцінка роботи системи зв'язку враховує точність передачі повідомлення і швидкість цієї передачі. Перше визначає якість передачі, друге – кількість.

У реальній системі зв'язку якість передачі залежить від ступеня перекручувань прийнятого повідомлення, що залежать від властивостей і технічного стану системи, від інтенсивності й характеру завад. У правильно спроектованій і технічно справній системі зв'язку перекручування повідомлень обумовлені лише впливом завад.

Завадою називається будь-який випадковий вплив на сигнал, який погіршує вірність відтворення переданих повідомлень. Завади досить різноманітні як по своєму походженню, так і по фізичних властивостях. У радіоканалах часто зустрічаються атмосферні завади, обумовлені електричними процесами в атмосфері й, насамперед, грозовими розрядами. Енергія цих завад зосереджена, головним чином, в області довгих і середніх хвиль. Сильні завади створюються також промисловим обладнанням – індустріальні завади, що виникають через різкі зміни токів в електричних колах усіляких електропристроїв.

У цьому випадку якість передачі повністю визначається завадостійкістю системи. Під *завадостійкістю* звичайно розуміють здатність системи протистояти шкідливому впливу завад на передачу повідомлень. Оскільки дія завад направлена на зміну прийнятого повідомлення від переданого, то кількісно завадостійкість при заданій заваді характеризується ступенем відповідності прийнятого повідомлення переданому, тобто вірністю.

Максимальну швидкість передачі *Rmax*, що забезпечує система зв'язку за умови, що канал не вносить похибок і перекручувань, прийнято називати *пропускною здатністю системи*.

Розповсюдженим видом завад є завади від сторонніх радіостанцій і каналів. Вони обумовлені порушенням регламенту розподілу робочих частот, недостатньою стабільністю частот і поганою фільтрацією гармонік сигналу, нелінійними процесами в каналах, що призводять до перехресних спотворювань.

У дротових каналах зв'язку основним видом завад є імпульсні шуми й переривання зв'язку. Поява імпульсних завад часто пов'язана із автоматичною комутацією й перехресними наведеннями.

Переривання зв'язку – це явище, при якому сигнал у лінії різко загасає або зникає.

Класифікація систем електрозв'язку

Класифікація систем визначається видами повідомлень, що передаються, середовищем поширення електричних сигналів і способами розподілу інформації: комутовані або некомутовані мережі передачі повідомлень.

Електричний зв'язок є основним способом зв'язку, який призначений для передачі на відстань повідомлень за допомогою електричних сигналів.

Електрозв'язок, залежно від каналу передачі інформації, поділяють на: проводовий зв'язок;

радіозв'язок.

Проводовий зв'язок, у свою чергу, поділяють на:

телефонний зв'язок;

документальний електрозв'язок.

Документальний електрозв'язок поділяють на:

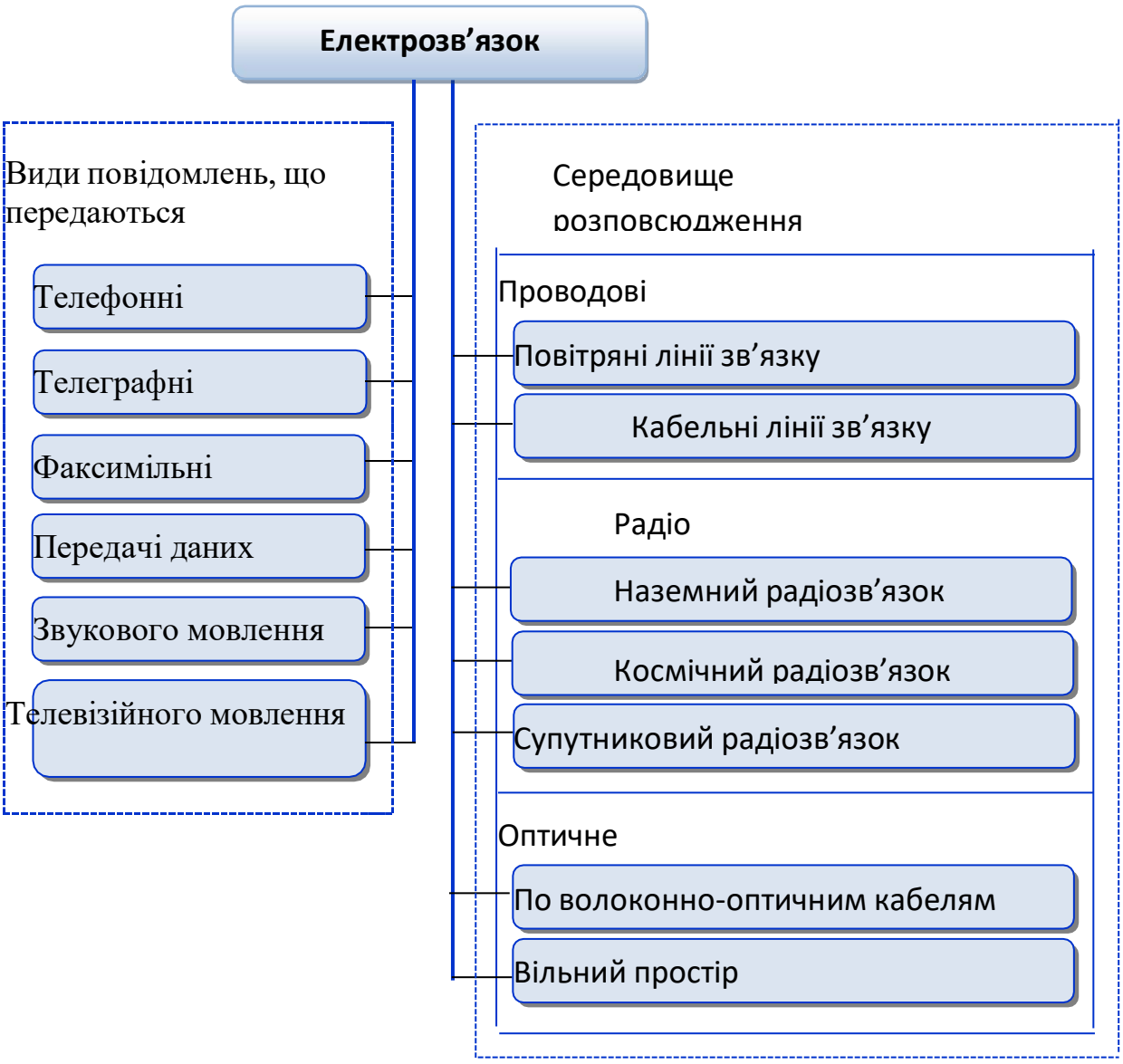
- телеграфний зв'язок;

факсимільний зв’язок;
електронну пошту;
IP-телефонію тощо.

Проводовий зв’язок – електрозв’язок, що здійснюється розповсюдженням сигналів електрозв’язку вздовж проводового кабелю з металевими або волоконно-оптичними жилами.

Засоби проводового електрозв’язку призначені для передачі оперативної інформації, розпоряджень і вказівок, забезпечуючи управління силами та засобами ДСНС та їх взаємодію.

Для *організації проводового зв’язку* використовуються різні засоби: проводові лінії;
каналоутворюючі засоби; комутаційні і
кінцеві засоби зв’язку.



Засоби зв’язку є невід’ємною складовою технічного забезпечення функціонування будь-якого підрозділу ДСНС.

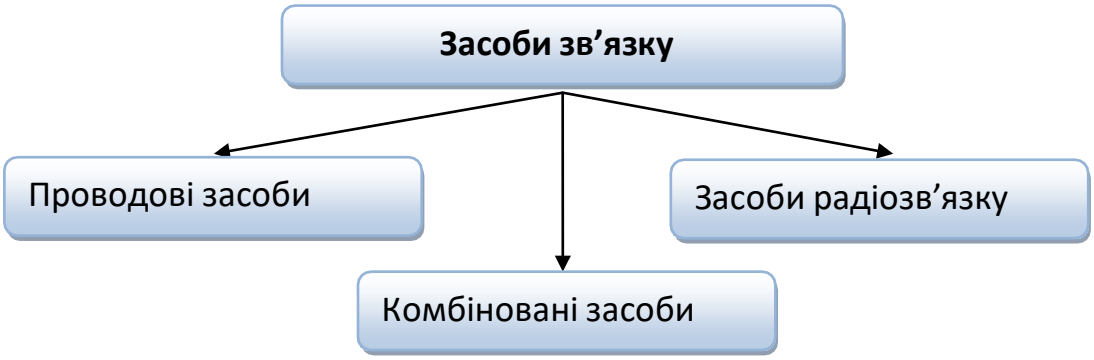


Рисунок 26 – Класифікація сучасних засобів зв’язку

Проводові лінії зв’язку призначені для сполучення на відстань між абонентами і станціями (комутаторами) між собою.
Каналоутворюючі засоби зв’язку призначені для побудови (розгортання) ліній зв’язку і утворення каналів передавання та групових трактів на них. Вони застосовуються на лініях прямого зв’язку, прив’язки та опорної мережі.
Комутаційні засоби зв’язку призначені для комутації кінцевих засобів, каналів передавання, групових трактів (цифрових потоків) повідомлень, пакетів.
Телефонний зв’язок – вид електрозв’язку, який забезпечує передачу сигналів, що відображають мовну інформацію на відстань з встановленою смугою частот між абонентами та (або) операторами.
Класифікація телефонного зв’язку.
Залежно від способу передачі інформації телефонний зв’язок поділяють на: низькочастотний (НЧ) – для передачі на відстань проводами (каналами) мовної інформації;
високочастотний (ВЧ) здійснюється здебільшого на значних відстанях за рахунок ущільнення проводових ліній зв’язку декількома каналами НЧ-телефонного зв’язку. З цією метою на передавальному пристрої каналу зв’язку за допомогою більш високих частот (надзвукових до 100-120 кГц) здійснюється перетворення (модуляція) звукових коливань НЧ телефонних каналів. Кількість «несучих» частот дорівнює кількості НЧ каналів.
Комутаційні телефонні станції відповідно за призначенням поділяють на: станції загальнодержавної мережі (міські, міжміські, міжнародні); станції відомчих мереж.
Комутаційні станції загальнодержавної мережі призначені для будови місцевої телефонної мережі з абонентською ємністю від 10 000 до декілька сотень тисяч номерів.
Станції відомчих мереж призначені для будови в окремих пунктах телефонної станції ємністю від 30 до 10 000 номерів.
За способом сполучення абонентів телефонні станції поділяють на:

автоматичні (АТС); ручного
керування (РТС).
На АТС потрібне з'єднання абонентів відбувається автоматично за допомогою спеціальних комутаційних пристроїв.
Для організації оперативного телефонного зв'язку у переважній більшості застосовуються телефонні станції (пульти, комутатори) ручного керування, які забезпечують сполучення абонентів, що включені в прямий зв'язок з черговим по ДСНС.
Сполучення може бути одиничним, груповим та циркулярним.

1.1. Основні поняття складових систем проводового електрозв'язку

Організація проводового електрозв'язку ДСНС передбачає створення систем та мереж зв'язку.
Для одержання найбільшої ефективності, підвищення надійності і якості передачі-прийому інформації, ці види зв'язку використовують комплексно, шляхом побудови розгалуженої системи зв'язку ДСНС.
Системи проводового електрозв'язку вміщують різні мережі зв'язку, які за своїм призначенням та використанням поділяють на:
а) відомчу телефонну мережу (ВТфМ); б)
відомчу телеграфну мережу (ВТгМ);
в) відомчу мережу передачі даних (ВМПД);
г) відомчу мережу зв'язку з рухомими об'єктами (ВМРО);
д) відомчу мережу розпоряджувально-пошукового зв'язку (ВМРП); е)
відомчу мережу телевізійного контролю (ВМТК).
Оперативний зв'язок (телефонний, документальний, телевізійний, електронна пошта та ін.) – це сукупність взаємопов'язаних між собою засобів та каналів зв'язку, з'єднаних у певному порядку, відповідно до організації управління органами ДСНС і характеру виконуваних завдань. Мережі оперативного телефонного зв'язку ДСНС призначені для забезпечення обміну інформацією в мінімально короткі строки у вигляді телефонних розмов та передачі телефонограм з метою оперативного керування силами та засобами.
Чергові частини та керівництво ДСНС забезпечуються оперативним телефонним зв'язком як на базі аналогових систем, так і сучасних цифрових мереж з використанням цифрових комутаційних станцій.
Вони забезпечують:
з'єднання між абонентами прямих абонентських ліній;
між абонентами з'єднувальних ліній і прямих абонентських ліній; циркулярний
зв'язок;
утримання абонентів;
можливість запису телефонних розмов на звукозаписуючу апаратуру; організацію двостороннього конференцзв'язку;
запис мовного повідомлення абоненту, який відсутній; наявність у
головного абонента цифрового дисплея з пультом; оперативний зв'язок
між головним пультом і терміналами;

індикація інформації про дзвінок і т. ін.
Забезпечення чергових частин та керівництва ДСНС оперативним телефонним зв'язком реалізується встановленням в ДСНС сучасних цифрових мереж, до складу яких входять багатофункціональні системні термінали з іменною клавіатурою для термінового виклику необхідних абонентів мережі.
Зв'язок організується відповідно до структури управління взаємодіючими силами і засобами з врахуванням місцевих умов і оперативної обстановки, за узгодженими схемами організації зв'язку із використанням засобів зв'язку кожного із взаємодіючих органів.

1.2. Документальний електрозв'язок

Документальний електрозв'язок – вид електрозв'язку, за допомогою якого здійснюється передача документальних повідомлень: літерно-цифрового тексту, цифрових даних і графічних зображень (ДСТУ 2619-94).
Телеграфний зв'язок – вид документального електрозв'язку, який забезпечує передачу літерно-цифрового тексту.
Телеграфний (букводрукуючий) електрозв'язок як документальний зв'язок займає особливе місце в системі оперативного зв'язку ОВС.
Відомча телеграфна мережа призначена для оперативного передавання документальних повідомлень, поданих у вигляді літерно-цифрового тексту.
Відомчу телеграфну мережу поділяють на:
відомчу телеграфну мережу загального користування (ВТгЗК), призначену для передавання телеграм, які поступають до вузлів зв'язку від підрозділів і установ ДСНС із швидкістю 50, 100 чи 200 Бод;
відомчу мережу абонентського телеграфування (ВМАТ), призначену для організації безпосередніх зв'язків між органами внутрішніх справ, підрозділами пожежної охорони, установами МВС з метою ведення документальних переговорів і обміну документальними повідомленнями із швидкістю 50 Бод;
мережу некомутованих дискретних каналів, призначену для надання каналів в оренду підрозділам та установам МВС, при необхідності регулярного передавання значних обсягів інформації, якщо комутовані мережі не задовольняють вимоги користувачів;
мережу доступу до станцій АТ/Тх загального користування (ДАТ/Тх).
У *телеграфному електрозв'язку* передача та прийом інформації здійснюється за допомогою, так званих, старт-стопних електромеханічних друкуючих апаратів.[10]

[10] У цих апаратах застосовується міжнародний телеграфний код, здійснюється передача інформації за допомогою електричних імпульсів. Сутність телеграфного коду полягає в тому, що кожному знаку (літері, цифрі) відповідає певна комбінація електричних імпульсів, що складається з п'яти струмкових і безструмкових посилок. П'ятизначний код може сформувати тільки 32 різноманітні комбінації. Тому, для передачі 78 комбінацій в телеграфних апаратах застосовуються переключення регістрів для зміни знаків одного і того ж самого коду (російський, латинський, цифровий). Телеграфні апарати можуть вести передачу в автоматичному режимі за допомогою трансмітерної приставки.

Факсимільний зв'язок – вид документального електрозв'язку, який забезпечує передачу на відстань усіх форм графічних, рукописних та друкованих матеріалів (ДСТУ 2619-94).
У ДСНС факсимільний електрозв'язок призначений для організації безпосередніх зв'язків між підрозділами з метою обміну документальними повідомленнями.
Для організації факсимільного зв'язку в ДСНС використовується комплексна телефонна мережа, на базі якої організується:
абонентський факсимільний зв'язок;
факсимільний зв'язок для приймання і передавання повідомлень в системі факсимільного зв'язку загального користування.
Факсимільний електрозв'язок для приймання і передавання повідомлень в системі факсимільного зв'язку загального користування призначений для організації безпосередніх зв'язків між підрозділами ДСНС, державними установами та іншими відомствами з метою обміну документальними повідомленнями.
Електронна пошта (E-mail) – система передачі даних за допомогою комп'ютерних засобів та технологій каналами мережі телефонного зв'язку.
Комп'ютерну систему збору та передачі інформації «Електронна пошта» впроваджено в діяльність ДСНС з метою підвищення оперативної взаємодії чергових частин ДСНС, удосконалення роботи підрозділів оперативного інформування і забезпечення документообігу з використанням сучасних засобів комп'ютерної техніки.
Електронна пошта є складовою частиною системи інформаційного забезпечення ДСНС і надає можливість організувати оперативний обмін документованою та графічною інформацією між підрозділами ДСНС України.[11]

2. Використання радіочастотного спектру в ДСНС

У *сфері радіочастотного спектра*:
взаємодія через радіочастотний орган ДСНС з Генеральним Штабом Збройних Сил України та Міністерством внутрішніх справ з питань щодо розподілу, виділення смуг радіочастот, присвоєння радіочастот радіоелектронним засобам, користування радіочастотним спектром України, електромагнітної сумісності;

[11] Комп'ютерна система збору та передачі інформації «Електронна пошта» функціонує на базі технології UUCP з використанням системних засобів захисту конфіденційності і власності інформації кожного абонента від проникнення до неї сторонніх осіб, наявність серверу доставки поштових повідомлень кожному зареєстрованому користувачеві мережі і отримання підтвердження про їх доставку, кодування інформації, що передається, та попередження абонента про неправильні дії при передачі даних. Використовуючи сучасну інформаційну технологію GPRS (General Packet Radio Service) в системі електронної пошти (E-mail), за рахунок пакетного режиму, досягається висока швидкість передачі даних до 170 кбіт/с. Це дозволяє використовувати систему GPRS для швидкого доступу в мережу Internet і WAP–ресурсам.

участь у розробленні спільно із заінтересованими центральними органами виконавчої влади Національної таблиці розподілу смуг радіочастот України, Плану використання радіочастотного ресурсу України, а також інших нормативно-правих актів України з питань використання радіочастотного спектра;
опрацювання та подання через радіочастотний орган ДСНС до Міністерства внутрішніх справ та Генерального Штабу Збройних Сил України заяв на виділення (присвоєння) радіочастот для радіоелектронних засобів, що заново розробляються (модернізуються), ввозяться з-за кордону та плануються до використання в інтересах ДСНС;
подання заяв через радіочастотний орган ДСНС щодо забезпечення електромагнітної сумісності для нових радіоелектронних засобів із зазначенням необхідності реєстрації у Міжнародному Союзі Електрозв'язку частотних присвоєнь та радіоелектронними засобами сторонніх організацій за умови їх розміщення на власних об'єктах.

3. Види та основні характеристики засобів радіозв'язку, які використовуються в ДСНС

Радіозв'язок – електронні комунікації, що здійснюються з використанням радіочастотного спектра.
Для передачі повідомлень за допомогою радіохвиль використовують системи радіозв'язку.

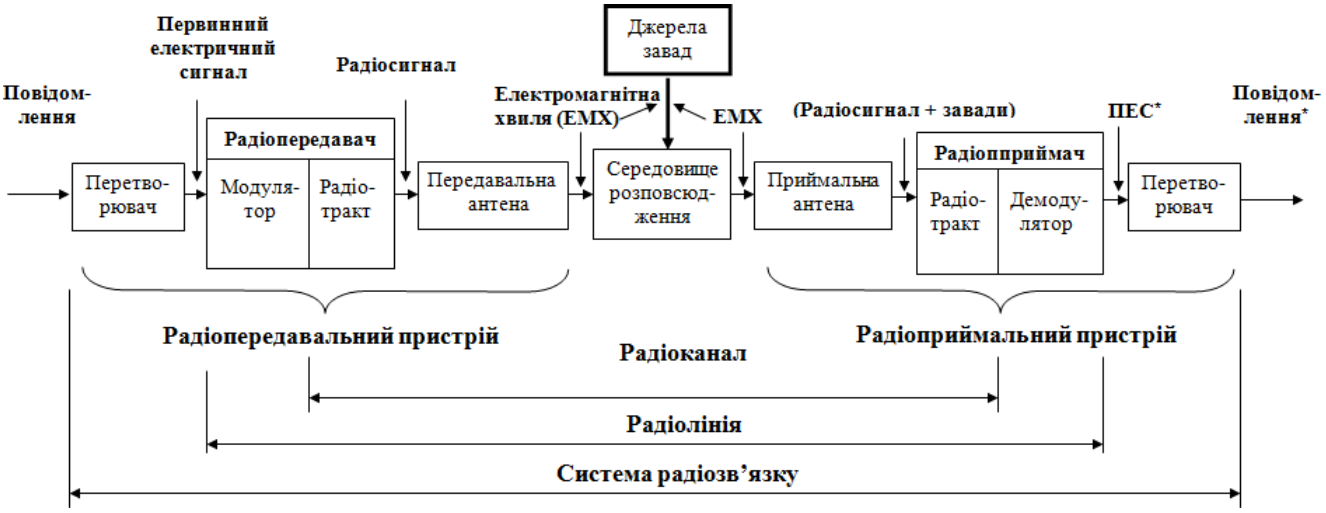


Рисунок 27 – Система радіозв'язку

Система радіозв'язку складається з радіопередавального і радіоприймального пристроїв, а також з середовища розповсюдження радіохвиль.
До *складу радіопередавального пристрою* входять:
перетворювач;

радіопередавач;
антена (антено-фідерна система).
Перетворювач перетворює повідомлення в первинний електричний сигнал (ПЕС), параметри якого (амплітуда, частота або фаза) змінюються по закону інформаційного параметра сигналу повідомлення.
Радіопередавач забезпечує перетворення первинного сигналу у високочастотний радіосигнал необхідної потужності. Радіосигнал формується модулятором і являє собою високочастотні коливання, один або декілька параметрів якого змінюються по закону зміни інформаційного параметра первинного сигналу. В радіотракті здійснюється підсилення сигналу до необхідного рівня потужності.
Антена перетворює високочастотні коливання сигналу в електромагнітні хвилі – радіохвилі.
В радіоприймальному пристрої здійснюється зворотне перетворення сигналу та його підсилення. Крім цього в радіоприймачі придушуються завади, які діють в антені від різних джерел.
На рис. 27 показано, з яких елементів складається *радіоканал* (канал радіозв'язку) і *радіолінія* (лінія радіозв'язку).
Радіолінія може бути *одноканальною* і *багатоканальною*. В останньому випадку радіопередавальний пристрій містить декілька перетворювачів повідомлень (кінцевих пристроїв), пристрій ущільнення сигналів, а в модуляторі формується багатоканальний (груповий) сигнал. В демодуляторі радіоприймального пристрою груповий сигнал розділюється на канальні сигнали, які подаються на канальні перетворювачі, тобто приймальні кінцеві пристрої.
Особливості радіоканалу
Навколишнє середовище впливає на характер розповсюдження радіохвиль (РХ). Цей вплив призводить до наступного:
ослаблення енергії РХ;
зміни швидкості та напрямку розповсюдження РХ; спотворення
переданих сигналів;
повороту площини поляризації РХ тощо.
Середовищем розповсюдження радіохвиль може бути (рис.30): земна
поверхня;
нижня (приземна) та верхня частини атмосфери, що називаються, відповідно, тропосферою та іоносферою;
космічне середовище.
Умови розповсюдження визначаються багатьма факторами, врахувати які в сукупності досить складно. Тому на практиці часто виділяють ті фактори, що мають вирішальне значення і нехтують іншими.
Електромагнітне поле р/хвиль, що випромінюються передавальною антеною, в точці прийому може утворитися внаслідок наступних фізичних процесів:
розповсюдження РХ в межах прямої видимості між передавальною та приймальною антенами (прямі хвилі);

дифракції РХ (огинання перешкод), в тому числі, і за лінію горизонту;

відбиття РХ від землі та інших перешкод на її поверхні, шарів іоносфери тощо.

Атмосфера Землі по різному пропускає РХ різної довжини (λ).

Електромагнітні коливання одних частот проходять через атмосферу майже без втрат, в той час, коли для коливань інших частот вона – непрозора.

Властивості каналу радіозв'язку визначаються в основному середовищем розповсюдження радіохвиль:

1) *канал радіозв'язку має велике затухання*, яке досягає 140…160 дБ (наприклад, при потужності сигналу в антені передавача 103 Вт на вході приймальної частини каналу потужність сигналу може дорівнювати величин порядку 10-11…10-13 Вт);

2) *затухання каналу радіозв'язку не є постійним*, а змінюється в широких межах – 100…160 дБ (в КХ діапазоні завмирання сигналуобумовлено зміною параметрів атмосфери та іоносфери, а також інтерференцією радіохвиль в точці прийому, а в УКХ діапазоні під час зв'язку рухомих абонентів затухання каналу може змінюватися внаслідок багатопроменевого розповсюдження, зміни відстані зв'язку та рельєфу місцевості тощо);

3) *канал радіозв'язку*, обмежений лише середовищем розповсюдження радіохвиль, є *фізично загальним для усіх діючих радіосистем*, а можливість їх одночасної роботи закладено в частотному розподілі сигналів, але неминучі взаємні завади, особливо у діапазоні КХ;

4) внаслідок недосконалості радіозасобів, які крім *основного* випромінюють і *небажані коливання*, що призводить до взаємних завад;

5) на якість радіозв'язку впливають також *завади природного* і *промислового походження*, які охоплюють значну частину радіочастотного діапазону.

Крім корисного сигналу на вході приймального пристрою завжди діють радіозавади, які погіршують якість радіозв'язку. В загальному випадку спотворений завадами сигнал можливо представити наступною функцією:

$$u(t) = f\ [v(t), n(t)]$$

де $v(t)$ – корисний сигнал на виході передавача;

$n(t)$ – завади.

За своєю дією радіозавади поділяють на адитивні (лінійний процес додавання сигналу і завади) і мультиплікативні (нелінійна взаємодія сигналу і завади). Така взаємодія може бути як на трасі розповсюдження РХ, так і в трактах засобів радіозв'язку.

Адитивні завади поділяють на флуктуаційні, імпульсні і синусоїдальні.

Флуктуаційні завади – це внутрішні шуми приймача, а також шуми середовища поширення сигналу (лінії зв'язку). Їх спектр зазвичай набагато ширше смуги пропускання приймача, тому флуктуаційну заваду часто розглядають як адитивний білий гаусівський шум (БГШ).

Імпульсні завади представляють собою неперіодичну послідовність одиночних радіоімпульсів різної форми. Вони створюються атмосферними та промисловими джерелами завад, а в окремих випадках і іншими системами зв`язку.
Синусоїдальними завадами є зосереджені по спектру завади, ширина спектра яких мала в порівнянні зі смугою пропускання приймача. Джерелами таких завад є станції навмисних завад, генератори високої частоти, радіостанції еталонних частот тощо. До синусоїдальних можна віднести і комбінаційні завади всередині самого приймача.
Види радіозв'язку
Системи радіозв'язку за особливостями механізму розповсюдження радіохвиль, побудови та використання поділяють на:
системи іоносферного радіозв'язку; системи
радіорелейного зв'язку; системи
тропосферного зв'язку; системи
супутникового зв'язку.
Мережі прямого радіозв'язку (без використання базових станцій) будуються в основному за двома принципами:
радіомережа (рис. 28, а) – декілька кореспондентів мають можливість зв'язку кожного з кожним;
радіонапрямок (рис. 28, б) – працюють лише два кореспонденти.

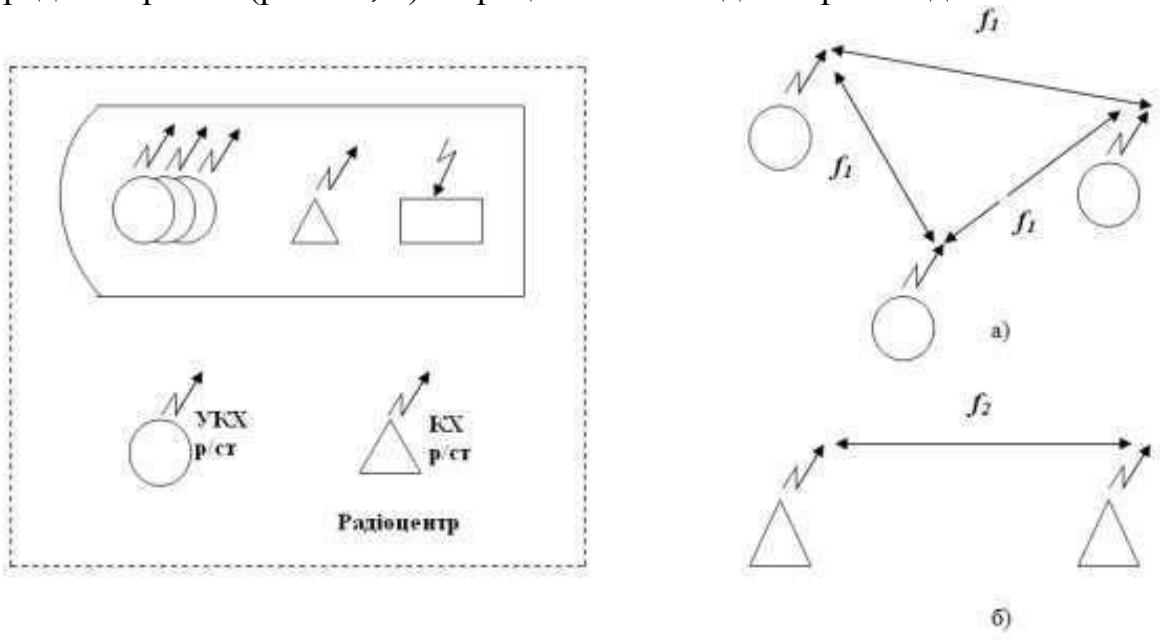


Рисунок 28 – Способи організації радіозв'язку

Зв'язок між кореспондентами може здійснюватися безпосередньо або через базову станцію.
Якщо для передачі та прийому радіосигналів в радіостанції використовується один фізичний канал і цей процес можливий тільки почергово, то така радіостанція називається *симплексною* (рис.29,а).

В *дуплексній* радіостанції двосторонній радіозв’язок (прийом-передача) можливий одночасно з використанням двох окремих фізичних каналів (рис. 29,б).

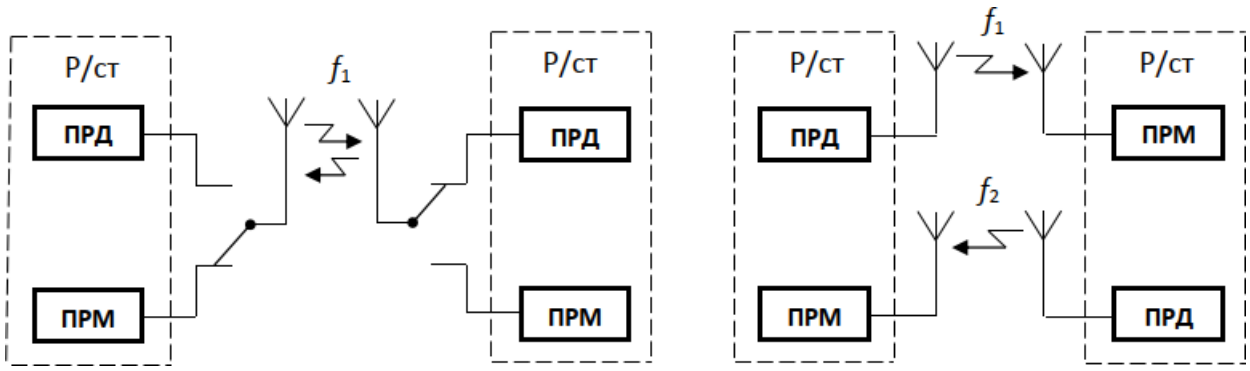


Рисунок 29 – Принцип роботи симплексних і дуплексних радіостанцій

У сучасних системи радіозв’язку передаються різноманітні повідомлення, використовуються різні принципи побудови, режими роботи, способи модуляції та кодування тощо. Відповідно вони можуть бути класифіковані за багатьма ознаками.
За *призначенням переданих повідомлень* розрізняють наступні типи радіосистем:
телефонні – призначені для передачі мови;
телеграфні – призначені для передачі тексту;
фототелеграфні (факсимільні) – призначені для передачі нерухомих зображень;
телевізійні – призначені для передачі зображень;
радіомовні – призначені для передачі програм радіомовлення; телеметричні – призначені для передачі вимірювальної інформації; системи телеуправління, призначені для передачі команд управління;
системи передачі даних – призначені для обслуговування автоматизованих систем управління тощо.
Діапазони радіочастот
Електричні сигнали, які безпосередньо відображають повідомлення є низькочастотними. Такі сигнали в радіозв’язку називають первинними електричними сигналами (ПЕС), наприклад, для передачі мовного повідомлення сигнал обмежують спектром 0,3…3,4 кГц.
Передавати сигнали низьких частот безпосередньо можна тільки по проводовим лініям зв'язку. Такі сигнали не можуть ефективно випромінюватися у вільний простір, що обумовлено:
необхідністю частотного розподілу каналів для різних абонентів;
потребою великих розмірів передавальних і приймальних антен (розміри антен залежать від довжини хвилі випромінювання (λ));
наявністю промислових завад в низькочастотному діапазоні тощо.

Для передачі інформації без проводів використовують спеціальні електричні коливання, які називаються *несівними*. Несівні коливання не містять інформації, але добре випромінюються і поширюються у вільному просторі. Тому за їх допомогою інформація, що представлена в первинному сигналі, переноситься у вільному просторі:

$$U(t) = U_m (\cos \omega t + \varphi)$$

Інформація закладається в один (або декілька) із параметрів несівного коливання: амплітуду (Um), частоту (ω) або фазу (φ), які змінюються по закону первинного сигналу. Це визначається *методом модуляції*.

Електричні коливання в системах радіозв'язку передаються у вільному просторі за допомогою електромагнітних коливань у певному діапазоні частот. Взагалі для радіозв'язку використовується спектр частот від $3 \cdot 10^3$ до $3 \cdot 10^{12}$ Гц, який називається областю радіочастот або *радіочастотним спектром* (РЧС).

Р*адіохвилі* – це електромагнітні хвилі, частоти яких нижчі за 3000 ГГц, що поширюються у просторі без штучного хвилеводу.

Вся область радіочастот поділяється на діапазони таким чином, що властивості розповсюдження радіохвиль в межах одного діапазону практично однакові.

Таблиця Радіочастотні діапазони

Умовн. № діапазону	Назва хвиль/частот	Довжина хвиль *(λ)*, м	Частота *(f)*	Приклади використання
7	Декаметрові або короткі хвилі (КХ) –SW/ високі частоти (ВЧ) – HF	10-100	(3-30) МГц	Радіозв'язок на трасах великої протяжності, радіомовлення
8	Метрові хвилі (МХ)/ дуже високі частоти (ДВЧ) – VHF	1-10	(30-300) МГц	Професійний радіозв'язок, транкінговий зв'язок
9	Дециметрові хвилі (ДМХ)/ ультрависокі частоти (УВЧ) – UHF	0,1-1	(300-3000) МГц	Радіорелейний, тропосферний та стільниковий зв'язок, професійний радіозв'язок

Вибір діапазону радіочастот для зв'язку залежить від ряду факторів: призначення радіосистеми;
довжини траси (дальності) зв'язку; канальної
ємності;
вимог до якості передачі інформації, економічних витрат на зв'язок тощо.

Передача інформації за допомогою електромагнітних хвиль використовується в радіосистемах різного призначення:
професійних системах радіозв'язку; радіомовленні та
телебаченні;
в системах радіорелейного, тропосферного і космічного зв'язку;

в системах стільникового зв’язку;
в системах безпроводової передачі даних тощо.
Основними особливостями радіозв’язку є:
висока мобільність;
швидке розгортання та встановлення зв’язку; достатньо
висока надійність.

4. Особливості використання декаметрових (коротких) хвиль в радіозв’язку

У декаметровому діапазоні радіозв’язок може здійснюватися іоносферною (просторовою) та земною (поверхневою) хвилями (рис. 1.6).
Зв’язок іоносферною хвилею є основним для цього діапазону, він може здійснюватися на дуже великі відстані (2000 км та більше) при відносно невеликій потужності передавачів. Значні відстані зв’язку досягаються за рахунок відбиття радіохвиль від іоносфери (в основному від шару F2). Нижні шари іоносфери для КХ є поглинаючими.
Радіохвилі, що поширюються в безпосередній близькості від земної поверхні та частково її огинають внаслідок дифракції, називаються поверхневими або земними. Поверхневі хвилі при розповсюдженні зазнають поглинання Землею, будовами, лісовими масивами й таке інше, яке тим більше, чим вище частота радіохвиль. Земні хвилі в цьому діапазоні швидко загасають і дальність зв’язку, як правило, не перевищує 100…150 км.

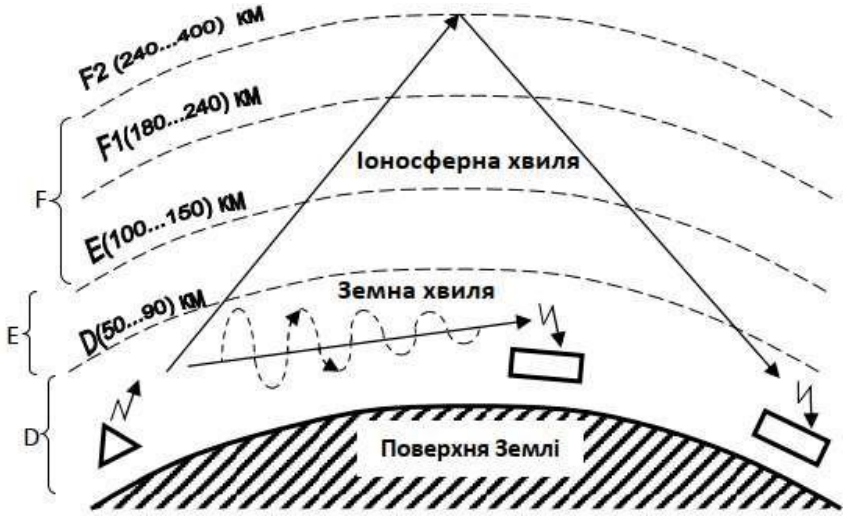


Рисунок 30 – Розповсюдження коротких хвиль (D, E, F – шари іоносфери)

Радіохвилі, що поширюються в безпосередній близькості від земної поверхні та частково її огинають внаслідок дифракції, називаються поверхневими або земними. Поверхневі хвилі при розповсюдженні зазнають поглинання Землею, будовами, лісовими масивами й таке інше, яке тим більше, чим вище

частота радіохвиль. Земні хвилі в цьому діапазоні швидко загасають і дальність зв'язку, як правило, не перевищує 100…150 км.
З ростом частоти поглинання енергії просторових хвиль в іоносфері зменшується.
Просторові радіохвилі, що поширюються під нахилом до поверхні Землі, доходять до шарів іоносфери, у яких відбувається їхнє плавне переломлення – *рефракція.*
Можливість повернення радіохвиль до Землі залежить від їхньої частоти (*f*) та кута випромінювання. Чим менше кут випромінювання і чим менше частота просторових хвиль, тем легше виконуються умови для їхнього повернення на Землю. Отже :
завдяки іоносферному розповсюдженню радіохвилі діапазону КХ передаються на великі відстані;
діапазон робочих частот залежить від стану іоносфери, яка в свою чергу залежить від пори року та часу доби;
швидкі та повільні завмирання, взаємні станційні завади суттєво знижують надійність КХ радіозв'язку;
діапазон КХ має обмежений частотний ресурс.

5. Особливості використання ультракоротких хвиль (УКХ) в радіозв'язку

Ультракороткі хвилі (УКХ) відбиваються від шарів іоносфери нерегулярно, тому зв'язок між наземними об'єктами можливий лише земними хвилями, які сильно поглинаються земною поверхнею. З ростом частоти ступень поглинання збільшується, але при цьому підвищується ефективність антен, за рахунок чого в значній мірі компенсується збільшення втрат радіосигналу.
Властивість дифракції проявляється слабо, а дальність зв'язку земною хвилею (радіогоризонт) незначно перевищує дальність прямої видимості між передавальною і приймальною антенами та з урахуванням рефракції визначається наступним виразом:

$$R = 4{,}12\ (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2})$$

де h_1 і h_1– висоти підвісу передавальної та приймальної антен відповідно.
Радіогоризонт визначає *максимальну теоретичну дальність радіозв'язку в діапазоні УКХ,* яка на практиці залежить від багатьох факторів: технічних характеристик радіообладнання;
типу антен;
діапазону робочих частот; електромагнітної
обстановки в регіоні; рельєфу місцевості тощо.
Значний вплив на радіозв'язок оказують нерівності рельєфу місцевості та наявність споруд та інших перешкод, які викликають послаблення поля хвилі

радіосигналу та є причиною виникнення ряду променів, що інтерферують (накладаються) в точці прийому. Це явище називається багатопроменевим розповсюдженням. При зв'язку між об'єктами, які рухаються, це призводить до додаткових завмирань сигналу.

Широке використання УКХ для радіозв'язку обумовлено наступними властивостями цього діапазону:

велика частотна ємність ($\Delta F_{мх}$ = 270 МГц та $\Delta F_{дмх}$ = 2700 МГц), яка забезпечує одночасну роботу значної кількості радіозасобів;

невелика дальність взаємних завад внаслідок розповсюдження земними хвилями, що дає можливість повторного використання робочих частот в різних радіосистемах, які знаходяться на відповідних відстанях одна від одної;

можливість використання не великих за розміром і разом з тим високоефективних мобільних антен;

слабка залежність радіозв'язку від стану іоносфери, часу і доби, та метеорологічних умов;

постійність параметрів радіоканалу.

Радіозв'язок, як процес передачі інформації, повинен відповідати вимогам, які визначають якість радіозв'язку, по:

вірогідності (достовірність);

своєчасності;

скритності (прихованості) передачі повідомлень (використовують для спеціального зв'язку).

Вірогідність передачі повідомлення взагалі оцінюється мірою вірності його відтворювання на виході кінцевого приймального пристрою.

Під *вірогідністю (достовірністю) радіозв'язку* можна розглядати точність відтворювання первинних електричних сигналів на виході радіоканалу (радіолінії).

Достовірність передачі інформації характеризує ступінь відповідності прийнятих повідомлень переданим.

Підвищення вірогідності радіозв'язку досягається за рахунок використання:

завадостійкого кодування;

видів модуляції з підвищеною завадостійкістю; зворотного

каналу;

спеціальних способів обробки сигналів тощо.

Для різних видів сигналів існують різні критерії вірогідності.

Своєчасність передачі повідомлень – це час знаходження (перебування) повідомлення в системі зв'язку від моменту відправлення його на передачу до моменту вручення адресату. Реальний час перебування повідомлень в системі зв'язку складається з ряду операцій, таких як:

доставка повідомлень; їх обробка (кодування, декодування); час

чекання передачі;

час передачі по радіоканалу.

Прихованість (скритність) спеціального радіозв'язку характеризує його здібність приховати (скрити) самий факт передачі інформації. Кількісною мірою прихованості (скритності) радіозв'язку є час, який необхідний для його розкриття. Важливою характеристикою радіозв'язку є *дальність зв'язку*, яка залежить від:
характеристик радіообладнання (потужності передавача, чутливості приймача, характеристик антен, висоти підвісу антен (для діапазону УКХ) тощо);
діапазону радіочастот, що застосовується;
методу обробки сигналу;
рельєфу місцевості та характеру його забудови;
електромагнітної обстановки, в тому числі – завантаження діапазону частот та наявності радіозавад, промислових завад тощо.

6. Основи побудови радіопередавальних пристроїв

Для передачі сигналів по радіолінії потрібен радіопередавальний пристрій, який є сукупністю технічних засобів, що знаходяться між джерелом повідомлення та середовищем розповсюдження радіохвиль (
Радіопередавальний пристрій включає наступні елементи: перетворювач повідомлення (перетворює повідомлення в ПЕС); радіопередавач (перетворює ПЕС в радіосигнал);
АФП (перетворює радіосигнал в радіохвилі).

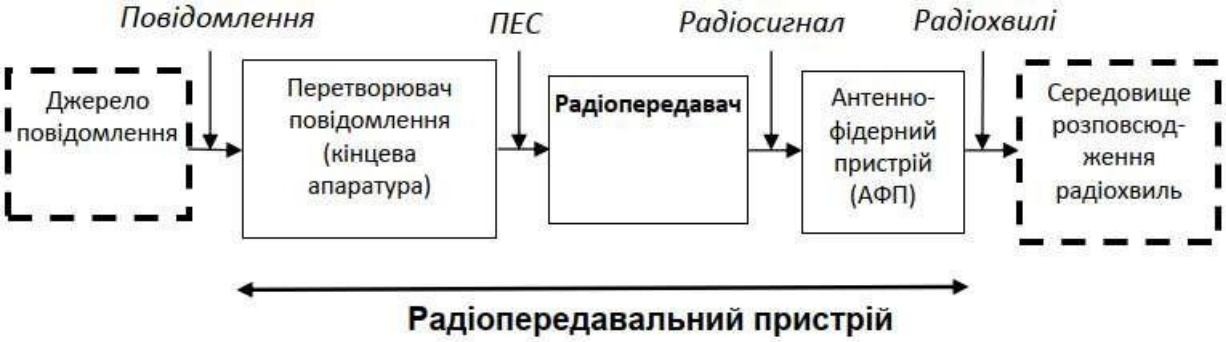


Рисунок 31 – Структура радіопередавального пристрою

Перетворювач повідомлення (передавальна частина кінцевої апаратури) перетворює повідомлення в первинний електричний сигнал.
Пристрої, що виконують вказані перетворення – мікрофон, телефонний апарат, телеграфний ключ, телеграфний апарат тощо.
Радіопередавачем називається радіотехнічний пристрій, що перетворює первинні електричні сигнали в радіосигнали певної потужності, необхідної для забезпечення радіозв'язку на заданій відстані з необхідною якістю.
Функції радіопередавача:

модуляцію несівної сигналом, який містить дані для передачі (перетворення ПЕС в сигнал необхідного виду випромінювання);
формування необхідного частотного діапазону для передачі радіосигналу;
підсилення радіосигналу до необхідної потужності.

Антенно-фідерний пристрій (антена) забезпечує передачу сформованих радіопередавачем сигналів в антену з послідуючим випромінюванням цих сигналів в навколишнє середовище.

Основні характеристики радіопередавачів поділяють на три групи: за ціллю та областю застосування;
за пристосовністю до експлуатації;
за раціональністю техніко-економічних рішень. В *першу групу* входять:
діапазон робочих частот;
потужність передавача;
види сигналів (класи випромінювання); нестабільність частоти;
ступінь ослаблення неосновних випромінювань; час перебудови з однієї частоти на іншу;
антени, що застосовуються джерела первинного електроживлення, промисловий ККД;
термін безперервної роботи; маса та габарити.

Другу групу складають:
показники надійності (безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність, економічність);
ергономічні показники (наприклад, показники пристосованості до існування персоналу в обмеженому просторі, показники технічної естетикита ін.);
показники зручності технічного обслуговування, ремонту та збереження; показники транспортабельності;
показники безпеки персоналу;
показники стійкості до впливу зовнішніх факторів тощо.

Третю групу складають показники, що характеризують рівень стандартизації та проектної уніфікації виробу (ступінь насиченості виробу стандартними елементами).

Діапазон робочих частот – це смуга частот, в межах якої здійснюється робота радіостанції ($f_{мін}$ ..... $f_{макс}$).

На вибір діапазону робочих частот радіостанцій впливають:
реальна зайнятість ділянок радіочастотного спектру спеціальними службами;
ширина смуги частот радіосигналу; необхідна кількістю робочих частот;
ефективність антенних пристроїв та їх габарити;
дальністю радіозв’язку.

7. Види та основні принципи організації радіозв'язку в ДСНС

7.1. Основні завданнями служби зв'язку ДСНС:

у режимі повсякденного функціонування:

підготовка та здійснення контролю за готовністю підрозділів служби до дій за призначенням, їх забезпечення;

організація проведення навчання фахівців, які входять до складу спеціалізованої служби;

підтримання в готовності техніки і майна спеціального призначення для виконання завдань, покладених на спеціалізовану службу в мирний час та особливий період;

організація надійного зв'язку з центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами управління та силами цивільного захисту;

організація та здійснення заходів щодо контролю готовності автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС(НП);

у режимі підвищеної готовності:

здійснення заходів щодо контролю підтримання в готовності автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС (НП) для забезпечення оповіщення центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів управління та сил цивільного захисту, а також координація діяльності із забезпечення інформування населення про загрозу виникнення НС(НП) та дії в умовах такої ситуації; приведення в готовність спеціалізованої служби, залучення в разі потреби додаткових сил і засобів;

організація надійного зв'язку з центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами управління та силами цивільного захисту;

у режимі НС (НП):

здійснення заходів щодо контролю підтримання в готовності автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС (НП) для забезпечення оповіщення центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів управління та сил цивільного захисту, а також координація діяльності із забезпечення інформування населення про загрозу виникнення НС (НП) та дії в умовах такої ситуації; приведення в готовність спеціалізованої служби, залучення в разі потреби додаткових сил і засобів;

здійснення заходів з переведення спеціалізованої служби до функціонування в умовах НС (НП);

підготовка пропозицій щодо проведення спеціальних робіт і заходів з цивільного захисту за напрямом галузевого спрямування діяльності спеціалізованої служби та їх забезпечення під час ліквідації наслідків НС (НП) і управління підрозділами спеціалізованої служби, що залучаються до таких робіт та заходів;

організація взаємодії з органами управління та силами цивільного захисту функціональних і територіальних підсистем, їх ланок, які залучаються до ліквідації наслідків НС (НП);

організація надійного зв'язку з центральними та місцевими органами виконавчої влади, органами управління та силами цивільного захисту.

7.2. Організація зв'язку у підрозділах ДСНС

Для забезпечення управління створюється відомча система зв'язку, яка представляє собою сполучення систем зв'язку ДСНС України, органів і підрозділів ОРС ЦЗ, спеціалізованих формувань та аварійно-рятувальних загонів ОРС ЦЗ.

Система зв'язку будується завчасно. У період приведення ОРС ЦЗ в готовність до дій за призначенням вона нарощується за рахунок сил, засобів та додаткових каналів зв'язку органів і підрозділів ОРС ЦЗ та підрозділів провайдерів та операторів телекомунікацій, які забезпечують надання каналів та послуг в сфері телекомунікацій.

Зв'язок організовується згідно з рішенням начальника органу та підрозділу ЦЗ, розпорядженням вищестоящого органу по зв'язку, виходячи з наявності та стану сил і засобів зв'язку.

Організація зв'язку визначається схемою та планом, які затверджені керівником територіального підрозділу. Відповідальним за зв'язок є начальник управління територіального органу та підрозділу ЦЗ, а безпосередня організація та забезпечення зв'язку покладається на начальника відділу зв'язку, оповіщення та АСУ (телекомунікаційних систем та інформаційних технологій) відповідного територіального органу ЦЗ.

Зв'язок начальника органу та підрозділу ЦЗ з підлеглими організовується силами та засобами зв'язку даної ланки управління. Відповідальність за зв'язок з підлеглими покладається на вищестоящий орган. При втраті зв'язку з підлеглими вищий та підпорядкованій органи зобов'язані вжити заходів до його негайного відновлення.

У різних умовах обстановки всі начальники відповідних органів ЦЗ зобов'язані мати при собі засоби, що дозволяють забезпечувати зв'язок із старшим начальником, з підлеглими, із своїм та взаємодіючим органом і вміти особисто вести переговори за допомогою цих засобів зв'язку.

На території України зв'язок з підлеглими органами та підрозділами ЦЗ встановлюється: радіо, супутниковими, радіорелейними, проводовими та рухомими – засобами вищого та підпорядкованих органів.

Залежно від потреб, зв'язок з підлеглими органами та підрозділами забезпечується через одну та більше інстанцій.

Зв'язок територіальних управлінь ЦЗ з аварійно-рятувальними підрозділами та формуваннями сил встановлюється:

радіо (стаціонарними та рухомими засобами) – засобами кожного; проводовий – по загальнодержавній мережі зв'язку та польовими засобами

управлінь, аварійно-рятувальних підрозділів та формувань сил ЦЗ.

Зв'язок між взаємодіючими органами управління встановлюється за вказівками начальника територіального органу та підрозділу ЦЗ, який організовує взаємодію, а при відсутності таких вказівок – за узгодженням взаємодіючих

органів. Зв'язок взаємодії органів та підрозділів ЦЗ із штабами військових гарнізонів, військкоматів організовується: радіо, проводовими та рухомими засобами.
Зв'язок взаємодії органів та підрозділів ЦЗ з ПУ військ ЗС України організовується: радіо, проводовими та рухомими засобами – засобами кожного.
Основним видом зв'язку під час проведення аварійно-рятувальних та інших невідкладних робіт є радіозв'язок в ультракороткохвильовому та короткохвильовому діапазонах, який встановлюється відповідно до схеми організації зв'язку. Радіозв'язок повинен знаходитись у постійній готовності до негайної передачі команд і повідомлень.
Проводовий зв'язок використовується для нарощування системи зв'язку, під час проведення довготривалих рятувальних та інших невідкладних робіт. Він організовується з урахуванням можливості використання існуючих ліній зв'язку, що забезпечують функціонування засобів телекомунікації.
Мережі операторів рухомого (мобільного) зв'язку використовуються як допоміжні (альтернативні) канали і застосовуються в усіх видах дій підрозділу, а також під час руху та розташування на місці.
Мережі супутникового зв'язку використовуються у разі відсутності доступу до мережі операторів фіксованого, рухомого (мобільного) зв'язку або їх руйнування.
Зв'язок з підпорядкованими органами управління та підрозділами організовується вищестоящим органом управління відповідно до рішення його керівника, однак при порушенні зв'язку всі органи управління та підрозділи зобов'язані вжити вичерпних заходів щодо його відновлення.
Організовує та відповідає за стан зв'язку перший заступник керівника органу управління (підрозділу). Безпосередньо за своєчасну організацію і сталу роботу зв'язку відповідає начальник підрозділу зв'язку.
Зв'язок між взаємодіючими підрозділами і формуваннями встановлюється засобами кожного з них.

7.3. Організація зв'язку при взаємодії з органами управління інших міністерств, відомств і служб

Взаємодія з органами управління, силами і засобами територіальних органів ДСНС України та іншими спеціалізованими формуваннями Єдиної Державної системи цивільного захисту (ЄДСЦЗ), здійснюється відповідно до інструкцій взаємодії затверджених спільними наказами.

7.4. Організація зв'язку при ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій

Основним видом зв'язку при ліквідації наслідків НС (НП) є радіозв'язок. Зв'язок організовується за рішенням керівника органу управління (підрозділу) ОРС ЦЗ відповідно до схеми організації зв'язку.
За рішенням керівника ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій залучається спеціалізована служба зв'язку ЄДСЦЗ.

Залежно від рівня НС (НП) визначаються необхідні технічні засоби телекомунікацій, які доповнюють діючі системи зв'язку ДСНС рухомими (мобільними) засобами, що дозволяють забезпечити управління підрозділами на марші та безпосередньо в зоні НС (НП).

Під час визначення масштабів НС (НП), за потреби розгортання ППУ з метою забезпечення ефективного управління силами та засобами, залученими до ліквідації наслідків НС (НП), і своєчасного інформування керівництва, залучаються додаткові технічні засоби зв'язку.

Мережі операторів рухомого (мобільного) зв'язку застосовуються за умови його наявності.

На місці ліквідації НС (НП) організовується радіомережа керівника органу управління (підрозділу) ОРС ЦЗ у складі радіостанції керівника органу управління (підрозділу) – головна радіостанція та начальників підпорядкованих, приданих та взаємодіючих підрозділів – кореспонденти радіомережі.

7.5. Особливості організації зв'язку при застосуванні морських (річкових) суден та проведенні підводних робіт

Організація зв'язку й взаємодії по пошуку й порятунку людей, що терплять лихо на морі й водних басейнах України, здійснюється на підставі Плану взаємодії органів управління і сил, які залучаються до реагування на надзвичайні ситуації державного рівня на водних об'єктах, у якому визначається порядок організація управління, зв'язку, оповіщення і взаємодії.

Безпосередньо у проведенні пошуково-рятувальних операцій на морі й водних басейнах беруть участь пошуково-рятувальні підрозділи, спеціалізовані пошуково-рятувальні морські і повітряні судна (пошуково-рятувальні одиниці), виділені учасниками взаємодії, а також інші морські і повітряні судна, що знаходяться в районі або поблизу району лиха, що діють як самостійно, так і спільно один з одним.

Екіпаж пошуково-рятувального повітряного судна по радіо, а за відсутності радіозв'язку – за допомогою встановлених візуальних сигналів здійснює спрямування кораблів та малих (маломірних) суден у зону НС (НП).

Зв'язок при проведенні підводних робіт організовується підрозділами водолазно-рятувальних робіт, що виконують аварійно-рятувальні підводні роботи. Для зв'язку керівника робіт із ліквідації наслідків НС (НП)з рятувальниками, що працюють під водою, використовуються засоби телефонного й гідроакустичного зв'язку.

7.6. Особливості організації зв'язку під час проведення рятувальних робіт з ліквідації надзвичайних ситуацій в гірських районах

Основу організації зв'язку в гірських районах становить радіозв'язок.

Виходячи з умов обстановки, засоби радіозв'язку доцільно встановлювати на вершинах пагорбів і схилів, використовувати ретранслятори радіозв'язку, розміщені так само на вершинах. При виборі місця розгортання радіо- й радіорелейних станцій враховувати можливість обвалів, утвору лавин, селевих

потоків та ін. Розміщення засобів радіозв'язку в районах, які можуть бути затоплені при розливі рік, і в місцях гірських водойм, що висохли, не допускається.

7.7. Організація зв'язку при застосуванні авіації

Управління повітряними суднами, що здійснюють ліквідацію наслідків НС (НП), здійснюється керівником з ліквідації наслідків НС (НП)через координатора дій авіації з використанням УКХ радіостанції авіаційного діапазону.

7.8. Організація зв'язку в метрополітенах і підземних об'єктах

Для забезпечення зв'язку в підземних спорудах, в умовах не проходження радіохвиль, використовується телефонна мережа зв'язку об'єкта, УКХ радіозв'язок з використанням ретрансляторів зв'язку, гучномовний зв'язок, й гірничорятувальне обладнання зв'язку.

Підрозділ ОРС ЦЗ ДСНС в зоні НС(НП) організовує прямий проводовий зв'язок між штабом з ліквідації наслідків НС(НП)і місцем проведення аварійно-рятувальних робіт, радіозв'язок з використанням ретрансляторів. За необхідністю зв'язок з місцем НС (НП) може забезпечуватися з використанням засобів мобільного зв'язку. Для організації взаємодії між пожежними-рятувальниками та рятувальниками в зоні НС (НП) використовуються індивідуальні засоби радіозв'язку в комплексі із портативними ретрансляторами.

7.9. Відновлення зв'язку і готовності підрозділів зв'язку

Начальник служби зв'язку залучає всі необхідні сили та засоби на відновлення зв'язку, а також звертається до центру управління телекомунікаційними мережами.

8. Цифровий транкінговий радіозв'язок

8.1. Загальні відомості та класифікація систем

Системи професійного радіозв'язку можна умовно поділити на:

конвенційні системи (англ.conventional – звичайний, традиційний) – радіосистеми, які не потребують управління ресурсами, сигналізацію та координацію, а абоненти/групи закріпляються за тим або іншим радіоканалом системи;

транкінгові системи.

У першому випадку базова станція (якщо вона застосовується) виконує функцію ретранслятора (репітера) для збільшення зони покриття системи, а в другому випадку базова станція є обов'язковим елементом, що координує роботу всієї системи. Конвенціональні системи ефективні при малій кількості абонентів або малому навантаженні в мережі.

Транкінговими системами називаються радіально-зонові системи рухомого УКХ – радіозв'язку, що здійснюють автоматичний динамічний розподіл каналів базових станцій (ретрансляторів) між абонентами.
«Транкінг» – групоутворення, «об'єднання в пучок. Ця концепція передбачає надання доступу в мережі багатьом абонентам за допомогою виділення на сеанс зв'язку вільних ліній (каналів) із наявного набору замість закріплення їх індивідуально.
Транкінгові системи відносяться до професійних систем мобільного радіозв'язку (PAMR). Вони є класом систем рухомого зв'язку, орієнтованим, насамперед, на створення різних відомчих і корпоративних мереж зв'язку, в яких передбачається активне застосування режиму зв'язку абонентів у групі. Транкінгові системи широко використовуються силовими і правоохоронними структурами, службами безпеки, транспортними й енергетичними компаніями різних країн для забезпечення зв'язку рухомих абонентів між собою, зі стаціонарними абонентами й абонентами телефонної мережі загального користування.

8.2. Класифікація транкінгових систем

Існує велика кількість різних стандартів транкінгових систем рухомого радіозв'язку загального користування (СРР-ЗК), що відрізняються один від одного методом передачі мовної інформації, типом багатостанційного доступу, способом пошуку і призначенням каналу, типом каналу керування та іншими характеристиками.
Для класифікації транкінгових систем зв'язку використовують такі ознаки:
За *методом передачі мовної* інформації транкінгові системи підрозділяються на аналогові і цифрові. Передача мови в радіоканалі аналогових систем здійснюється з використанням частотної модуляції, а крок сітки частот звичайно складає 12,5 кГц або 25 кГц.
Для передачі мови в цифрових системах використовуються різні типи вокодерів, що перетворюють аналоговий мовний сигнал у цифровий потік зі швидкістю не більше 4,8 Кбіт/с.
У переважній більшості транкінгових систем, включаючи і цифрові системи, використовується *багатостанційний доступ з частотним розподілом* (FDMA). Для цих систем справедливе співвідношення «одна несуча – один канал». В системах стандарту TETRA використовується багатостанційний доступ з часовим розподілом (TDMA).
За *способом пошуку і призначенням каналу* розрізняють системи з децентралізованим і централізованим керуванням.
У системах з децентралізованим керуванням процедуру пошуку вільного каналу виконують абонентські радіостанції. У цих системах ретранслятори базової станції звичайно не зв'язані один з одним і працюють незалежно. Особливістю систем з децентралізованим керуванням є відносно великий час встановлення з'єднання між абонентами, що зростає зі збільшенням числа ретрансляторів. Така залежність викликана тим, що абонентські радіостанції

змушені безупинно послідовно сканувати канали в пошуках сигналу виклику (останній може надійти від будь-якого ретранслятора) чи вільного каналу (якщо абонент сам посилає виклик). Найбільш характерними представниками даного класу є системи протоколу SmarTrunk.

У системах з централізованим керуванням пошук і призначення вільного каналу реалізується на базовій станції. Для забезпечення нормального функціонування таких систем організуються канали двох типів:

робочі;

канал керування.

Усі запити на надання зв'язку направляються по каналу керування. По цьому ж каналу базова станція сповіщає абонентські пристрої про призначення робочого каналу, відхилення запиту, або про постановку запиту в чергу.

В усіх транкінгових системах *тип каналів керування* є цифровими.

Розрізняють системи з виділеним частотним каналом керування і системи з розподіленим каналом керування. У системах першого типу передача даних у каналі керування здійснюється зі швидкістю до 9,6 кбіт/с, а для вирішення конфліктів використовуються протоколи типу ALOHA. Виділений канал керування мають усі транкінгові системи протоколу MPT1327, системи фірми Motorola, система EDACS фірми Ericsson та деякі інші.

У системах з розподіленим каналом керування інформація про стан системи і викликів, що поступають, розподілена між низькошвидкісними субканалами передачі даних, сумісними з усіма робочими каналами.

Таким чином, у кожному частотному каналі системи передається не тільки мова, але і дані каналу керування. Для організації такого парціального каналу в аналогових системах звичайно використовується субтональний діапазон частот 0...300 Гц. Найбільш характерними представниками даного класу є системи протоколу LTR.

Транкінгові системи дозволяють абонентам *утримувати канал зв'язку* протягом усієї розмови чи тільки на час передачі. Перший спосіб, називають також транкінгом повідомлень, найбільш традиційний для систем зв'язку і обов'язково використовується у всіх випадках застосування дуплексного зв'язку чи з'єднання з ТфЗК.

Спосіб, що передбачає утримання каналу тільки на час передачі, називається *транкінгом передач*. Він може бути реалізований тільки при використанні напівдуплексних радіостанцій. В останніх передавач включається тільки на час проголошення абонентом фраз розмови. У паузах між закінченням фраз одного абонента і початком відповідних фраз другого абонента передавачі обох радіостанцій виключені. Деякі транкінгові системи ефективно використовують такі паузи, звільняючи робочий канал негайно після закінчення роботи передавача абонентської радіостанції.

Для відповідної репліки призначення робочого каналу буде зроблено заново, при цьому репліки тієї самої розмови будуть, швидше за все, передаватися по різних каналах. Платою за деяке підвищення ефективності використання системи в цілому при застосуванні транкінга передач служить зниження

комфортності переговорів, особливо в години високого навантаження. Робочі канали для продовження початої розмови в такі періоди будуть надаватися з затримкою, що досягає декількох секунд, що приведе до фрагментарності і роздробленості розмови.
У залежності від кількості базових станцій і загальної архітектури розрізняють *однозонові і багатозонові системи*. Перші обладнуються лише однією базовою станцією, другі – декількома БС із можливістю роумінгу
Базові станції в транкінгових системах можуть поєднуватися за допомогою *єдиного комутатора* (системи з централізованою комутацією), а також з'єднуватися один з одним безпосередньо чи через *мережі загального користування* (системи з розподіленою комутацією).
Абонентські станції можуть працювати у дуплексі (одночасний прийом та передача), або у напівдуплексі (для передачі та прийому використовують різні канали, але одночасний прийом та передача не можливі) (рис. 32).

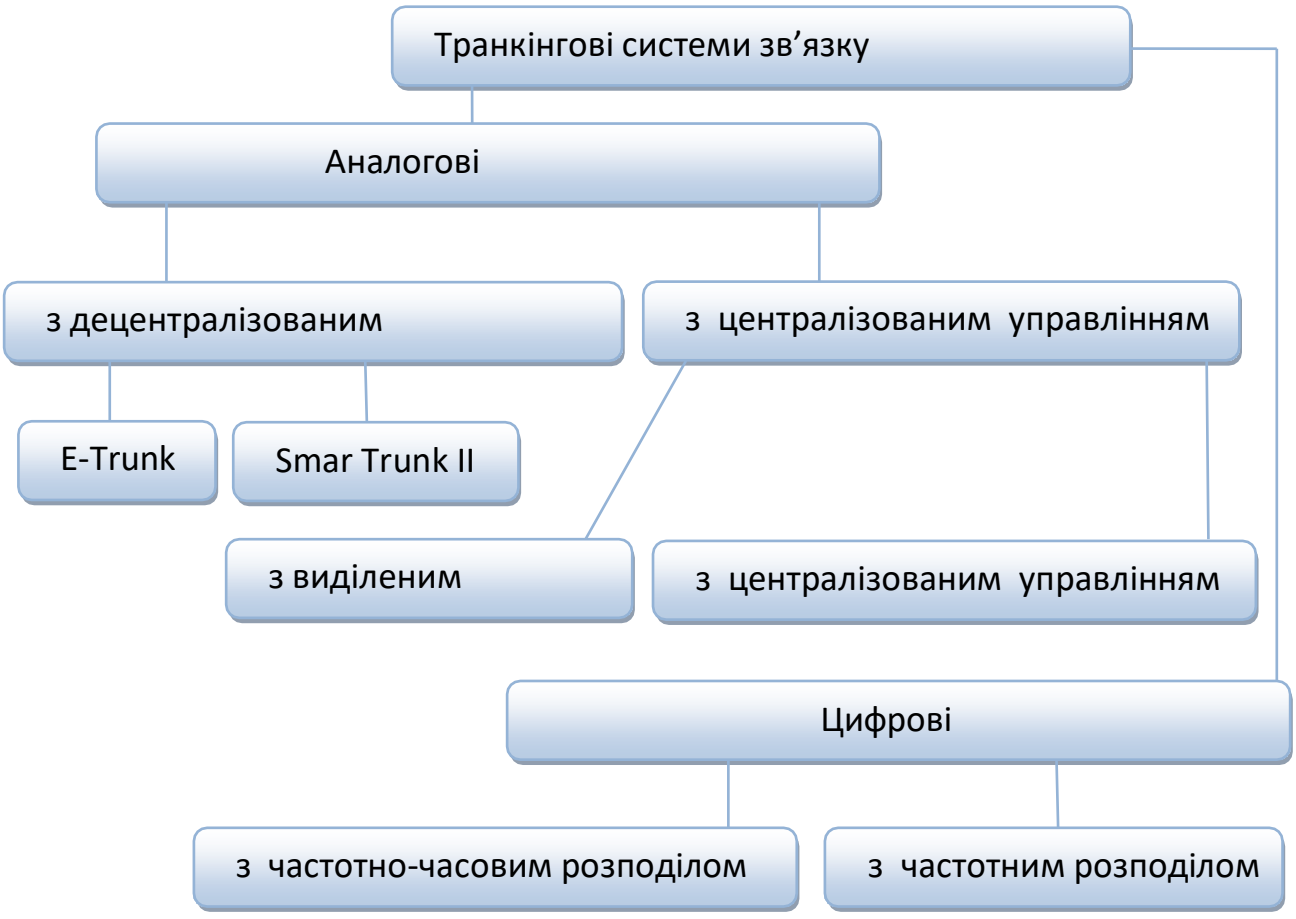


Рисунок 32 – Транкінгові системи зв'язку

8.3. Архітектура транкінгових систем

Інфраструктура транкінгової системи представлена базовою станцією (БС), до складу якої, крім радіочастотного обладнання (ретрансляторів, пристроїв

об'єднання радіосигналів, антен), входять також комутатор, пристрій керування (контролер) та інтерфейси різних зовнішніх мереж.

Ретранслятор – набір прийомопередавального обладнання, яке обслуговує одну пару несучих частот.

Антени. Найважливіший принцип побудови транкінгових систем полягає в тому, щоб створювати зони радіопокриття настільки великими, наскільки це можливо. Антени базової станції розміщуються на високих спорудах чи щоглах, мають кругову діаграму спрямованості. Зрозуміло, що при розташуванні базової станції на краю зони, застосовуються спрямовані антени. Базова станція може бути обладнана як єдиною прийомопередавальною антеною, так і роздільними антенами для прийому і передачі. У деяких випадках на одній щоглі можуть розміщуватися кілька прийомних антен для боротьби із завмираннями, які викликані багатопроменевим розповсюдженням радіохвиль.

Пристрій об'єднання радіосигналів дозволяє використовувати одне й те саме антенне устаткування для одночасної роботи приймачів і передавачів на декількох частотних каналах. Ретранслятори транкінгових систем працюють тільки в дуплексному режимі, причому рознесення частот прийому і передачі (дуплексне рознесення) в залежності від робочого діапазону складає від 3 МГц до 45 МГц.

Комутатор в однозоновій транкінговій системі обслуговує весь її трафік, включаючи з'єднання рухомих абонентів з телефонною мережею загального користування (ТфЗК) і усі виклики, пов'язані з передачею даних.

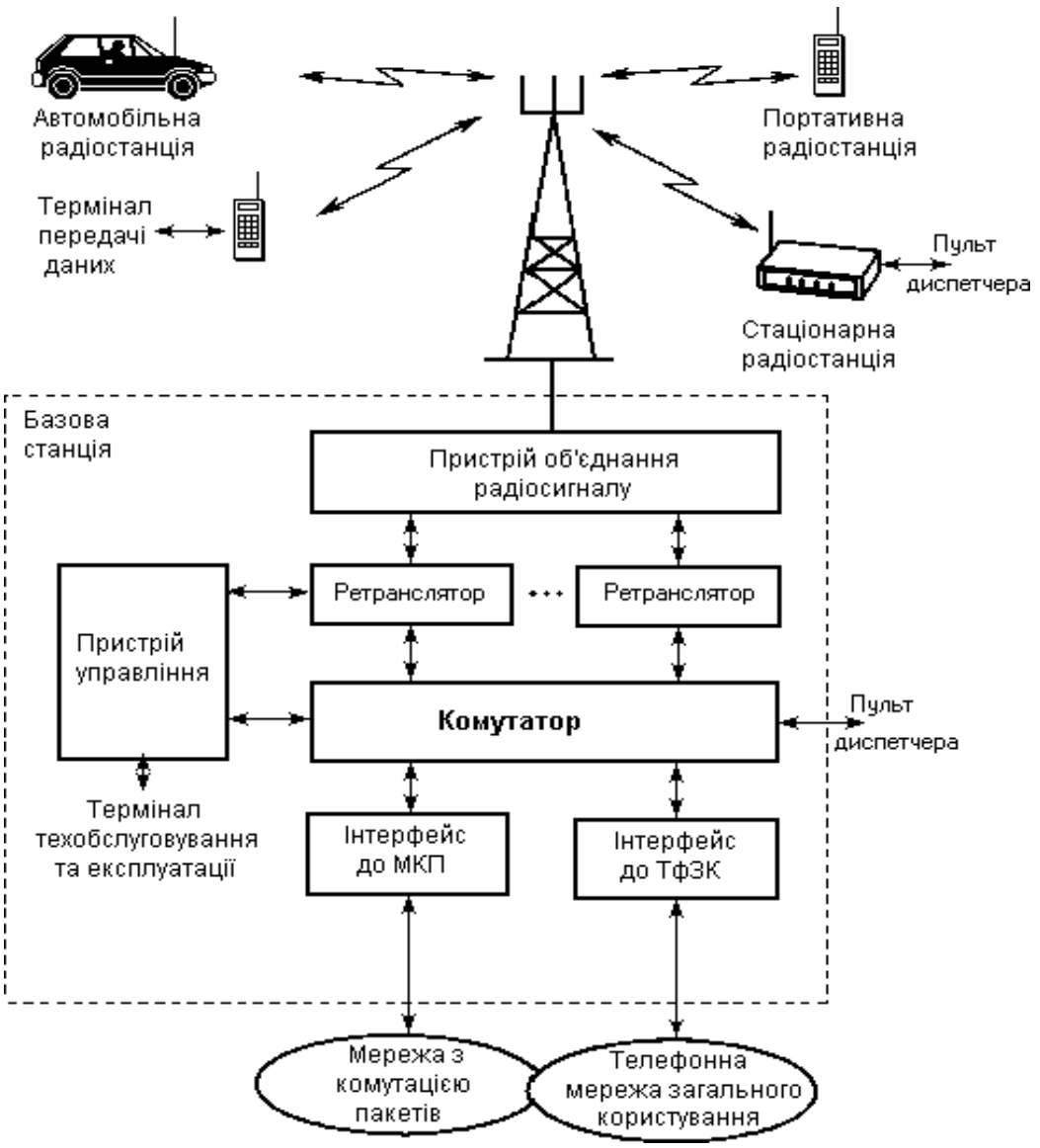


Рисунок 33 – Узагальнена структура однозонової транкінгової системи

Пристрій управління забезпечує взаємодію всіх вузлів базової станції. Він також обробляє виклики, здійснює автентифікацію абонентів, які викликають (перевірку «свій-чужий»), ведення черг викликів і внесення записів у бази даних погодинної оплати. У деяких системах цей пристрій регулює максимально припустиму тривалість з’єднання з телефонною мережею. Як правило, використовуються два варіанти регулювання:

зменшення тривалості з’єднань у заздалегідь задані години найбільшого навантаження;

адаптивна зміна тривалості з’єднання в залежності від поточного навантаження.

Інтерфейс ТфЗК реалізується в транкінгових системах різними способами. У системах SmarTrunk) підключення може реалізовуватись по двопровідних лініях, що комутуються. Більш сучасні ТСЗ мають у складі інтерфейсу до ТфЗК апаратуру прямого набору номера DID (Direct Inward Dialing), що забезпечує

доступ абонентів транкінгової мережі з використанням стандартної нумерації АТС.

З'єднання з ТфЗК є традиційним для транкінгових систем, але останнім часом усе більш зростає число додатків, що припускають передачу даних, у зв'язку з чим наявність інтерфейсу до МКП також стає обов'язковою.

Термінал технічного обслуговування й експлуатації (термінал ТОЕ) розташовується, як правило, на базовій станції однозонової мережі. Термінал призначений для контролю за станом системи, проведення діагностики несправностей, обліку тарифікаційної інформації, внесення змін у базу даних абонентів. Переважна більшість транкінгових систем, що випускаються і розроблюються, мають можливість віддаленого підключення термінала ТОЕ через ТфЗК чи МКП.

Диспетчерський пульт. Необов'язковими, але дуже характерними елементами інфраструктури транкінгової системи є диспетчерські пульти.

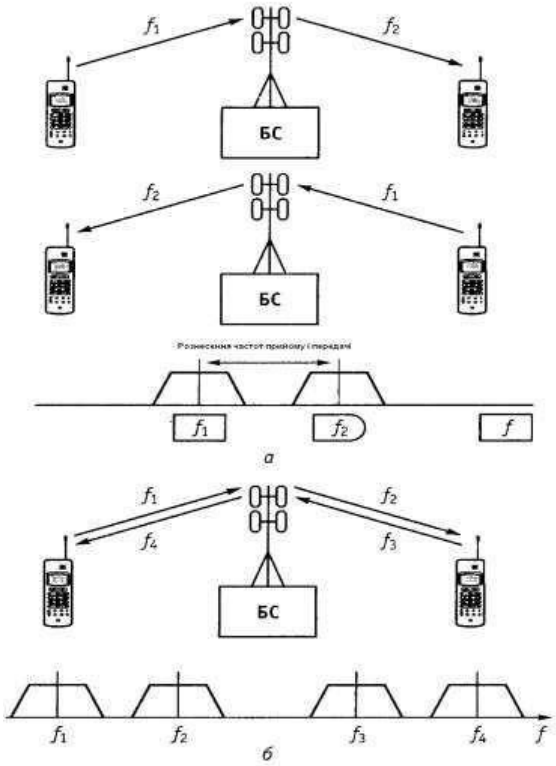


Рисунок 33 – Робота напівдуплексом (а) та дуплексом (б)

Абонентське устаткування транкінгових систем містить у собі широкий набір пристроїв. Як правило, найбільш численними є напівдуплексні радіостанції (рис. 33), тому що саме вони найбільшою мірою підходять для роботи в замкнутих групах. У більшості це радіостанції з обмеженим числом функцій, що не мають цифрової клавіатури.

У транкінгових системах використовуються також стаціонарні радіостанції, переважно для підключення диспетчерських пультів.

Вихідна потужність передавачів стаціонарних радіостанцій приблизно така ж, як в автомобільних радіостанціях.

8.4. Склад і структура системи SmarTrunk

Транкінгові системи SmarTrunk складаються з базових станцій і абонентських радіостанцій. До складу кожної базової станції входять транкінгові контролери, ретранслятори, фільтруюче устаткування (дуплексні фільтри, комбайнери і т.п.) і антенно-фідерні пристрої.

Транкінгові контролери реалізують всі основні алгоритми роботи SmarTrunk, а також виконують функції інтерфейсу телефонного каналу.

В якості абонентських пристроїв в SmarTrunk використовуються звичайні напівдуплексні або дуплексні ЧМ радіостанції різних виробників, оснащені додатковими логічними модулями. Базова станція може спочатку бути двох- або трьохканальною й поступово розвиватися аж до 16 каналів.

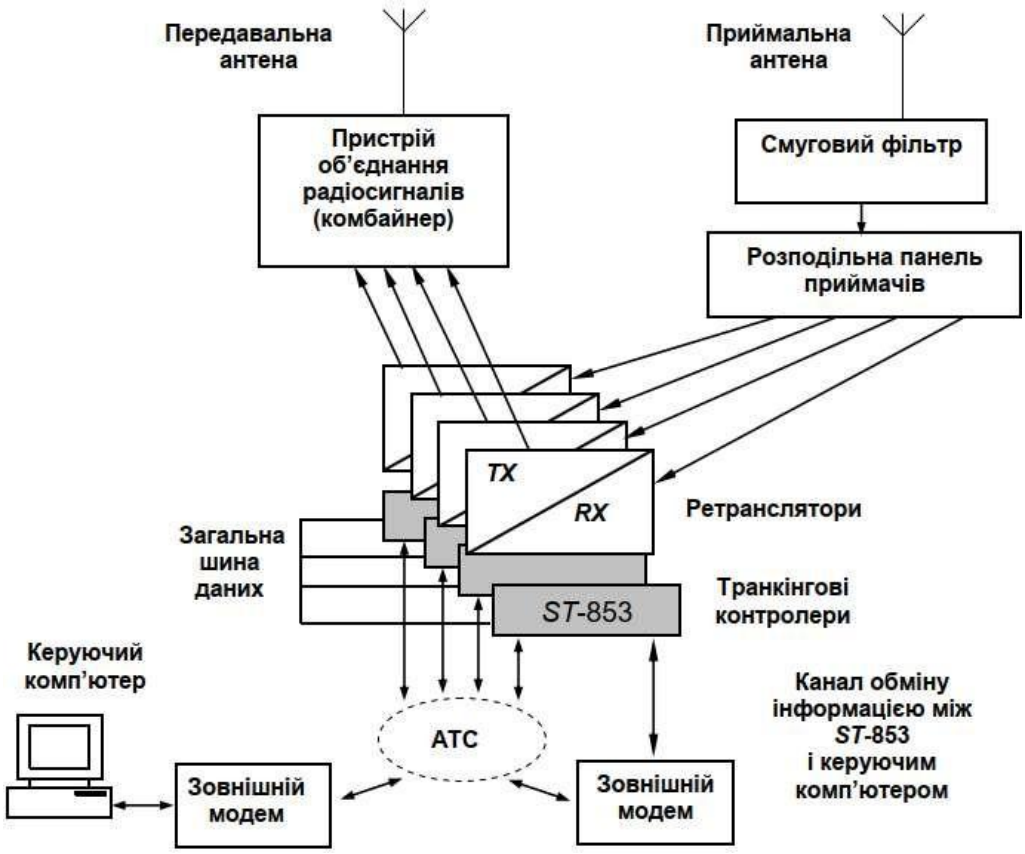


Рисунок 34 – Структурна схема базової станції SmarTrunk II

Пристрій управління забезпечує взаємодію всіх вузлів базової станції. Він також обробляє виклики, здійснює автентифікацію абонентів, які викликають (перевірку «свій-чужий»), ведення черг викликів і внесення записів у бази даних погодинної оплати. У деяких системах цей пристрій регулює максимально припустиму тривалість з'єднання з телефонною мережею. Як правило, використовуються два варіанти регулювання:

зменшення тривалості з'єднань у заздалегідь задані години найбільшого навантаження;

адаптивна зміна тривалості з'єднання в залежності від поточного навантаження.
Інтерфейс ТфЗК реалізується в транкінгових системах різними способами. У системах SmarTrunk) підключення може реалізовуватись по двопровідних лініях, що комутуються. Більш сучасні ТСЗ мають у складі інтерфейсу до ТфЗК апаратуру прямого набору номера DID (Direct Inward Dialing), що забезпечує доступ абонентів транкінгової мережі з використанням стандартної нумерації АТС.
В Україні нині дозволена експлуатація двох стандартів аналогового транкінгового зв'язку (SmartTrunk та МРТ-1327) та цифрового стандарту TETRA, для яких виділені наступні смуги частот: 150,05-156,7625156,8375-162,75 МГц, 163,2-168,5 МГц, 413-420 МГц, 423-430 МГц.

Системи радіозв'язку з рухомими об'єктами

Класифікація та основи побудови систем рухомого радіозв'язку

СРРЗ забезпечують передачу інформації між рухомими об'єктами (РО) як безпосередньо, так і за допомогою базової станції (БС).

Система рухомого радіозв'язку (СРРЗ) є сукупністю технічних засобів (радіообладнання, комутаційних пристроїв, з'єднувальних ліній і систем передачі), за допомогою яких забезпечується зв'язок рухомих абонентів як між собою, так і з абонентами телефонної мережі загального користування (ТМЗК).
Варіант організації безпосереднього зв'язку між радіостанціями наведено на рис.35.

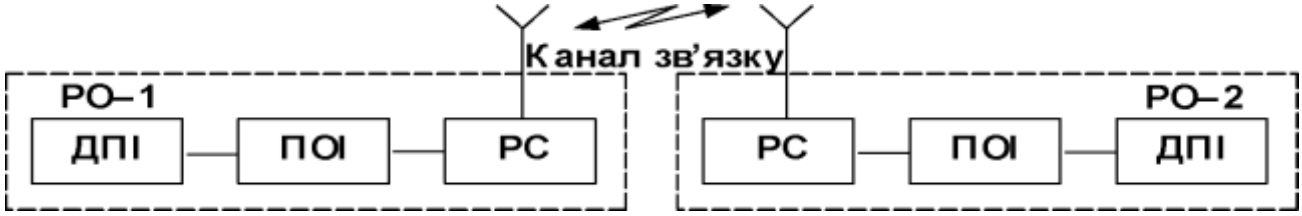


Рисунок 35 – Структурна схема безпосереднього зв'язку між радіостанціями ДПІ –

джерело і приймач інформації;
ПОІ – пристрої обробки інформації; РС –
радіостанції.

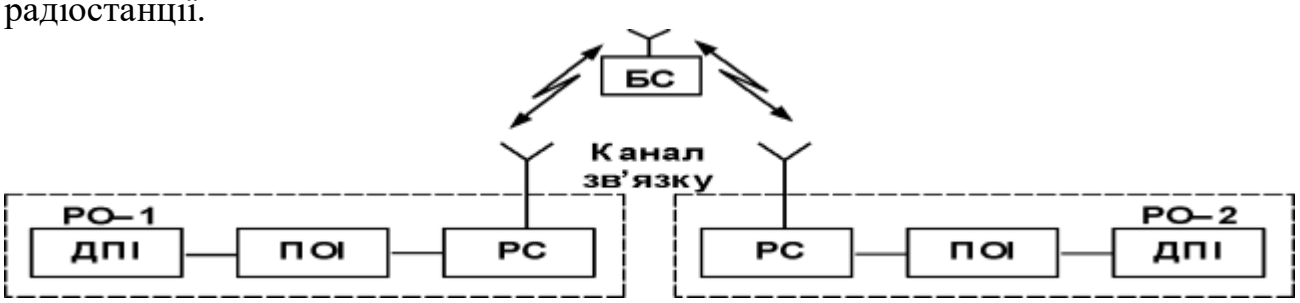


Рисунок 36 – Структурна схема зв'язку між радіостанціями з використанням проміжної базової станції

СРРЗ – система рухомого радіозв’язку; ПОІ – пристрої обробки інформації; РС – радіостанції.

Залежно від способу використання каналів абонентами розрізняють: СРРЗ із закріпленими каналами (закріпленим ресурсом);
СРРЗ з наданням каналів (наданням ресурсу) за вимогою. До основних характеристик СРРЗ відносяться:
вид інформації: мовна, кодовані повідомлення (передача алфавітно-цифрових символів), цифрова (повідомлення, що перетворені у цифрову форму);
направленість зв’язку:
однобічна – передача або прийом повідомлень здійснюється в сторону рухомого абонента або навпаки;
двобічна – в обидві сторони.
За рекомендаціями МСЕ класифікацію систем радіозв’язку здійснюють за розміщенням радіостанцій:
Фіксована служба – радіозв’язок між визначеними фіксованими у просторі пунктами. Включає у себе фіксовані супутникові служби (радіозв’язку між земними станціями із заданим місцезнаходженням, коли для зв'язку використовується один або декілька супутників).

1. *Рухома служба* – радіозв’язок між рухомою і фіксованою станціями або між рухомими станціями. Включає в себе:

рухому супутникову службу (служба радіозв’язку між рухомими земними станціями і однією чи кількома космічними станціями, або між космічними станціями, які використовуються цією службою, або між рухомими земними станціями за допомогою однієї чи кількох космічних станцій);
сухопутну рухому службу (рухома служба радіозв’язку між базовими станціями і сухопутними рухомими станціями або між сухопутними рухомими станціями – саме системи даної служби використовуються підрозділами ДСНС);
сухопутну рухому супутникову службу (рухома супутникова служба радіозв’язку, в якій рухомі земні станції розташовані на суші);
морську рухому службу (рухома служба радіозв’язку між береговими станціями та судновими станціями, або між судновими станціями, або між станціями внутрішньосуднового зв’язку);
морську рухому супутникову службу (рухома супутникова служба радіозв’язку, в якій рухомі наземні станції розташовані на борту морських суден;
повітряну рухому службу (рухома служба радіозв’язку між стаціонарними станціями повітряної рухомої служби і станціями повітряних суден або між станціями повітряних суден).

Системи рухомої сухопутної служби як основа систем радіозв’язку підрозділів ДСНС України

За принципом проходження (розповсюдження) радіохвиль, системи *радіозв'язку* поділяються наступним чином:

1. УКХ радіосистеми прямого зв'язку (використовуються підрозділами ДСНС для організації зв'язку нижніх ланок управління, на місці ліквідації НС).
2. Іоносферні КХ системи радіозв'язку (використовуються підрозділами ДСНС для дальнього радіозв'язку).
3. Тропосферні радіорелейні системи радіозв'язку.
4. Радіосистеми, які використовують іоносферне розсіювання та відбиття від слідів метеорів.
5. Супутникові системи радіозв'язку.

У залежності від користувача СРРЗ діляться на:

Системи професійного рухомого радіозв'язку призначені для експлуатації спеціальними організаціями служби безпеки, аварійної служби, пожежних частини, швидкої допомоги, аварійно-рятувальними підрозділами, пожежною охороною тощо. Система є власністю одного користувача (групи користувачів).

СПРР невелика за масштабами, малоканальна є базовою при організації радіомереж ДСНС України.

СПРЗ загального користування є власністю оператора, який надає послуги зв'язку абонентам на комерційній основі. Більшість сучасних систем радіозв'язку побудовані як системи РЗЗК, а саме:

системи персонального радіовиклику;

стільникові системи рухомого зв'язку (використовуються сьогодні працівниками ДСНС для забезпечення адміністративно-управлінського зв'язку);

супутникові системи;

системи абонентського радіодоступу;

радіостанції приватного користування. *Сучасні системи рухомого зв'язку* це:

професійні (приватні) системи рухомого радіозв'язку (транкингові системи, що забезпечують рухомий радіозв'язок у районі базової станції);

системи стільникового рухомого радіозв'язку (обслуговування великого числа абонентів на великих територіях забезпечується цифровими стільниковими мережами);

системи бездротових телефонів – абонентського радіодоступу (вирішують завдання економії частотного ресурсу, обслуговуючи велику кількість абонентів створенням радіомережі микросотовой топології.)

До мобільних систем зв'язку належать стільникові і транкингові системи, які є складними радіотехнічними комплексами, в яких виділяють такі основні принципи побудови:

Організація системи зв'язку і методи доступу: алгоритм управління системою зв'язку вирішує конфліктні ситуації, коли одночасно необхідно обслужити декілька абонентів, забезпечуючи використання наявних обмежених ресурсів для обслуговування максимальної кількості абонентів.

Вибір прийнятної структури сигналу радіоканалу: для кожного виду мобільного зв'язку вибирають оптимальні методи модуляції і прийому сигналів, схеми побудови

приймачів, передавачів, антен, враховується виконання вимог по електромагнітній сумісності, проводиться аналіз впливу розповсюдження радіохвиль у міських умовах на енергетичний потенціал радіолінії і умови прийому.

Застосування цифрових методів обробки інформації: перетворення мовної інформації в цифровий код і в зворотний бік, стиснення мови, оптимальні методи кодування, шифрування і розпізнавання прийнятих сигналів.

Підтримка взаємодії з периферійними пристроями і системами: мобільна система зв'язку забезпечує взаємодію з іншими системами радіозв'язку (цифровими і аналоговими телефонними мережами, підключення факсимільних апаратів, комп'ютерів, модемів Internet і т.п.

Діагностика стану мережі зв'язку і статистики роботи: персональний облік користувачів, перевірка їх легальності і оплати рахунків, часу і тривалості сеансів зв'язку, що дозволяє змінювати конфігурацію мережі залежно відзавантаження, попереджати несанкціоноване використання мережі, надавати інформацію для оцінки економічного стану.

Вимоги до систем професійного рухомого радіозв'язку та їх різновиди

Система професійного рухомого радіозв'язку (ПРР) України є важливою складовою забезпечення оперативного керівництва силами ОРС, які задіяні для подолання НС, забезпечуючи такі вимоги:

мінімальний час встановлення зв'язку, в необхідних випадках простим натискання тангенти, автоматичний чи ручний вибір каналу;

можливість проведення якісної групового зв'язку з необмеженим числом учасників цього зв'язку (циркулярний зв'язок);

можливість індивідуального та аварійних викликів радіо абонентів, передача коротких повідомлень;

необхідна щільність абонентів зоні, яка обслуговується, та великі зони покриття (більшу дальність);

стійкий радіозв'язок для мобільних і портативних радіостанцій;

можливість здійснення прямого (позасистемного) режиму зв'язку між абонентськими радіостанціями;

можливість міжсистемного (міжвідомчого) радіодоступу, а також виходу у відомчу телефонну мережу і телефонну мережу загального користування (ТМЗК);

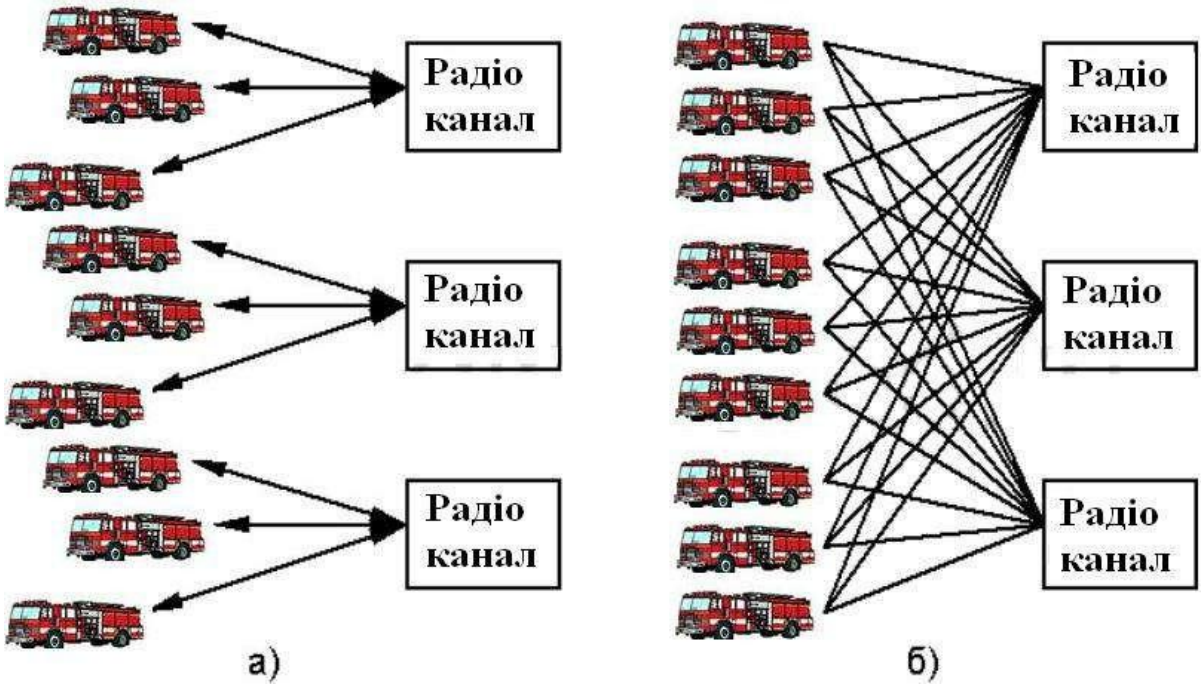
можливість пріоритетного надання каналів зв'язку;

висока надійність при роботі у складних умовах (пило-, волого-, вібро-, ударо-, вибухозахищеність тощо) і простота використання;

швидке розгортання при необхідності у будь-якій місцевості; можливість забезпечення захисту інформації, ідентифікації абонентів; необхідний рівень сервісу;

+можливість передачі даних.

Загальні принципи функціонування систем професійного рухомого радіозв'язку



Загальні тенденції розвитку професійних систем рухомого радіозв'язку: перехід від аналогових корпоративних або національних стандартів до
цифрових міжнародних стандартів;
забезпечення конфіденційності зв'язку;
забезпечення роумінгу абонентів.
Технічно це виконується:
послідовним пошуком радіостанцією вільного каналу, наприклад, за спеціальним маркерним сигналом незайнятості; такі системи характеризуються значним часом встановлення з'єднання і можуть застосовуватися при невеликій кількості каналів (до 5-8);
спеціально виділеним загальним каналом сигналізації, на який налаштовані всі радіостанції мережі в режимі чергового прийому (найбільш поширені системи).

Класифікація рішень професійного рухомого радіозв'язку

На підставі представлених вище специфічних особливостей і вимог до рішення ПРР, всі системи поділяють на два основних класи, які діляться на два підкласи:

1. *Системи із закріпленими за абонентами каналами або конвенціональні* (диспетчерські) системи радіозв'язку (невисока щільність абонентів, ручний вибір каналів). Одно/двоканальні УКХ системи з можливістю використання ретрансляторів, з диспетчерським управлінням роботою мережі, містять:

локальні (малого радіуса дії, без використання базових станцій);
диспетчерські на базі симплексної радіостанції;
диспетчерські на базі ретранслятора;
багатозонові складні диспетчерські системи.

2. *Системи з розподіленими каналами або транкінгові системи радіозв'язку* (властива висока щільність абонентів, централізоване керування системою) – багатоканальні радіосистеми з автоматичним перерозподілом

каналів, є:
аналогові (оперативний мовний зв’язок, статусні повідомлення);
цифрові інтегровані системи (оперативний голосовий зв’язок, дуплексна бездротова телефонія, всі види передачі даних).
Стільникова система рухомого радіозв’язку (ССРР) використовує значну кількість малопотужних прийомо-передавачів (радіоподовжувачів), з’єднаних проводовими або радіорелейними каналами зв’язку, кожен з яких призначено для обслуговування тільки порівняно невеликої зони, радіусом у 1 – 2 км.
Структурне утворення – кластер являє собою сукупність сусідніх стільників, де використовуються різні робочі частоти або різні набори частот.
Число стільників, що входять у кластер, називаються його розмірністю.
Усі стільники кластера нумеруються, і порядок цієї нумерації незмінний для всіхкластерів. Загальна кількість каналів, що виділені для конкретної стільникової мереж рухомого радіозв’язку (СМРР), розподіляється між стільниками кластера. Надалі такий розподіл повторюється від кластера до кластера, які рівномірно заповнюють всю зону обслуговування.
Введення кластерів дозволило організувати безліч варіантів повторного використання однієї й тієї ж кількості фіксованих радіочастот.
Число одночасно обслуговуваних абонентів (активних абонентів) залежить від кількості каналів, виділених для даного стільника, тобто від обсягу обладнання на БС.

1. Принципи ретрансляції

1.1. Двочастотна ретрансляція

Ретранслятор – це пристрій, що приймає раіосигнал і знову передає його в ефір.

Позначимо частоту приймача ретранслятора *R* (більш низькочасттну) як *Fн* (148 МГц), а частоту його передавача як *Fв* (172 МГц). Абонентські станції повинні мати навпаки – частоту прийому *Fв* і частоту передачі *Fн*. Через те, що ретранслятор беззупинно передає прийняті сигнали (дуплекс), то він не може робити це на одній і тій же частоті (сигнали передавача будуть відразу прийматися приймачем – це замкнуте коло, що викликає самозбудження системи). Тому дуплексний ретранслятор працює на різних частотах, номінали яких повинні відрізняться на певну величину (залежить від устаткування, системи тощо – для систем службового радіозв’язку рознесення частот становить близько 500 кГц та більше). В абонентських радіостанціях повинні використовуватися ті ж частоти, але в «перегорнутому» вигляді (прийомна частота ретранслятора повинна відповідати передавальній в радіостанції і навпаки).

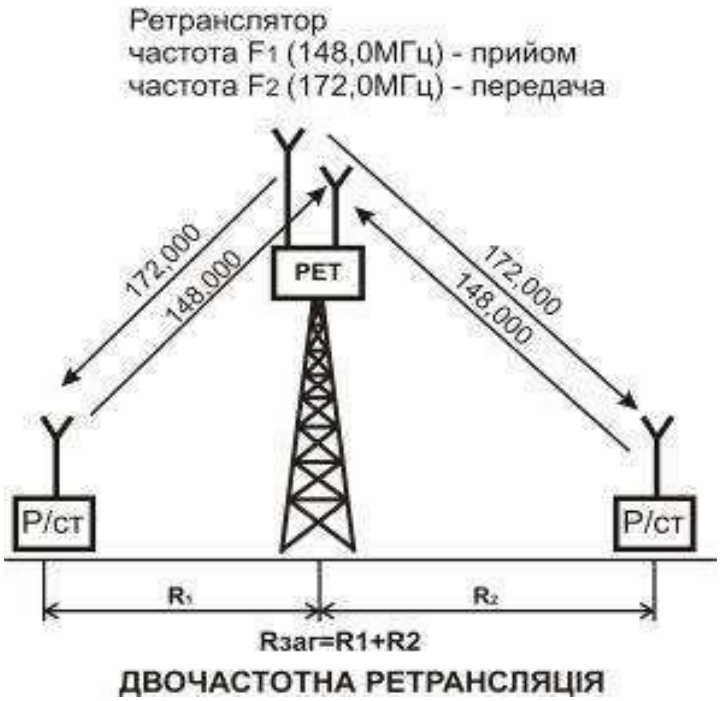


Рисунок 37 – Використання двочастотних ретрансляторів

Дальність зв'язку системи визначається зоною обслуговування ретранслятора, тобто насамперед географічною висотою точки розташування ретранслятора і висотою його антени. Відстань між абонентами може бути будь-якою в межах зони дії ретранслятора.

1.2. Одночастотна ретрансляція



Рисунок 38 – Використання одночастотних ретрансляторів

Коли не вистачає частот, використовують симплексний радіообмін. У такому випадку абонентське устаткування залишається тим же, тільки в ньому програмуються однакові прийомні й передавальні частоти (рис. 38). Як ретранслятор можна використати звичайну абонентську радіостанцію, але вона не прийматиме й передаватиме одночасно.

Для роботи такого ретранслятора (називають симплексним) потрібний спеціальний пристрій – контролер симплексного ретранслятора (цифровий магнітофон), що після декодування оцифровує і записує у па’ять прийняте повідомлення доти, поки воно присутнє в ефірі. Після зникнення сигналу, як тільки абонент відпустив тангенту, контролер перемикає радіостанцію у режим передачі, зчитує цей сигнал з пам’яті, перетворює його знову в аналогову форму і повторно передає в ефір, записане повідомлення відтворюється в ефірі.

Якщо радіоабонент, що викликається, знаходиться далеко від того, що викликає, то він уже не чує прямого сигналу, а приймає тільки сигнал репітера, тобто досить однієї частоти й однієї (не дуплексної) радіостанції.

Якщо кількість радіочастот є визначальним фактором й є припустимою втрата оперативності, то застосування симплексних ретрансляторів може виявитися найбільш раціональним шляхом вирішення завдання розширення зони радіопокриття.

1.3. Багатозонові складні диспетчерські системи

Застосування ретрансляторів, встановлених в одному місці, не завжди дозволяє вирішити проблему охоплення великих територій. У таких випадках створюють багатозонові системи зв'язку. Об'єднання кількох зон у єдину систему дозволяє організувати покриття більшої площі. Можлива безліч конфігурацій і ступенів автоматизації подібного об'єднання. Подібну організацію можна розглядати як сукупність однозонових систем, об'єднаних в одну загальну мережу (рис.9).

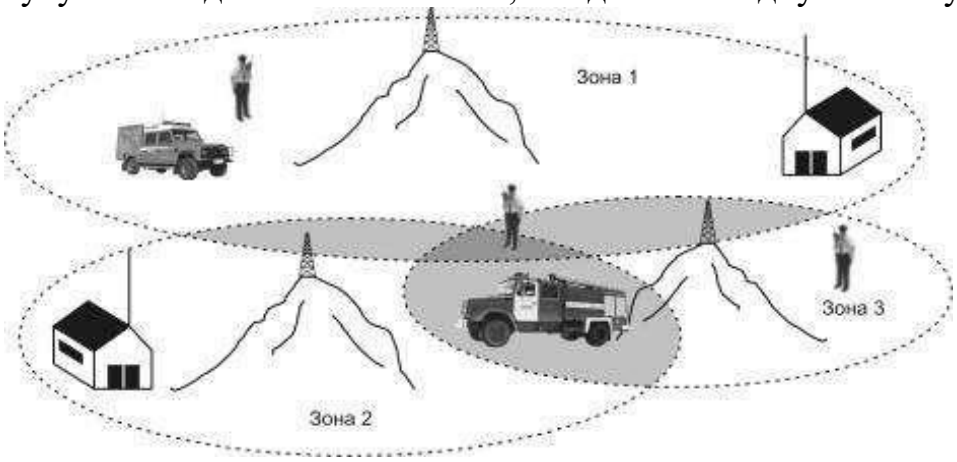


Рисунок 39 – Використання двочастотних ретранслятоів

За допомогою спеціальних контролерів забезпечується робота абонентів у різних зонах. Дозволяються частотні конфлікти (коли абонент перебуває в зоні дії двох і більше ретрансляторів), забезпечується ідентифікація, з'єднання з

телефонною мережею тощо. Як правило, для об'єднання з різними підсистемами (з диспетчерською системою на базі симплексної радіостанції та/або диспетчерською системою на базі ретранслятора) використовується складний диспетчерський пульт (комутатор), який і дозволяє організувати взаємодію абонентів між зонами з різним ступенем автоматизації (у найпростішому випадку, комутація може здійснюватися вручну диспетчером). Істотне розширення функціональних можливостей вносить використання радіостанці з убудованим сигналінгом.

1.4. Підключення до телефонної мережі

Принцип роботи інтерфейсу полягає в тому, що між телефонною лінією й радіостанцією (як правило, стаціонарною) підключається пристрій, що перетворює сигнали телефонної лінії у зрозумілий для радіостанції вигляд (рис.40). А сигнали радіостанції у вигляд і форму необхідну для здійснення викликів абонентів телефонної мережі. Таким чином, власникові абонентської радіостанції досить набрати код доступу до інтерфейсу (DTMF набором), а потім потрібний телефонний номер. Для того щоб викликати радіоабонента з телефонного апарата, потрібно набрати телефонний номер, до якого підключений інтерфейс і потім донабрати номер необхідної радіостанції.

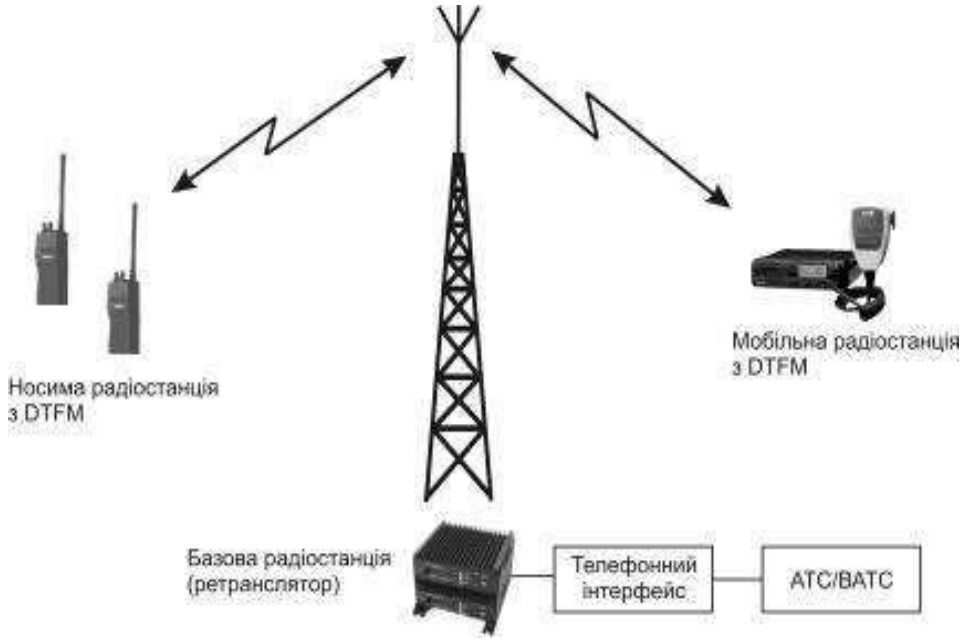


Рисунок 40 – Використання двочастотних ретрансляторів Найпоширеніші моделі

телефонних інтерфейсів дозволяють при одному
базовому пристрої викликати донабором однієї цифри (від 0 о 9) до десяти віддалених абонентів (рухомих радіостанцій), а віддаленій (мобільній) станції – до 10 базових. Існують і більш складні пристрої, що підтримують до 100 і більше користувачів. У більшості контролерів ретрансляторів доступ до телефонної мережі є стандартною функцією.

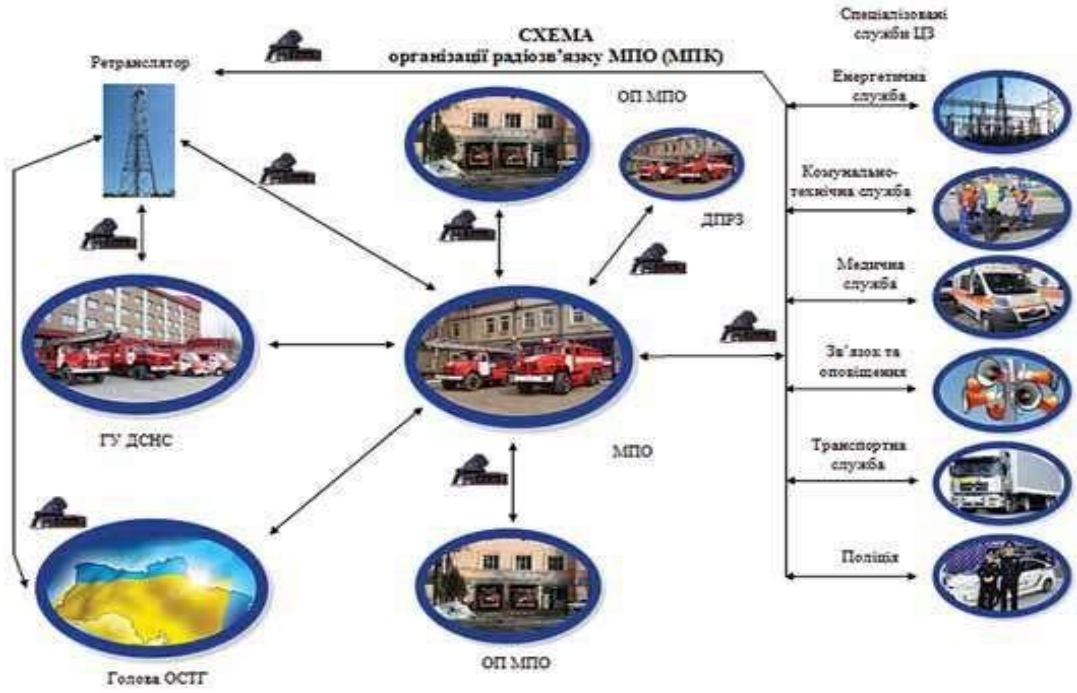


Рисунок 41 – Схема організації зв’язку МПК (місцевих пожежних команд)

2. Супутникові та радіорелейні системи зв’язку

Визначення

Космічний радіозв’язок – радіозв’язок, при якому використовують космічні станції, розташовані на ШСЗ або інших космічних об’єктах.

Космічна станція (КС) – станція, розташована на об’єкті, яка знаходиться за межами основної частини атмосфери Землі (або знаходиться там, або призначена для виводу), наприклад на ШСЗ.

Земна станція (ЗС) – станція радіозв’язку, розташована на земній поверхні (або в основній частині земної атмосфери) і призначена для зв’язку з космічними станціями.

Супутниковий зв’язок – зв’язок між земними станціями через космічні станції або пасивні ШСЗ.

Супутникова лінія – це лінія зв’язку між земними станціями за допомогою одного ШСЗ на кожному напрямі, включає ділянку Земля – супутник.

Системою супутникового зв’язку називається система, в якій проміжний ретранслятор системи зв'язку розміщується на штучному супутнику Землі (ШСЗ).

2.1. Супутникові системи зв’язку

Супутниковий зв’язок – це зв’язок між земними станціями через космічні станції або пасивні штучні супутники Землі (ШСЗ)

Супутниковою системою зв’язку (ССЗ) є комплекс обладнання зв’язку, який забезпечує передачу інформації через ретранслятор зв’язку (РЗ), що

розміщується у космічному просторі. Ретранслятори монтуються на штучних супутниках Землі.

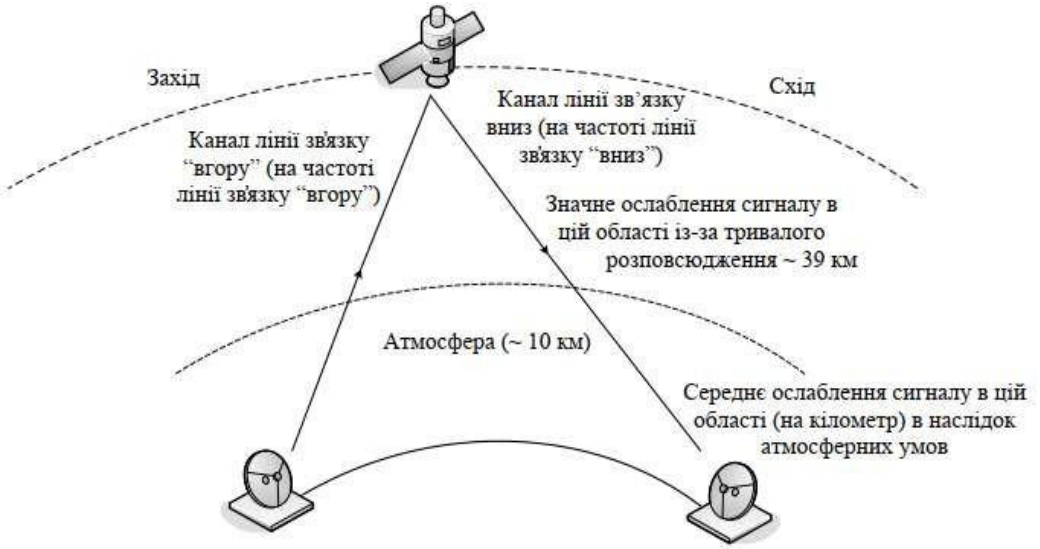


Рисунок 42 – Типова структура системи супутникового зв'язку Трансляція сигналу

відбувається наступним чином – спочатку з землі
надходить радіохвиля на супутник, де вона посилюється, очищається від перешкод і передається абонентам.
Для успішної роботи необхідно специфічне обладнання:
центри на землі. Спеціальні комплекси, які обладнані необхідною апаратурою для прийому, передачі і комутації сигналу.
супутник-ретранслятор – це антена, що знаходиться на навколоземній орбіті, який не тільки транслює сигнал, але і шифрує його, підсилює, очищає від спотворень, а лише потім передає назад на землю;
термінали (приймально-передавальна апаратура). Як приклад – супутниковий телефон, який завжди на зв'язку незалежно від місця знаходження абонента.
Супутникові канали зв'язку служать для телефонії, формування телевізійного мовлення і доступу в мережу Інтернет.
Напрямки, в основі яких лежить передача даних через різні ретранслятори, що знаходяться на навколоземній орбіті:
зв'язок у космосі;
система глобального геопозиціонування та навігації (GPS); персональний
супутниковий зв'язок;
телевізійне мовлення;
телефонія та широкосмугова передача інформаційних пакетів.

Принцип дії супуткового зв'язку
Супутниковий зв'язок є радіозв'язком і для передачі через супутник сигнал повинен бути промодульованим. Модуляція відбувається на земній станції. Модульований сигнал переноситься на потрібну частоту, підсилюється та надходить на передавальну антену.

Звичайний (нерегенеративний) супутник, прийнявши сигнал від однієї наземної станції, переносить його на іншу частоту, підсилює й передає іншій наземній станції. У супутнику може бути кілька незалежних каналів, що здійснюють ці операції, кожний з яких працює в певному діапазоні частот (ці канали обробки називаються *транспондерами*). Регенеративний супутник демодулює прийнятий сигнал та знову модулює його. Завдяки цьому помилки виправляються два рази: на супутнику та на прийомній земній станції.

Принципи цифрового супутникового зв'язку

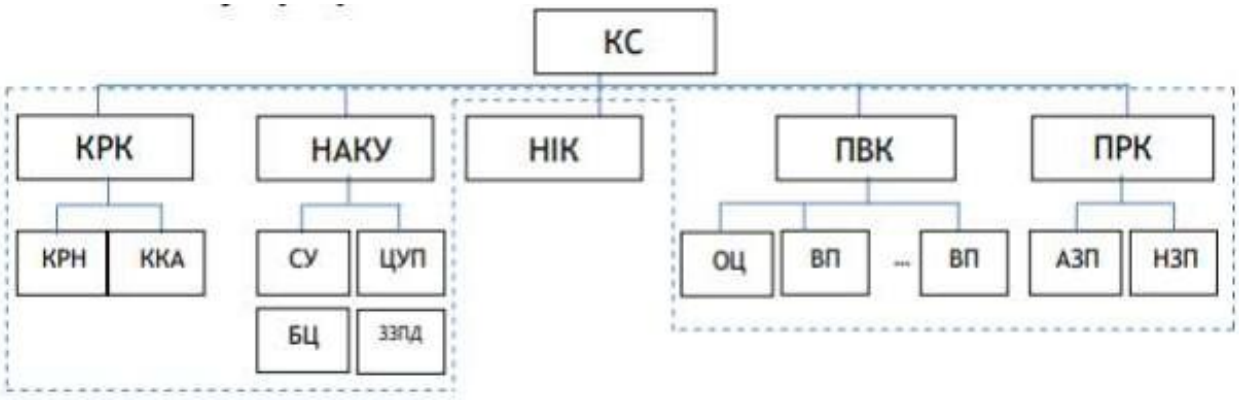


Рисунок – 43 Структурна схема космічної системи КРК – космічний

ракетний комплекс;
НАКУ – наземний автоматизований комплекс управління; НІК – наземний інформаційний комплекс;
ПВК – полігонний вимірювальний комплекс; ПРК – пошуково-рятувальний комплекс; КРН – комплекс ракети носія;
ККА – комплекс космічного апарата; ТК – технічний комплекс;
СК – стартовий комплекс; ЗС – заправочна станція; СУ – станція управління;
ЦУП – центр управління польотом; БЦ – балістичний центр;
ЗЗПД – засоби зв'язку і передачі даних; ОЦ – обчислювальний центр;
ВП – вимірювальний пунт;
АЗП – авіаційні засоби порятунку; НЗП – наземні засоби порятунку; КК – космічний комплекс;
КС – космічна система



Рисунок – 44 Наземний інформаційний комплекс СПІ – станція прийому

інформації
ПАК ОІ – програмно-апаратний комплекс обробки інформації ЗЗПД –
засоби зв'язку і передачі даних
ІБ – інформаційний банк

Функціонально призначений для прийому, попередньої обробки, зберігання, доведення до споживачів цільової інформації КС. Саме з метою отримання цільової інформації створюються КС.
На цей час створено і розгорнуто велика кількість КС і КК. До їх числа відносять:

1. Народно-господарські: КС ДЗЗ, КС метеорологічні, КС наукові, КК зв'язку (низькоорбітальні, високоеліптичні, геостаціонарні), КС навігації, КС картографії та ін.
2. Військові: КС розвідки, КС ПРН, і цілий ряд інших. Орбітальна побудова КА для різних КС, як правило, різна.



Рисунок – 45 Кутова швидкість обертання Землі і КА на геостаціонарній орбіті

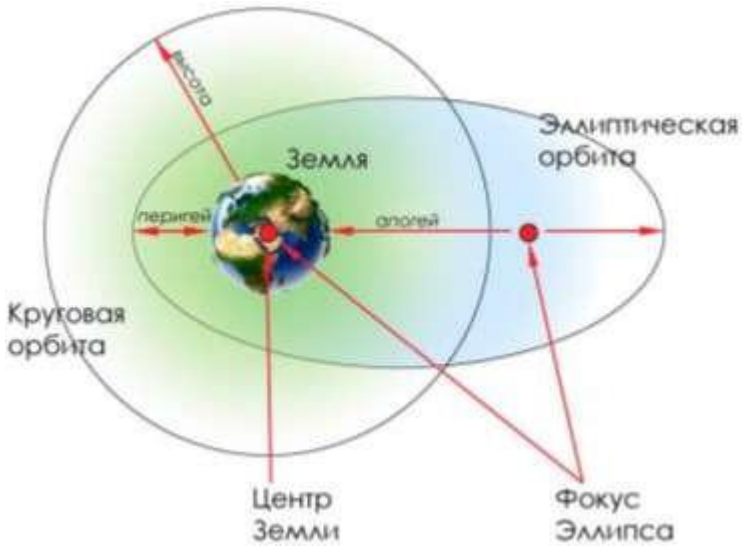
Орбіти кругові: – низькі (до 1500 км); – високі (до 26000 км); – геостаціонарні (36000 км).
Особливістю *геостаціонарних орбіт* є:
площина орбіти лежить в площині екватора Землі;

кутова швидкість обертання Землі і КА на геостаціонарній орбіті (визначається висотою орбіти КА) однакова;
сонячно-синхронні.
Особливістю *сонячно-синхронних орбіт* є:
висота орбіти 600-800 км;
нахил площини орбіти (кут між площиною орбіти і площиною екватора) становить – 98 градусів.

Орбіти, нижчі за 300 км, для супутників зазвичай не застосовують – час їхнього існування на таких висотах порівняно невеликий. Верхнє значення визначається внутрішньою межею радіаційних поясів із підвищеною концентрацією заряджених частинок, здатних пошкодити електронне обладнання.

Вище 2000 км знаходиться зона так званих середніх навколоземних орбіт. Їх використовує порівняно мала кількість космічних апаратів – здебільшого науково-дослідних і навігаційних (супутники системи GPS рухаються орбітами заввишки 20 350 км із періодом обертання 12 годин). Головна проблема в цій ділянці простору пов'язана з радіаційними поясами та високоенергетичними зарядженими частинками, які містяться в них.

Верхню межу «середньої» зони відзачають геосинхронні орбіти (ГСО) – вони мають радіус 42 164 км, що відповідає висоті над рівнем моря 35 786 км. Період обертання об'єктів на таких орбітах дорівнює зоряній добі (23 години 56 хвилин 4,1 секунди). Їхнім окремим випадком є геостаціонарна орбіта — кругова, що лежить у площині земного екватора (0° широти). Супутник, що рухається нею, фактично виявляється «висячим» над однією й тією ж точкою Землі. Тому, приймальна антена, одного разу спрямована на нього, не вимагатиме подальшого наведення. Очевидно, такі орбіти особливо зручні для телекомунікаційних апаратів, а також спеціалізованих метеорологічних обсерваторій, які ведуть моніторинг певного регіону.



Схема, що показує різницю між круговою та еліптичною орбітою. Джерело: http://mediasat.info

Якщо орбіта нахилена до екватора та має невеликий ексцентриситет, то під час спостереження з Землі супутник ротягом доби описуватиме на небі «вісімку». У деяких випадках «вісімка» може виродитися в еліпс (як у супутників серії Canyon), а за значного ексцентриситету і нульового нахилу – у відрізок прямої, що лежить в екваторіальній площині.

Двічі на рік (поблизу весняного й осіннього рівнодень) виникають ситуації, коли телекомунікаційні апарати на ГСО проєктуються на сонячний диск. У цей час зв'язок через них ускладнений, а іноді взагалі неможливий.

Геостаціонарна орбіта є круговою орбітою в площині Землі на висоті 35786 км від поверхні Землі (42164 км від центра Землі, радіус Землі складає 6378 км). Супутники обертаються на геостаціонарній орбіті навколо Землі з її кутовою швидкістю і в однаковому напрямку. Коли супутник знаходиться на цій орбіті в площині екватора, при спостережені за ним із земної поверхні складається уявлення, що він залишається нерухомим, тому не має необхідності відслідковувати цей супутник антеною, що направлена на нього або позиційним коректуванням з періодичними інтервалами часу. Геостаціонарна орбіта є круговою орбітою, по якій супутник здійснює орбітальний рух в тому ж напрямку, що і небесне тіло, розміщений в екваторіальній площині з орбітальним періодом, що дорівнює періоду обертання Землі. Також можлива робота супутникового зв'язку на інших орбітах: середній і низькій навколоземних орбітах.

Глобальна система визначення місця знаходження GPS (Global Positioning System) – служба, що використовує сузір'я супутників для забезпечення належним чином обладнаних терміналів інформацією про глобальне позиціонування.

Загальні принципи побудови РРЛ

Радіорелейний зв'язок

Радіорелейний зв'язок – радіозв'язок прямої видимості між двома радіорелейними станціями або радіозв'язок, який здійснюється шляхом багатократної ретрансляції радіосигналів по ланцюгу радіорелейних станцій.

Відповідно до нормативної документації є інше визначення терміну «радіорелейний зв'язок» – це радіозв'язок по лінії, утворений ланцюжком приймально-передавальних ретрансляційних та кінцевих станцій, що працюють на дециметрових і більш коротких хвилях.

Радіорелейний зв'язок – особливий тип бездротового зв'язку, що дозволяє передавати дані на великі відстані (десятки та сотні кілометрів), з високою пропускною здатністю (від сотень мегабіт до кількох гігабіт). Прийом та передача даних рознесені за різними частотами і відбуваються одночасно – всі РРЛ працюють у режимі повного дуплексу.

Радіорелейні станції (РРС) використовуються:

для створення високошвидкісних бездротових магістралей провайдерами, стільниковими операторами;
у великих корпоративних мережах для передачі інформації по бездротових мостах між різними підрозділами;
для каналів «останньої милі» та інших подібних завдань.
Радіорелейні станції, залежно від їх функціонального призначення, відносяться до одного з трьох типів:
кінцеві РРС;
проміжні РРС з відгалуженням каналів і ретранслятори (репітери) без функцій відгалуження каналів;
вузлові РРС.

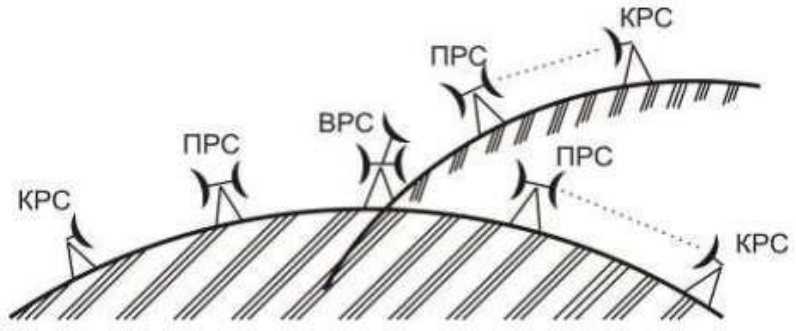


Рисунок 45 – Загальна схема організації радіорелейної лінії зв’язку: КРС – кінцева РРС, ПРС – проміжна РРС, УРС – вузлова РРС

Кінцева радіорелейна станція – це радіорелейна станція, яка встановлюється на кінцевих пунктах радіорелейної лінії зв’язку (РРЛЗ) і призначена для введення і виділення по лінії повідомлень. Для прийому і передачі застосовується одна антена, що з’єднана з трактами прийому і передачі за допомогою антенного розгалужувача (дуплексера).
Проміжна радіорелейна станція – це РРС, що має ва комплекти приймально-передавальної апаратури та призначена для активної ретрансляції радіосигнала, що передається по РРЛЗ. Прийом і передача сигналів на проміжних станціях повинна проводиться на різних частотах для усунення паразитних зв'язків в приймально-передавальній апаратурі за рахунок впливу зворотного випромінювання близько розташованих антен. Різність між частотами прийому і передачі називається частотою зсуву ($f_{зсв}$).
Вузлова РРС – це радіорелейна станція, що призначена для ретрансляції радіосигналів, що передаються, їхнього відгалуження, виділення частини повідомлення та введення нового повідомлення. Вузлові станції виконують як функції проміжних станцій, так і функції введення і виведення інформації. Тому вони встановлюються у великих населених пунктах або в точках перетину (відгалуження) ліній зв'язку.

Загальна класифікація радіорелейних ліній зв’язку

Розрізняють радіорелейних ліній зв’язку (РРЛЗ) прямої видимості та тропосферні РРЛЗ.
Радіорелейна лінія зв’язку прямої видимості – РРЛЗ, сусідні станції якої розташовані на відстані прямої радіовидимості.

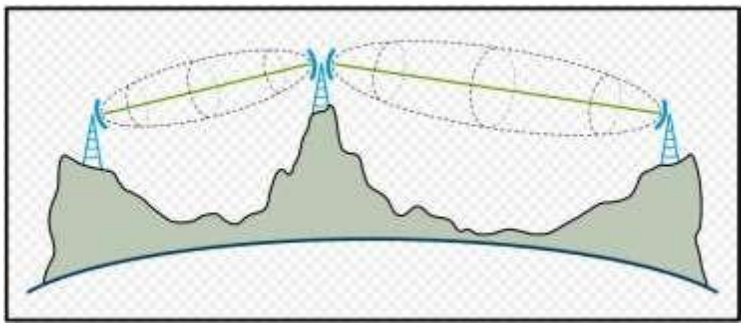


Рисунок 46 – Траси радіорелейного зв’язку прямої видимості

Тропосферна РРЛЗ – РРЛЗ, в якій використовується розсіяння та відбиття радіохвиль у тропосфері за взаємного розташування радіорелейних станцій за межами прямої радіовидимості

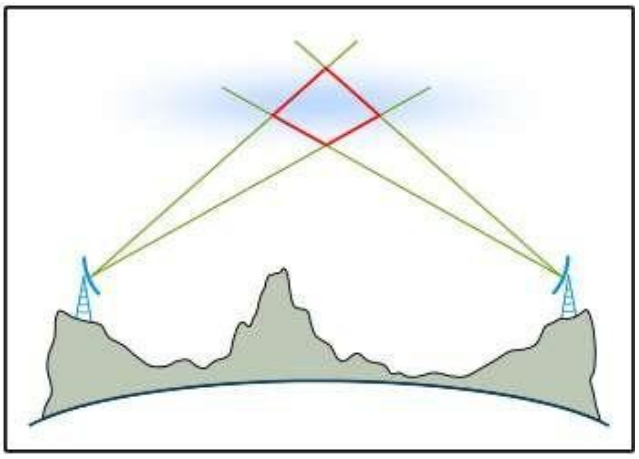


Рисунок 47 – Принцип тропосферного радіозв’язку

Тропосфера – нижня частина атмосфери Землі. У тропосфері завжди є локальні об’ємні неоднорідності, викликані різними фізичними процесами, які відбуваються в ній. Хвилі діапазону 0,3…5 ГГц здатні розсіюватися цими неоднорідностями. Механізм утворення тропосферних радіохвиль умовно показаний на рис. 47.
При побудові *тропосферних радіорелейних ліній зв’язку* використовується ефект відбиття дециметрових і сантиметрових радіохвиль від турбулентних і шаруватих неоднорідностей у нижніх шарах атмосфери – тропосфері.
Використання ефекту далекого тропосферного поширення радіохвиль УКХ діапазону дозволяє організувати зв'язок на відстань до 300 км при відсутності прямої видимості між радіорелейними станціями. Дальність зв’язку може бути

збільшена до 450 км при розташуванні радіорелейних станцій на природних височинах.
Для тропосферного радіорелейного зв'язку характерним є ослаблення сигналу, яке виникає як при поширенні сигналу через атмосферу, так і внаслідок розсіювання частини сигналу при відбитті від тропосфери. на більшості тропосферних радіорелейних станцій розташовано кілька прийомних антен.
Радіорелейна апаратура в залежності від області застосування поділяється на наступні класи:
апаратура радіорелейних систем передачі, призначена для використання на магістральній первинній мережі (протяжність більша за 2,5 тис.км);
апаратура радіорелейних систем передачі, призначена для використання на внутрішньозонових первинних мережах (областного значення протяжністю 250-1400 км);
апаратура радіорелейних систем передачі, призначена для використання на місцевих первинних мережах (протяжність 50-200 км);
мобільна апаратура радіорелейних систем, призначена для внутрішньоміських ліній;
апаратура радіорелейних систем, призначена для організацій технологічних радіорелейних ліній передачі;
апаратура мобільних радіорелейних станцій, призначена для організації резервування чи відновлення радіорелейних та кабельних ліній передачі, що вийшли з ладу.
РРЛЗ бувають симплексними й дуплексними.
Симплексні РРЛЗ передбачають почерговий обмін інформацією, при цьому перемикється приймально-передавальна апаратура й необхідна одна робоча частота.
Дуплексні РРЛЗ передбачають одночасний двосторонній обмін інформацією, без перемикання апаратури, але необхідні дві різні несучі частоти.
За *способом поділу каналів* РРЛЗ можуть бути з частотним і часовим поділом каналів.
Відповідно до діапазону використовуваних частот РРЛЗ можуть бути *дециметрового, сантиметрового і міліметрового діапазонів хвиль*.
Залежно від методу модуляції розрізняють аналогові РРЛЗ (АРРЛЗ) та *цифрові РРЛЗ* (ЦРРЛЗ).
За *пропускною спроможністю* розрізняють такі АРРЛЗ:
а) багатоканальні, з кількістю каналів тональної частоти (КТЧ) понад 300; б) середньої ємності – від 60 до 300 КТЧ;
в) малоканальні – менше 60 КТЧ.
АРРЛЗ *використовуються для передавання*:
багатоканальних телефонних сигналів в аналоговій формі, а також для передавання телеграфних сигналів і сигналів даних з малою і середньою швидкістю. Пропускна спроможність таких систем складає від декількох телефонних каналів до 2700;
телевізійних сигналів і сигналів звукового супроводу.

У залежності від *швидкості передавання інформації* в радіостволі апаратура *ЦРРЛЗ поділяється* на наступні види:
високошвидкісна (більше 100 Мбіт/с в одному радіостволі);
середньошвидкісна (більше 10 Мбіт/с, але менше 100 Мбіт/с);
низькошвидкісна (не більше 10 Мбіт/с в одному радіостволі). *ЦРРЛЗ призначені* для передавання:
багатоканальних телефонних сигналів у цифровій формі зі швидкістю від 2 до 140 Мбіт/с і більше;
сигналів даних з великою швидкістю;
сигналів відеотелефону і телевізійних сигналів у закодованій формі.

8.6. Технологічні особливості класифікації сучасного обладнання ЦРРЛЗ

Счасні ЦРРЛЗ можна розділити на чотири великі групи:
універсальні ЦРРЛЗ з одночасною передачею в одному радіостволі потоків Е1 з часовим мультиплексуванням (TDM) і повідомлень з протоколами пакетної передачі;
високошвидкісні ЦРРЛЗ для передачі сигналів синхронної цифрової ієрархії (SDH) на магістральних лініях;
низькошвидкісні (до 4Е1) ЦРРЛЗ з часовим поділом дуплексного каналу (TDD);
супернові ЦРРЛЗ з передачею в радіотракті повідомлень всіх типів на основі загальної технології передачі пакетних повідомлень.
Досвід експлуатації ЦРРЛЗ зосереджує увагу на універсальних ЦРРЛЗ з передаею сигналів TDM і сигналів пакетних повідомлень. При організації зв'язку в місті доводиться орієнтуватися на ділові центри, які є одночасно і точкою розміщення базових станцій. Необхідно враховувати інтереси власників традиційних УПАТС (корпоративні АТС), підключених до загальної мережі за допомогою потоків Е1[12], споживачів Інтернету, приєднаних на основі пакетних технологій, і власників базових станцій, які можуть під'єднуватися і тим, і іншим способом.

8.7. Переваги радіорелейного зв'язку та області його застосування

На територіях зі складним рельєфом, в деяких випадках для дублювання окремих ділянок оптики радіорелейний зв'язок на магістральному рівні є доцільним і сьогодні.

---

[12] Е1 — це європейська версія цифрової лінії зв'язку з часовим розділенням каналів. На відміну від американської Т1 (24 кнали по 64 кбіт/сек) — Е1 має 32 канали кожен по 64 кбіт/сек, з яких 30 В-каналів використовуються для голосу або даних і 2 канали для сигналізації (30B+D+H). Загальна пропускна спроможність 2,048 Мбіт/сек в повно-дуплексному режимі. Передані по лінії Е1 дані організовані в кадри (англ. *frame*). Кожен кадр Е1 містить 256 біт, розділених на 32 часових інтервали (тайм-слоти) по вісім біт в кожному і містять дані, що передаються. Швидкість передачі становить 8 000 кадрів в секунду і, отже, для кожного каналу даних (тайм-слота) забезпечується смуга 64 кбіт/с. Число доступних користувачеві тайм-слотів становить від 0 до 31, в залежності від сигналізації, найчастіше 30 (часовий інтервал 0 зарезервований для службової інформації, часовий інтервал 16 рекомендований, але не обов'язковий для службової інформації). Відповідно для передачі даних, голосу, можуть використовуватися слоти з 1 по 31.

Для технологій мобільного стільникового зв'язку та широкосмугового безпроводового доступу та ін., для реалізації яких необхідно побудувати велику кількість базових станцій та точок доступу, широко використовують радіорелейний зв'язок як один із найефективніших способів доставки трафіку по критерію вартості та швидкості розгортання.

Основними *типовими задачами*, які вирішуються за допомогою даного виду обладнання, є організація з'єднань телекомунікаційних вузлів, абонентських виносів, прив'язка до транспортних магістралей, побудова технологічних ліній великої протяжності.

Спектр застосування обладнання ЦРРЛЗ достатньо широкий, а обладнання радіорелейного зв'язку дозволяє оперативно нарощувати можливості системи зв'язку шляхом установки обладнання в приміщення вузлів зв'язку, використовуючи існуючі антенно-мачтові пристрої та інше спорядження, що скорочує капітальні затрати на створення ЦРРЛЗ.

Радіорелейний зв'язок є ефективний при відновленні зв'язку в районах стихійного лиха, при рятувальних операціях і т. д.

Відносно новим застосуванням радіорелейного зв'язку є реалізація завдань «*останньої милі*» – за допомогою радіорелейного зв'язку абонентам надаються послуги голосового телефонного зв'язку, передачі даних (доступ до мережі Інтернет), кабельного телебачення. Радіорелейний зв'язок може застосовуватися для вирішення таких завдань «останньої милі» як окрема самодостатня ланка при наявності в складі радіорелейного обладнання функціонально закінчених абонентських закінчень або в поєднанні з крайовим мультиплексорним обладнанням, або обладнанням АТС, а також у поєднанні з іншими засобами абоннтського радіодоступу.

Переваги радіорелейного зв'язку перед проводовим зв'язком:

1) технологічні:

a) оперативне розгортання з відносно невеликими затратами;

b) нечутливість до пересічення радіорелейних ліній зв'язку з водними перепонами або транспортними магістралями;

c) раціональна організація зв'язку в важкодоступних місцях.

2) цінові:

a) вартість 1 км радіорелейної лінії в десятки разів нижча, ніж волоконно-оптичної лінії;

b) висока експлуатаційна рентабельність;

c) низька вартість експлуатації, малочисельний експлуатаційний штат.

8.5. Основні методи модуляції в ЦРРЛЗ

У ЦРРЛЗ використовуються наступні види модуляції:

FSK (Frequency Shift Keying) – частотна маніпуляція (ЧМн), сутність якої полягає в тому, що дискретні сигнали «0», «1» передаються гармонійними сигналами (синусоїдами), що мають різні частоти;

PSK (Phase Shift Keying) – фазова маніпуляція, при якій дискретні сигнали «1» і «0» передаються шляхом перемикання двох несучих, що зсунуті на

півперіоди відносно один одного. Інший варіант PSK – зміна фази на 90° в кожному такті при передачі нуля і на 270° при передачі одиниці.
QAM (Quadrature Amplitude Modulation) – квадратурна амплітудна маніпуляція, різновид амплітудної маніпуляції сигналу, яка являє собою суму двох носійних коливань однієї частоти, але зміщених за фазою один відносно одного на 90°, кожне з яких промодулюване по амплітуді своїм модулюючим сигналом. ЦРРС використовують QAM модуляцією з рівнями квантування: 16, 32, 64, 128, 256.
Європейським інститутом стандартів по телекомунікаціях (European Telecommunication Standards Institite, ETSI) уведена класифікація устаткування ЦРРС в залежності від спектральної ефективності системи. У стандарті ETSI TR101036-1 виділені наступні 6 класів:
Клас 1: устаткування, у якому застосовуються двопозиційні методи модуляції (нариклад 2-FSK, 2-PSK чи еквівалентні їм);
Клас 2: устаткування, у якому застосовуються чотирипозиційні методи модуляції (наприклад 4-FSK, 4-QAM (QPSK) чи еквівалентні їм);
Клас 3: устаткування, у якому застосовуються восьмипозиційні методи модуляції (наприклад 8- PSK чи еквівалентні їм);
Клас 4: устаткування, у якому застосовуються 16- чи 32-позиційні методи модуляції (наприклад 16-QAM, 32-QAM чи еквівалентні їм);
Клас 5: устаткування, у якому застосовуються 64- чи 128-позиційні методи модуляції (наприклад 64-QAM, 128-QAM чи еквівалентні їм);
Клас 6: устаткування, у якому застосовуються 256- чи 512-позиційні методи модуляції (наприклад 256-QAM, 512-QAM чи еквівалентні їм);
Ці класи служать ознакою системи і не мають на увазі обмеження на види мдуляції, що застосовується, за умови виконання вимог стандартів ETSI і Міжнародної електротехнічної комісії (International Electrotechnical Commission, IEC) на параметри устаткування.

8.6. План розподілу частот в дуплексному стволі РРЛЗ

Під *частотним планом РРЛЗ* розуміють розподіл частот прийому й передачі між стволами системи, а також розподіл частот гетеродинів, тобто розподіл частот передачі й прийому для одного ствола.
У сучасних РРЛЗ різниця рівнів потужності радіосигналів, що випромінюються антенами, досить велика (може досягати 150 дБ і більше). Зміна частот проводиться на кожній РРС відповідно до прийнятої схеми побудови апаратури.
Існують три плани розподілу частот у РРЛЗ прямої видимості для ствола:
двохчастотний план (рис. 1.4);
чотирьохчастотний план (рис. 1.5); шестичастотний план (рис. 1.6).
Двохчастотний план вимагає спеціальних заходів для захисту від сигналів протилежного напрямку. При двохчастотній системі використовуються рупорно-параболічні, параболічні або інші антени, що мають захист від прийому сигналів з

зворотного напрямку порядку 60–70 дБ. Така система застосовується зазвичай на РРЛЗ великої і середньої ємності.

Чотирьохчастотний план РРЛЗ не вимагає зазначених заходів захисту, з більш простими антенними системами, наприклад, перископічними, застосовується на РРЛЗ середньої і малої пропускної здатності.

У всіх сучасних РРЛЗ застосовуються частотні плани стволів з рознесеними частотами прийому та передачі, тобто частоти прийому стволів розміщені в одній половині діапазону частот, що виділений для радіорелейного зв'язку, а частоти передачі – в іншій половині діапазону частот. Такий план розподілу частот наведено на рис.1.8.

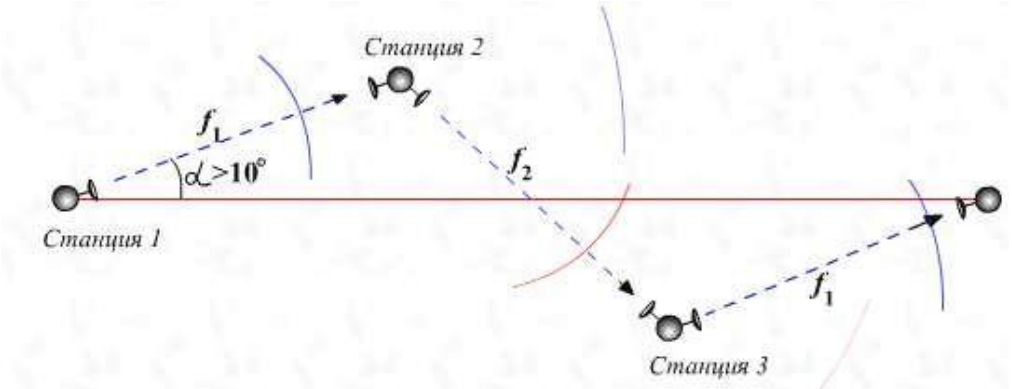


Рисунок 1.7 – Розташування станцій РРЛЗ для боротьби з паразитними сигналами, що обумовлені підвищеною рефракцією радіохвиль

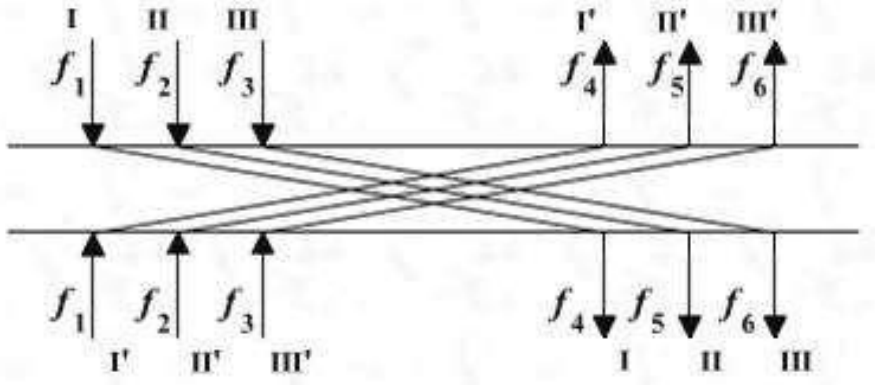


Рисунок 48 – План з рознесенними частотами прийому та передачі стволів При

такому плані розподілу частот на інтервалах РРЛЗ різниця між частотами передачі і прийому одного ствола доволі значна (наприклад, 266 або 530 МГц) і це полегшує вимоги до характеристик приймальних смугових фільтрів. При такому частотному плані кожна антена може бути використана одночасно як для передачі, так і приймання сигналів.

Існує другий план розподілу частот – при цьому плані передбачається чергування частот прийому і передачі окремих стволів (рис.1.9).

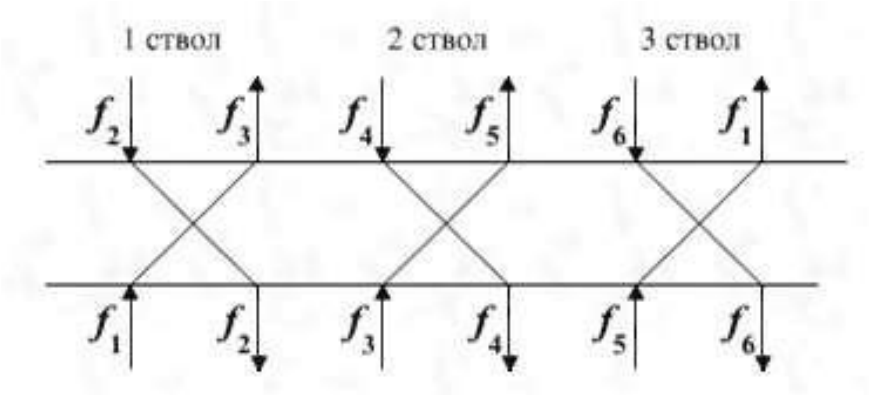


Рисунок 49 – План з чергуванням частот прийому й передачі стволів

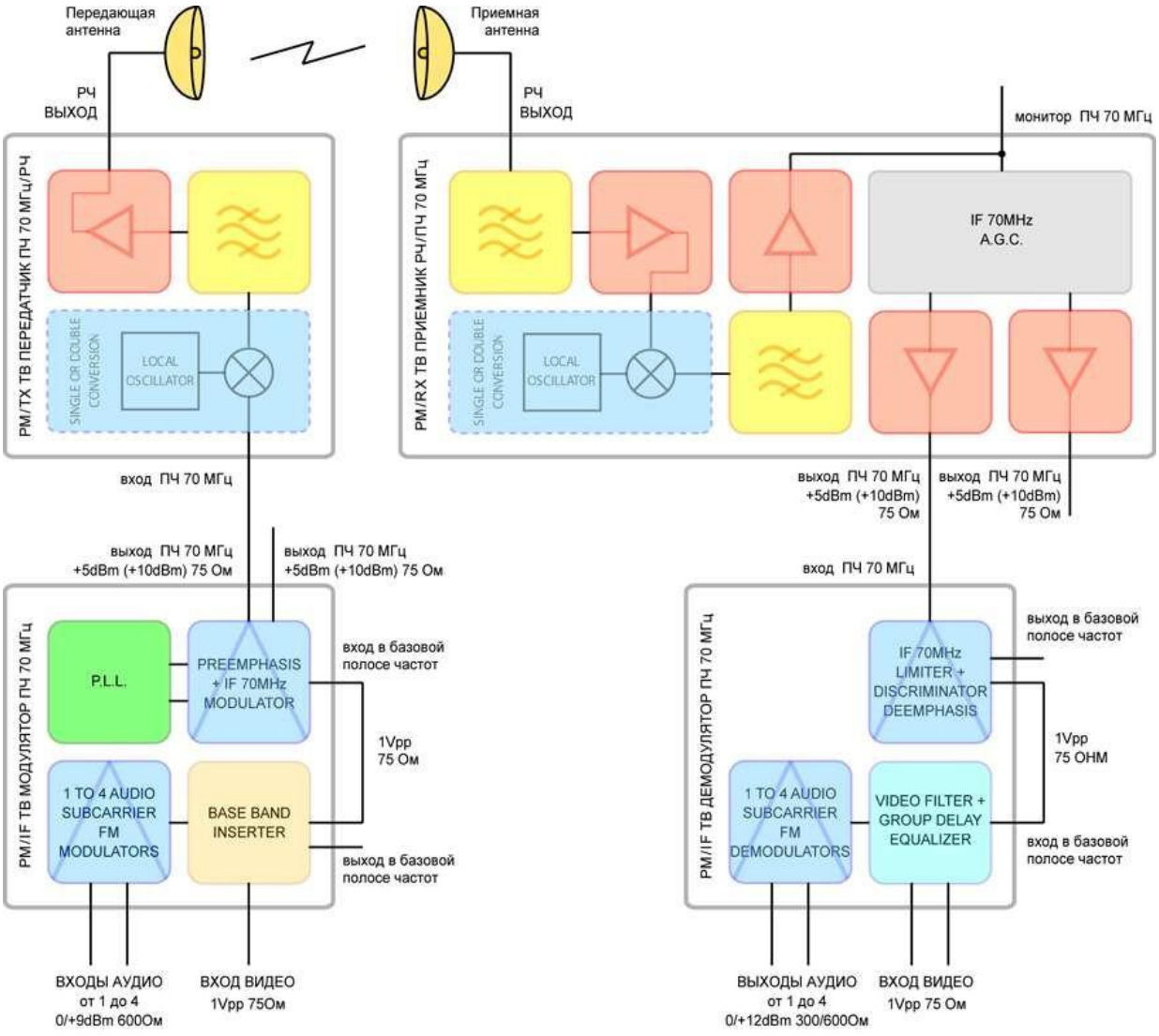


Рисунок 50 – Аналогова радіорелейна лінія зв’язку серії РМ

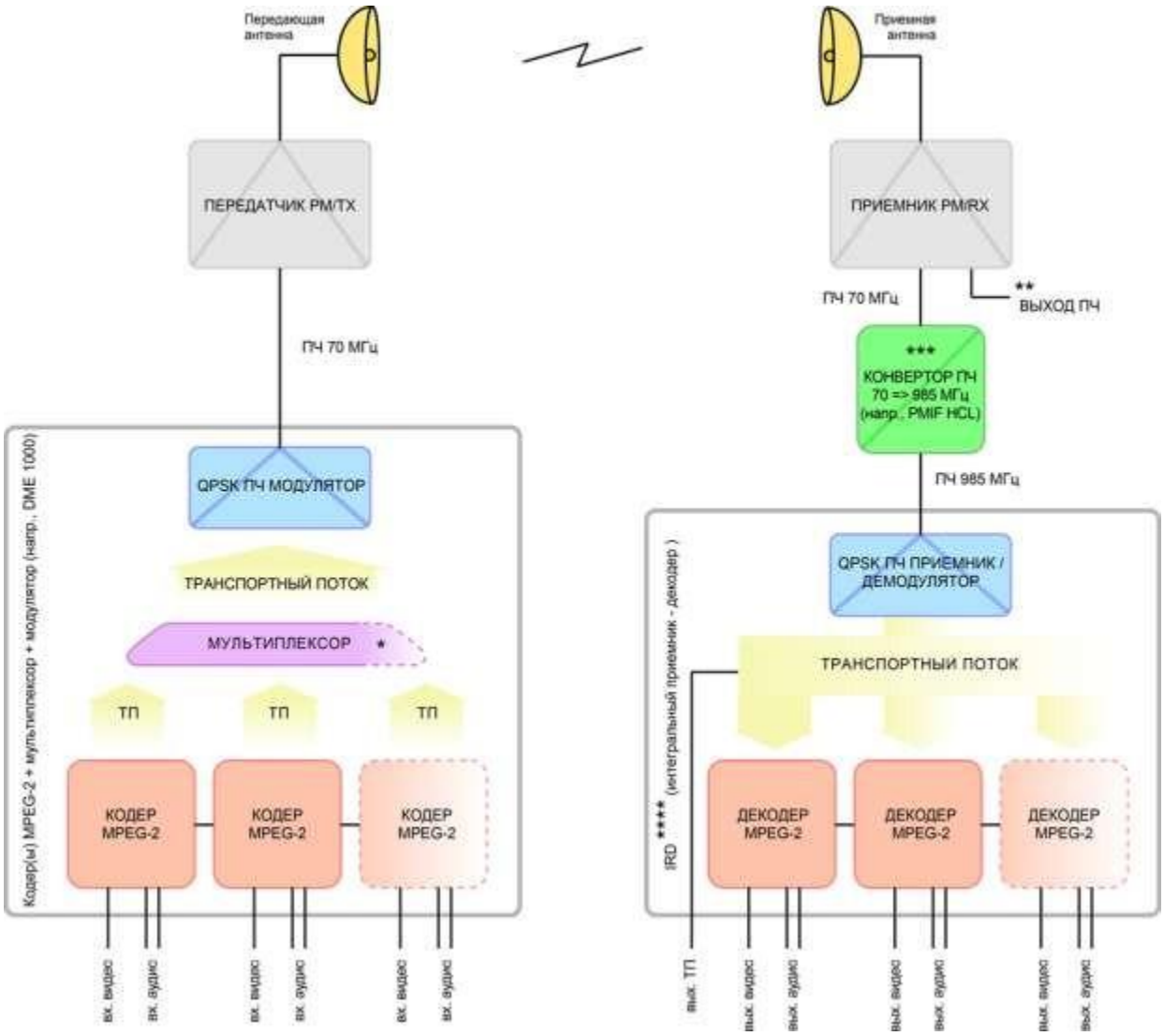


Рисунок 51 – Цифрова радіорелейна лінія зв’язку серії РМ

8.7. Основні функціональні характеристики сучасних систем ЦРРЗ:

1. *Можливість гнучкого перерозподілу пропускної здатності ЦРРЛЗ між PDH (потоками Е1) і трафіком пакетних повідомлень 100BASE-T.*

Сумарна доступна швидкість передачі B складається з швидкості передачі даних Ethernet і загальної швидкості N потоків TDM: B≤ [B (Ethernet) + N × 2,048].

2. *Адаптивний вибір типу модуляції і смуги пропускання радіоствола*. Ця функція – одна з головних для нових зразків обладнання. Оператору надається можливість в реальних умовах самому вирішити складну ситуацію, як найкращим чином надати клієнтові необхідні послуги і при цьому виконати вимоги.

3. *З'єднання блоків IDU і ODU ЦРРС за допомогою єдиного коаксіального кабелю.* Зазвичай, в блоці IDU (внутрішньому) ЦРРС розташовуються мультиплексори і модеми, а в блоці ODU (зовнішньому) ЦРРС – передавачі та приймачі. Вибирати обладнання, де розділення трактів передачі та прийому один

від одного відбувається на основі різних проміжних частот для ліній «вгору» і «вниз».

4. *Можливість установки контрольного шлейфу по радіочастоті.* Ця фнкція бажана в умовах експлуатації, так як тільки вона дозволяє повністю перевірити справність обладнання.
5. *Мережеве управління з доступом за IP-адресою з використанням протоколу SNMP.* Цей вид мережевого управління - найдемократичніший. Він дозволяє з одного комп'ютерного терміналу, на якому встановлено відповідне програмне забезпечення, керувати всією мережею ЦРРЛЗ оператора за запитами. Мереже обладнання ЦРРЛЗ посилає так звані трапи – повідомлення про аварії.

8.8. Вимоги, що висуваються при виборі обладнання для побудови ЦРРЛЗ

Функціональна характеристика	**Вимоги**
Перерозподіл пропускної здатності між PDH і трафіком пакетних повідомлень (Ethernet)	+++
Адаптивний вибір типу модуляції та смуги пропускання радіоствола	+++
З'єднання блоків ODU та IDU за допомогою одного коаксіального кабелю із частотним розділенням трактів передачі та приймання по проміжній частоті	+++
Можливість установлення контрольних шлейфів, у тому числі й по радіочастоті	+++
Мережеве керування із доступом по IP-адресу (протокол SNMP)	+++
Вбудований контроль якості із зберіганням історії подій	+++
Універсальність у виконанні блоків ODU	++
Можливість об'єднання навантажень від різних джерел в потік STM-1	++
Наявність вбудованого калькулятору якості	++

Універсальність у виконанні зовнішніх (ODU) блоків – це такий спосіб поставки обладнання, коли при модернізації апаратури, наприклад, з метою збільшення пропускної здатності можна міняти лише внутрішні (IDU) блоки або тільки плати в цих блоках, що заощаджує матеріальні вкладення оператора.

Можливість об'єднання потоків різного формату, що надходять на вхід ЦРРЛ споживачеві по оптичному інтерфейсу, відображає сучасні тенденції збільшення швидкостей передачі даних в мережах доступу.

Наявність вбудованого калькулятора пов'язана з необхідністю забезпечити вимоги по коефіцієнту готовності на ЦРРЛЗ, що будується.

Напружена електромагнітна обстановка змушує розробників нових ЦРРЛЗ«йти» в діапазони частот вище 13 ГГц.

В Україні на даний момент часу існує широко розвинена мережа аналогових магістральних і внутрішньозонових РРЛЗ.

Зміни, викликані зростаючою кількістю цифрових стиків традиційного кінцевого обладнання вимагають ефективних рішень для передачі цифрового трафіка по аналоговим РРЛЗ. Збільшення обсягів цифрової інформації, що передається по магістральним напрямкам, висока вартість розгортання ЦРРЛЗ на

базі сучасних цифрових технологій SDH, PDH зробило актуальним використання для передачі цифрових потоків вже розгорнуті та діючі аналогові РРЛЗ.
Можливі шляхи вирішення цього насущного завдання:
встановлення нового цифрового радіорелейного обладнання (повна модернізація РРЛЗ);
поетапна модернізація існуючих аналогових радіорелейних ліній для передачі цифрової інформації – цифровізація окремих вузлів аналогових РРЛЗ.
Заміна на РРЛЗ аналогового трафіка цифровим дозволяє забезпечити:
електромагнітну сумісність при передачі сформованого цифрового трафіку із залишками аналогового трафіку, оскільки клас радіовипромінення не змінюється;
працездатність цифрової апаратури при збереженні специфічних методів телеконтролю й резервування, що використовуються в існуючих аналогових радіорелейних лініях;
додатковий контроль якості цифрового каналу зв'язку; додаткові канали службового зв`язку;
можливість використання системи телекерування й телеконтролю.



Рисунок 52 – Молодші моделі РРС фірми NEC останнього покоління, що встановлюються окремо



Рисунок 53 – Середні моделі РРС фірми NEC останнього покоління, що встановлюються окремо



Рисунок 54 – Старші моделі РРС фірми NEC останнього покоління, що встановлюються окремо

Основні *види плат, притаманних РРС*, встановлюваних раздельно.

1) *Блоки живлення* – перетворювачі напруги постійного струму, що формують шини живлення всередині корпусу. У разі монолітних і частково компонованих внутрішніх блоків вони можуть бути єдиним цілим з корпусом.

2) *Блоки вентиляторів* – виконують функцію охолодження та підтримання температури всередині корпусу в межах штатних значень. Можуть бути відсутніми або вбудованими в корпус.

3) *Плати управління* виконують: ініціалізацію обладнання, його налаштування, віддалене управління, координацію роботи інших плат, обробку сигналів, самодіагностику системи тощо. Містять додаткові службові порти для локального підключення, віддаленого підключення, вводу/виводу з аварійних реле сигналів іншого обладнання і т.д.

4) *Модеми* здійснюють зв'язок внутрішнього блоку і радіоблоку у вигляді коаксіального кабелю на проміжних частотах, забезпечують електроживлення радіоблоку за тим самим коаксіальним кабелем напругою постійного струму. Модеми можуть бути у вигляді окремих плат, а можуть бути інтегровані у корпус. На передній панелі модемів є характерний *ВЧ роз'єм типу TNC*.

5) *Плати співпроцесорів* виконують додаткову обробку даних. Не мають інтерфейсних портів. Виконують вузькі специфічні функції, наприклад, перетворення виділених каналів до пакетного формату і назад.

6) *Інтерфейсні плати* – плати з портами вводу/виводу різного типу: Ethernet оптичний та електричний; STM-1 оптичний, виділені канали Е1 і т. д. У разі монолітних і частково компонованих внутрішніх блоків порти можуть бути невіддільні від корпусу

РРЛ делятся по принципу физической организации на: точка-точка (point to point, PP) и точка-многоточка (point to multipoint, PMP).

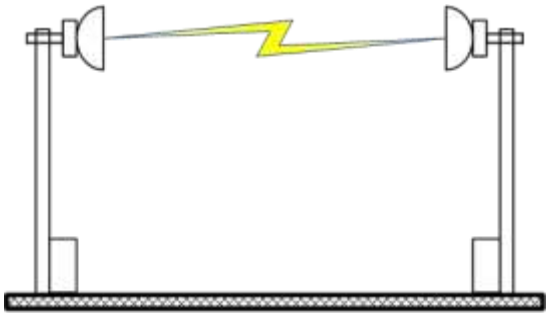


Рисунок 55 – РРЛ точка-точка.

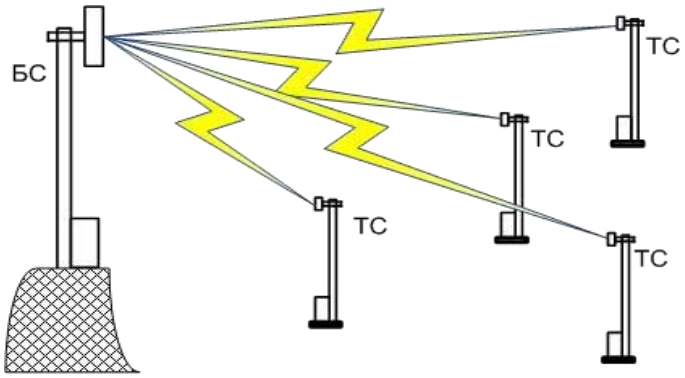
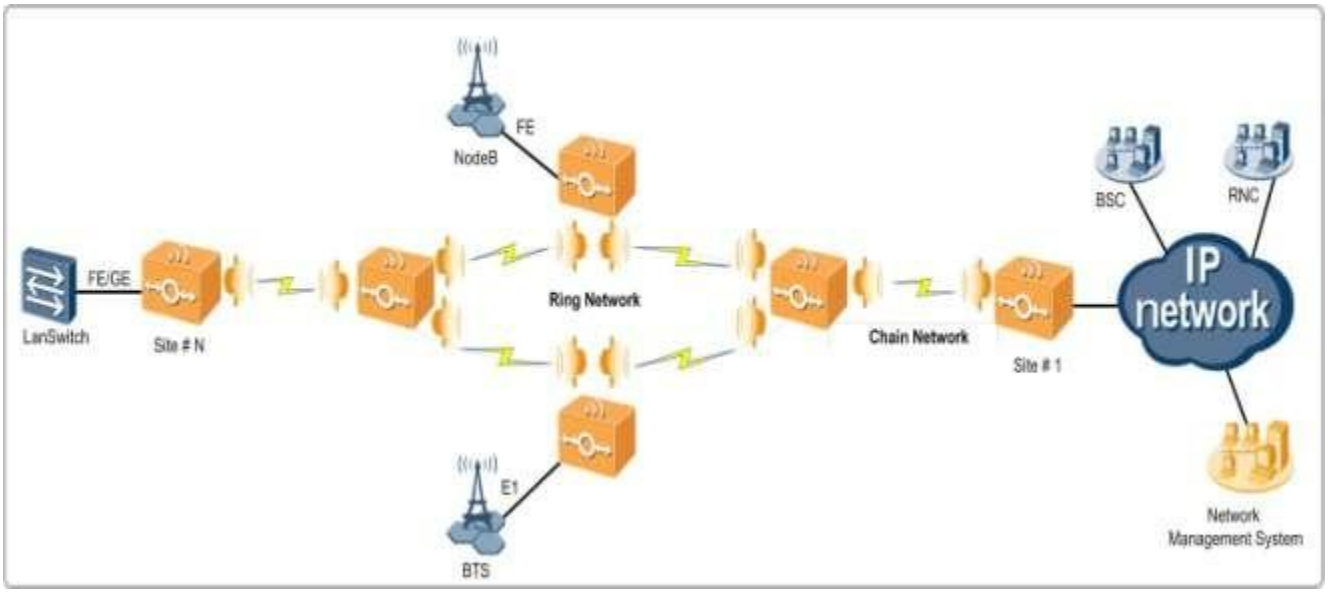


Рисунок 56 – РРЛ точка-точка.

Популярним рішенням у операторів стільникового зв’язку при побудові канальних мереж передачі даних в межах міста було використання РРЛ точка-многоточка.

8.9. Радіорелейні мережі передавання даних



Радіорелейна мережа – це один з видів радіозв'язку і складається з ланцюжка приймально-передавальних радіостанцій.

Принцип дії радіорелейного зв'язку полягає у створенні цілої системи ретрансляційних станцій, які розташовані на такій відстані, щоб могла бути забезпечена стійка робота.

Оператори сучасного стаціонарного зв'язку використовують радіорелейний зв'язок в основному у важкодоступних місцях: в горах, заповідниках та т.п.

Високі швидкості передачі інформації, простота установки та широкий вибір інтерфейсів з'єднання з кінцевим обладнанням роблять радіорелейні мережі гідною альтернативою для сучасних провідних каналів зв'язку.

Всі радіорелейні системи зв'язку розрізняються по:

прохідній здібності: високошвидкісні (передача даних вище 140 Мбіт/с), середньошвидкісні (передача даних до 52 Мбіт/с) та низькошвидкісні (передача даних до 8 Мбіт/с);

ємності релейного лінії: велика, середня та мала; кількості прогонів в РРЛ: однопрогонові та багатопрогонові.

Радіорелейні лінії вибирають в залежності від завдань, які з їх допомогою будуть виконуватися.

Високошвидкісні лінії великої ємності застосовуються в глобальних мережах передачі даних. Інакше вони називаються *магістральними*.

Радіорелейна вісь – спосіб організації РР зв'язку, при якому зв'язок одного кореспондента (ПУ) із декількома кореспондентами (ПУ) здійснюється по радіорелейній лінії, побудованої в напрямку переміщення старшого штабу.

Радіорелейна вісь будується за допомогою станцій важкого типу (Р-404, Р-414) Канали зв'язку осьової РРЛ закінчуються на кінцевих і проміжних станціях і передаються на ВЗ підпорядкованих і взаємодіючих з'єднань (частин) по сполучних лініях (або лініях прив'язки).

Мережа радіорелейного зв'язку – спосіб організації радіорелейного зв'язку, при якому зв'язок одного кореспондента (ПУ) із декількома підпорядкованими або взаємодіючими кореспондентами (ПУ) здійснюється по черзі за допомогою однієї радіорелейної станції.

При роботі в мережі на хвилю передавача старшої РРС настроюються приймачі підпорядкованих (взаємодіючих) кореспондентів.

При роботі в мережі підпорядковані радіорелейні станції працюють у режимі чергового прийому і ведуть роботу на передачу за вимогою головної РРС мережі або за термінами, визначеними розкладом.

Для зв'язку в мережі необхідно виконувати ненаправлену антену на старшому ВЗ (при цьому зменшується дальність зв'язку) або (і частіше всього) для зв'язку з кожним кореспондентом мережі необхідно переорієнтовувати антену РРС старшого ВЗ.

Радіорелейний зв'язок по мережі організується в випадку значної нестачі радіорелейних засобів на старшому ПУ.

Переваги:

менша витрата сил та засобів на старшому ВЗ;

можливість циркулярного обміну інформацією;
можливість маневру каналами. Недоліки:
зменшення каналів до кожного ПУ;
низька надійність (вихід зі строю будь якої РРС вісі призводить до втрати зв'язку між значною кількістю кореспондентів).
Існує три способи організації радіорелейного та тропосферного зв’язку, а саме напрямок радіорелейного зв’язку, вісь радіорелейног зв’язку та радіорелейна мережа.

9. Системи супутникового зв’язку (супутникові термінали Starlink), їх використання та налаштування

9.1. Глобальна супутникова система Starlink

Назва «Starlink» взята із роману Джона Ґріна «Провина зірок». Система надає доступ до широкосмугового Інтернету у будь-якій точці планети.
Термінали Starlink компанії SpaceX складаються з двох окремих супутникових мереж.
Робоча орбіта супутників до 550 км
Перша мережа повинна складатися з 4425 супутників Ku- та Ka-діапазонів.
Ku-діапазон – діапазон частот сантиметрових довжин хвиль, який простягається від 12 до 18 ГГц електромагнітного спектра (довжини хвиль від 2,5 до 1,67 см).
Ka-діапазон – діапазон частот сантиметрових та міліметрових довжин хвиль, що простягається від 26,5 до 40 ГГц електромагнітного спектру (відповідає довжинам хвиль від 1,13 до 0,75 см) і використовуються в основному для супутникового радіозв’язку та радіолокації.

9.2. Технічні характеристики супутникової системи Starlink

Відповідно документам, поданим до Федеральної комісії зі зв’язку США, супутники у космосі спілкуватимуться між собою на частоті понад 10 ГГц за допомогою лазерного променя. Із наземними станціями та терміналами користувачів зв’язок здійснюватиметься у радіо (Ku-та Ka-) діапазонах на частоті 12 ГГц.
Зазвичай зв’язок із геостаціонарним супутником має мінімальну кругову затримку сигнала (туди-назад) у 239 мс, але іноді вона може сягати і 600 мс. Супутники Starlink будуть обертатися на висоті в 1/30 цієї відстані, тому затримка сигналу становитиме лише 25-30 мс, що еквівалентно з кабельним або оптоволоконним зв’язком.
Система використовуватиме протокол peer-to-peer.
Супутники Starlink працюють на 72 орбітах по 22 у кожній, всього 1584 одиниці.
Starlink v1.5 матимуть обладнання для передачі одне одному інформації за допомогою лазерного променя. Супутники з лазерним типом передачі даних

призначені насамперед для покриття Інтернетом приполярних територій (наприклад, на Алясці). Такі апарати оснащено лазерними передавачами, що мають підвищити швидкість і стабільність сигналу.

9.3. Користувацькі термінали та наземні станції супутникової системи Starlink

Starlink потребує додаткового термінала (супутникової тарілки із роутером), що відстежуватиме супутники за допомогою фазованої антенної решітки, яку рухатиме вбудований моторчик. Встановлювати його потрібно, спрямувавши у небо.





Рисунок 57 – Користувальний термінал з антеною першого покоління Термінал

Starlink-2 є наземним елементом глобальної супутникової системи
Starlink і служить для підключення до Інтернету бездротовим способом термінального обладнання користувачів.
Швидкість передачі може коливатися від 8 Мбіт/с до 200 Мбіт/с та від 500 Мбіт/с. Затримки передачі сигналу – від 15 до 40 мс. Живлення від мережі змінного струму U=220 В. Потужність 25–30 Вт. Кут сканування антени +/-50°. Антена “бачитиме” один супутник в інтервалі приблизно від 3 до 5 хвилин, після чого відбувається перемикання на наступний апарат.
Керується система через програму в смартфоні (рис. 3.26). Антену слід встановити надворі так, щоб вона не була закритою, а була спрямованою в небо. Ідеальні показники швидкості та стабільності сигналу досягаються в умовах сприятливої погоди та відсутності густих хмар.
При температурі вище 50°С антени відключаються. Необхідно використовувати будь-яку можливу конструкцію для захисту від прямого сонячного проміння.
У всіх терміналах вбудовані датчики GPS. На серверах глобальної супутникової системи Starlink зберігаються координати всіх терміналів. При розгортанні антени необхідно забезпечити пряму видимість на 100° щодо центру антени



Рисунок 58 – Приклад розміщення антени Starlink з мето забезпечення прямої видимості на 100° щодо центру антени

9.4. Основні принципи роботи системи зв'язку Starlink

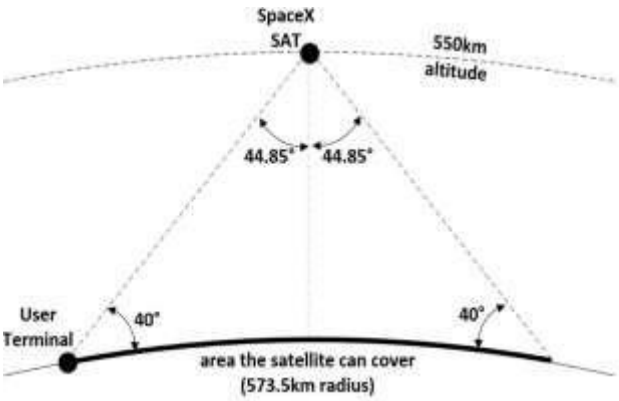
Starlink використовує супутники на низьких орбітах, близько 550 км від Землі. У порівнянні із 35 786 км до геостаціонарної орбіти традиційних супутників зв'язку, це у 65 разів ближче і, відповідно, сигнал долітає у 65 разів швидше, потужність передавача може бути значно меншою. Геостаціонарні орбіти супутників з урахуванням фізики орбіт мають доволі повільний канал передачі даних з суттєвими затримками та зазвичай дуже обмежену пропускну здатність на передачу.



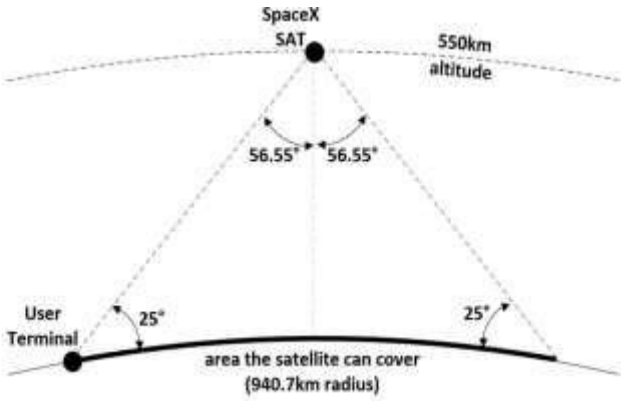
9.5. Принципи роботи супутникового зв'язку Starlink

Орбіти сузір'я супутників («рой») побудовані так, що над будь-якою точкою поверхні землі, в межах досяжності зв'язку супутникового термінала, завжди є

більш іж один супутник. Тобто в термінала Starlink завжди є доступ до супутників. Супутники Starlink пролітають в небі з досить високою швидкістю. Зв'язок забезпечують багато супутників, тобто у полі зору обладнання повинен бути хоча б один (краще декілька супутників). У середині 2023 року літало більше 4000 шт. від Gen 0.9 (тестові) до Gen 2.0, планується більше 30 тисяч.



а



б

Якщо обладнання буде вести радіообмін із таким супутником весь час, доки він летить над ним, наприклад, із нахилом на 25 градусів над обрієм (рис. б), то один супутник зможе забезпечити зв'язок абонентам в зоні з радіусом більше 940 км. Одна така зона, це десь ⅘ України. Якщо обладнання вміє «бачити» супутник із кутом нахили від 40 градусів від обрію (рис. а), то радіус буде більше 573 км. Якщо супутники літають над нами у достатній концентрації, а обладнання вміє бачити хоча б один з них, і перемикатись на інший по мірі прольотів, то фактично маємо безперервну комунікацію із мережею сузір'я таких супутників.

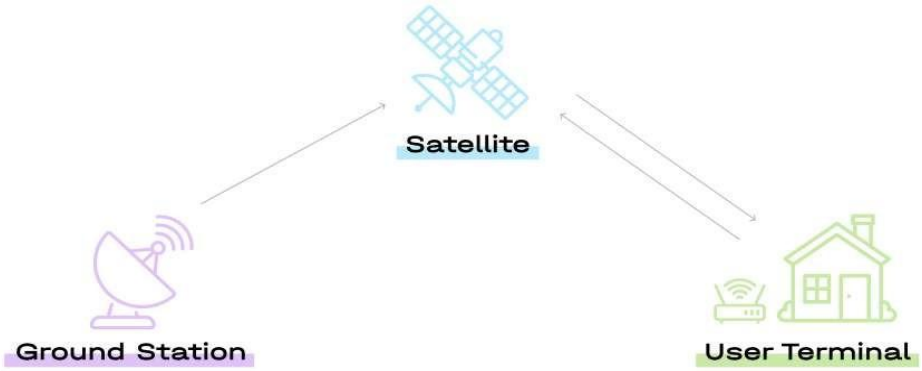
Сучасним технологіями розроблено термінал супутникового зв'язку здатним фокусуватись на ті супутники, котрі наразі летять над ним.

Достатня кількість супутників + правильний термінал = швидка та безперервна доступність зв'язку. Головним для термінала мати достатнє охоплення небокрая.

АФР (Активна Фазова Решітка) це є доступним для терміналів, що встанолені на транспортних засобах.Кожен супутник Starlink має зв'язок або з іншим супутником сузір'я, або з наземною станцією. Тобто доступ до мережі оператора є завжди у кожного супутника сузір'я.



Кожен супутник має швидкісний зв’язок або з іншими супутниками, або із наземною станцією. Тобто коли навіть супутник летить над океаном та немає ніякоо спілкування із планетою напряму, він може передавати та приймати дані через ланцюжок других супутників.
Достатньо, щоб хоча б деякі супутники мали зв’язок із мережевою інфраструктурою на землі для забезпечення мережевого доступу всьому сузір’ю на орбітах.
Наземні станції Starlink забезпечують підключення мережі оператора до Інтернет та розміщуються у багатьох країнах світу. Тобто у сузір’я супутників завжи є доступ до мережі Інтернет із багатьма альтернативними варіантами доступу у випадку збоїв.
Чим більше наземних станцій доступно сузір’ю супутників, тим швидше дані з терміналів потрапляють в загальну мережу та назад, що забезпечить максимальну швидкість обміну між супутниковою та наземною інфраструктурою Інтернет.

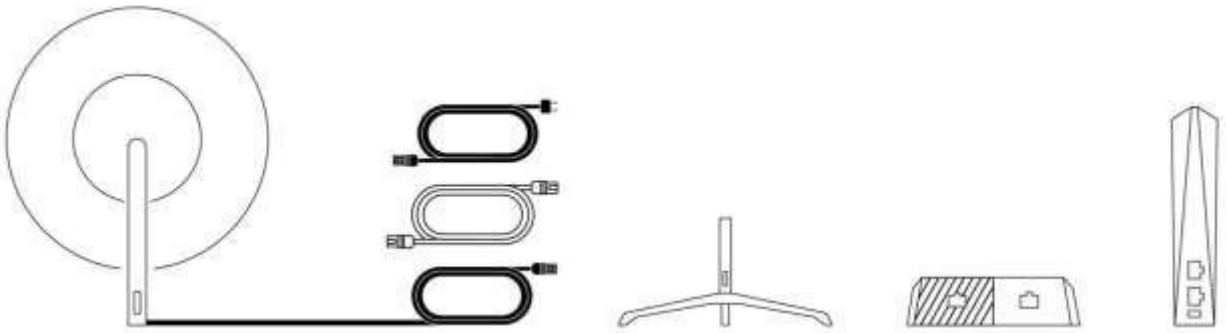


Усі супутники, котрі летять над Україною, прямо, або через інший супутник, зв’язані з інфраструктурою однієї з наземних станцій в навколишніх країнах. Над Україною завжди летить декілька супутників, котрі мають з’єднання з наземною станцією або в Литві, або в Польщі, або в Туреччині.

9.6. Умови роботи терміналів Starlink

Термінал працює завжди, якщо має:
чистий доступ до неба без перешкод (конус 100º, а ще краще 140º); нерухоме вертикальне (або з нахиленням до 15º) встановлення;якісне живлення (відповідно технічній специфікації);
активний статус терміналу в обліковому записі Starlink.

9.7. Комплект термінала Starlink



«Тарілка» (АФР - Активна Фазова Решітка) із сервоприводом та ногою/стояком.
Підставка/база (на 3 або 4 ноги).
Wi-Fi роутер із PoE інжектором (в rev3 інтегрований до роутера).
Будь-яка версія обладнання терміналу Starlink включає:
Сам термінал (User terminal) – це та сама «тарілка» (АФР у пластиковому корпусі) із сервоприводом чи без нього, та «ногою» (чи «стояком»). Зазвичай має захист IP54 або IP56. Отже «тарілка» призначена для зовнішнього використання і є самою важливою частиною комплекту.
«Тарілка» – це не просто антена, це є термінал!
Залежно від версії кабель терміналу може бути незмінний (rev1/rev2) або від'єднуваний (rev3, HP). Довжина від 12 до 44 метрів, залежно від версії.
У *комплекті є кабелі живлення та кабелі підключення Wi-Fi роутера* (rev1, HP).
Якщо стояк терміналу фіксується за допомогою якогось іншого аксесуару, то металева підставка («ноги» або «база») може не використовуватись то Але Завдяки отворам в лапах будь-яка підставка може бути закріплена на буь-якій поверхні.
Wi-Fi роутер (Router) може отримувати живлення через PoE (rev1/rev2) або мати вбудований блок живлення (rev3, HP) для використання лише всередині приміщень.

9.8. Комунікація терміналів та супутників, діапазони частот

Для передачі даних мережа супутникового зв'язку Starlink використовує певні частотні діапазони.
Ці діапазони зазвичай зарезервовані національними регуляторами, але в реаліях існують випадки, коли діапазони Starlink співпадають із діапазонами, використовуваними деякими іншими типами обладнання – мобільний зв'язок, радари та т.п.
Супутники передають дані для наземних терміналів у діапазоні 10,7-12,7 ГГц.
Наземні термінали передають дані на супутники у діапазоні 14,0-14,5 ГГц, але може бути використаний і діапазон 12,75-13,25 ГГц.

Супутники передають дані для наземних станцій Starlink у діапазонах 10,7-12,7 ГГц, 17,8-18,6 ГГц, 18,8-19,3 ГГц та 19,7-20,2 ГГц.
Наземні станції Starlink передають дані на супутники у діапазонах 14,0-14,5 ГГц, 27,5-29,1 ГГц та 29,5-30,0 ГГц.
Комунікація між супутниками ведеться як у радіодіапазонах, про котрі інформація в різних джерелах різниться, так і через лазерні канали зв'язку (починаючи від супутників Gen1.9).

9.9. Комунікація терміналів та супутників

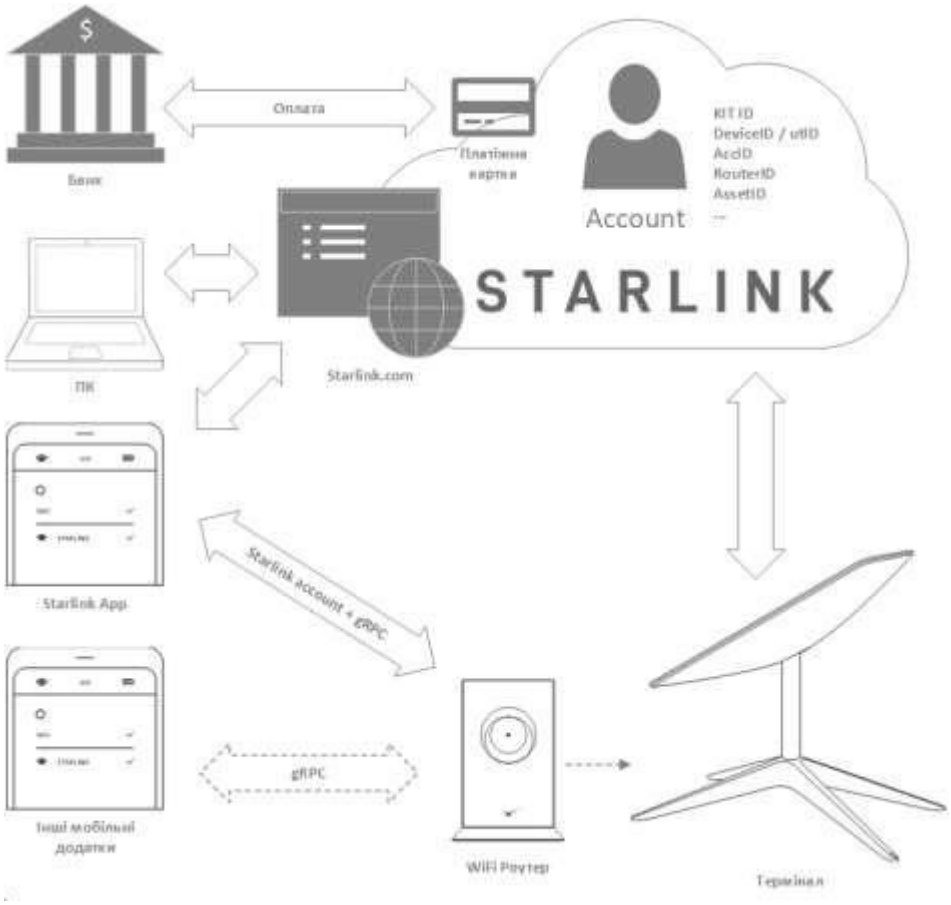
Супутники Starlink знаходяться на низьких орбітах, близько 550 км., не висять над фіксованою точкою поверхні, а пролітають в небі зі швидкістю 27000 км/год. Якщо у полі зору обладнання є хоча б один супутник. обладнання бачить хоча б один з них, і перемикається на інший по мірі прольотів в полі зору обладнання, тобто фактично маємо безперервну комунікацію із мережею сузір'я таких супутників.



Термінал Starlink – це спеціалізований потужній комп'ютер із значним набором сенсорів.
Завдяки контролю над окремими антенами, користуючись явищем інтерференції хвиль, змінюючи амплітуду і фазу на кожному БІМФОРМЕРІ, Термінал Starlink може формувати сигнал не тільки достатньої потужності щоб дістати до орбіти, а і в потрібному напрямку. АФР може направити пелюстку сигналу з великою точністю в будь-яку точку в межах робочого кута терміналу 100-140°.
АФР працює як на передавання так і на прийом.
При включенні Starlink для встановлення зв'язку визначається місцеположення за допомогою сигналу Систем Глобального Позиціонування (GPS та інші).

Термінал має приймач GNSS сигналу (сигнали позиціонування для терміналів Starlink транслюються і супутниками SpaceX), що потрібні терміналу Starlink для визначення де та коли шукати на небосхилі пролітаючи супутники SpaceX.
Термінал Starlink за допомогою сервомоторів, якщо вони є, позиціонує АФР в оптимальному (з точки зору мережі Starlink) напрямку. Орбітальні позиції всіх супутників SpaceX відомі програмному забезпеченню термінала Starlink. Оновлення доставляються на термінал з боку операторської мережі Starlink.
Термінал Starlink за допомогою АФР направляє пелюстку (промінь) сигналу на потрібний супутник, перерахунок положення супутника і зміна положення пелюстки сигналу відбувається кожні кілька мікросекунд.
З урахуванням великої швидкості (27000 км/год.) прольоту суутників відносно Земної поверхні перемикання між супутниками відбувається приблизно кожні 4 хвилини.
Кожен супутник має декілька АФР. За допомогою одних АФР відбувається комунікація з терміналами Starlink (принцип Wi-Fi канал один – клієнтів багато, на кожного квант часу). Інші АФР супутника націлені на наземні станції Starlink в межах видимості, для трансляції Інтернет трафіку. Наземна станція працює одна на кілька супутників.
Управління супутниками та маршрутизація трафіку виконується через наземні станції Starlink.
Передача даних здійснюється за допомогою амплітудної та фазової модуляції сигналу. Призначають 6-бітові двійкові значення кожній комбінації зміни амплітуди та фази сигналу. Шість біт дає 64 різні варіанти зміни амплітуди та фази, і за допомогою 64-ох 6-ти бітових слів передають любі двійкові дані.
Техніка пересилання 6-ти бітових слів із використанням різних варіацій амплітуди та фази названа 64QAM (64-рівнева квадратурна амплітудна модуляція або модуляція методом квадратичних амплітуд).
У 64QAM інформація передається шляхом зміни амплітуди та фази синалу. Значення даних розбиваються на 6-бітові символи, кожен з яких представляється у вигляді однієї з 64 можливих комбінацій амплітуди і фази. Кожна комбінація відповідає певній точці на квадратурній діаграмі.
Для декодування сигналу на приймачі необхідно здійснити процедуру оцінювання амплітуди та фази, а потім обрати найближчу точку на квадратурній діаграмі для кожного символу. Отримані символи потім розгортаються в послідовність даних.
Час передачі одного 6-ти бітового слова становить ~10 наносекунд.
При частоті сигналу 12 гігагерц передається 90 мільйонів 6-ти бітових слів, що становить 540 мільйонів біт за секунду. Тобто 540 Mbit/sec.
Дані передаються та приймаються не одночасно. Термінал Starlink близько 74 мілісекунди з кожної секунди використовує для надсилання даних на супутник, а 926 мілісекунд надсилаються дані на термінал із супутника. Тобто ~ 8 часу здійснюється передача, решта – прийом. Для зменшення затримки кожна секунда поділена на багато таких тайм-слотів.

9.10. Важливість Starlink Account та ідентифікаторів



Послуга пов’язана з обліковим записом Starlink (Starlink account), до котрого призначаються термінали Starlink.

Для доступу до облікового запису Starlink необхідним є логін та пароль.

Доступ до облікового запису використовується як у веб-браузері, для роботи з кабінетом користувача Starlink.com , так і у мобільному додатку Starlink.

Значна частина налаштувань терміналу та роутеру у мобільному додатку Starlink доступна лише після входу в обліковий запис для якого термінал призначено. Користувач має авторизований доступ. Обліковий запис Starlink має ідентифікатор – Account ID – ACC-0000000-00000-0.

Кожен комплект терміналу має власний ідентифікатор KIT ID, виглядає як KIT00000000.

Кожний комплект містить термінал Starlink із унікальним ідентифікатором DeviceID (Device ID, DevID, ut id або UtID та виглядає як ut00000000-00000000-00000000) та Wi-Fi роутер Starlink із унікальним ідентифікатором RouterID (виглядає як 000000000000000000000000AB)

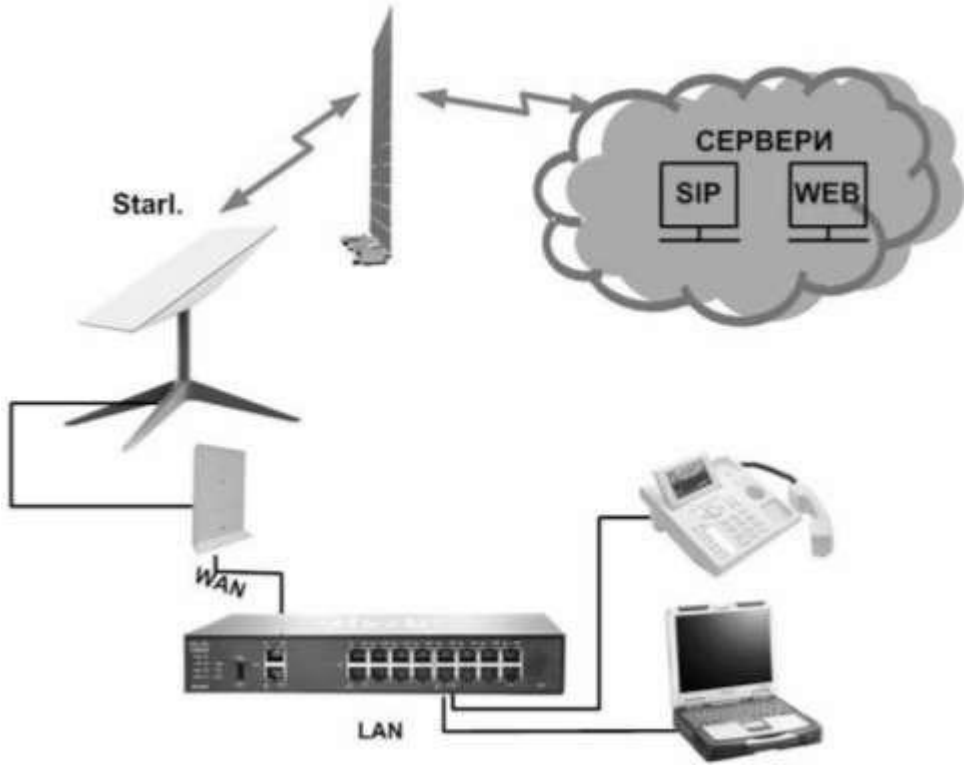
Всі ідентифікатори та логін/пароль до акаунту ключові для роботи із сервісом Starlink.

Не маючи доступу до облікового запису неможливо вирішити технічні проблеми. проконтролювати чи змінити оплату та т.п..

Доступ до таких облікових записів не надається кінцевим користуачам. Технічні проблеми з такими терміналами та обліковими записами можуть бути вирішені при зверненні до структурних центрів технічної підтримки, відповідно до інструкцій, що надаються при отриманні комплектів терміналів.
Не володіючи інформацією щодо облікового запису (контакт людини, яка має доступ до акаунту), неможливо прогнозувати його роботу і вирішувати будь-які проблеми, ані щось змінювати у послугах Starlink.
Задля запобіганню проблем завжди зберігайте всі ідентифікатори. Не маючи можливість отримати доступ до облікових записів, користувач може використовувати всі доступні інструменти – мобільний або веб-додаток Starlink та альтернативні додатки, але йому буде доступний лише обмежений набір можливостей, що не вимагають авторизацію користувача.

9.11. Термінал Starlink – міст в мережу Інтернет

Старлінк – це система супутникового Інтернету, яка надає широкосмуговий доступ до Інтернету у будь яких, навіть дуже віддалених регіонах, де доступ до традиційних мереж може бути обмеженим.



Щоб *організувати доступ з вже існуючої локальної мережі до мережі Інтернет з використанням терміналу Starlink*, необхідно налаштувати мережеве обладнання та виконати:
встановити супутниковий термінал Starlink:
встановити антену та термінал Starlink в місці, де ви плануєте мати доступ до Інтернету;
дотримуйтесь вказівок, наданих Starlink, щоб налаштувати термінал і забезпечити підключення до супутників Starlink;

підключити термінал Starlink до мережевого пристрою, такогояк маршрутизатор або комутатор за допомогою Ethernet-кабелю для забезпечення фізичного підключення між терміналом Starlink і локальною мережею;
після підключення терміналу Starlink до мережевого пристрою налаштувати мережу: налаштування IP-адреси, підмережі, маршрутизації та DNS-серверів. Залежно від конфігурації мережі необхідно виконати відповідні налаштування для забезпечення підключення до локальної мережі;
перевірити підключення до локальної мережі: після налаштування мережі переконатися, що пристрої в вашій локальній мережі можуть отримувати доступ до Інтернету через термінал Starlink. Підключити комп'ютер або інший пристрій до мережевого пристрою і відкрити веб-сторінку або здійснити інші мережеві дії;
врахувате, що доступ до локальної мережі через Starlink буде залежати від пропускної здатності та стабільності супутникового з'єднання.

9.12. Розгортання та згортання терміналів Starlink

Вибір місця розгортання Загальні вимоги:

Чисте небо без перешкод в конусі 100 градусів. Задовільні умови маскування та захисту.
Достатня довжина кабелю для безперервного підключення та живлення. Мінімальний ризик руху чи небажаного переміщення.
Можливість швидкого згортання.
Місце встановлення має бути на відстані з урахуванням довжини кабелю для безперервного підключення та забезпечення живлення. Обов’язковий захист блока живлення та роутера від вологи та дощу.
Ризик небажаного руху чи переміщення терміналу необхідно мінімізувати, щоб виключити обертання чи зсув, що може призвести до втрачання зв’язку на якийсь час.
Можливість *швидкого згортання терміналу* Starlink при евакуації з стаціонарної чи мобільної позиції.
Термінали окрім сигналів супутників Starlink мають приймати сигнали супутників систем глобального позиціонування (GPS), котрі необхідні для визначення свого місця знаходження, подальшого позиціонування АФР та допомагають зрозуміти з яким супутником у даний час необхідно комунікувати.
Вважається, що для досягнення стійкої роботи терміналу хвилі, що надходять від супутників Starlink та GPS мають попадати безперешкодно в уявний конус 100°, де нижня частина АФР є його верхівкою, тобто лінії прямої видимості (без перешкод) із вказаними супутниками мають утворювати кут із поверхнею землі не менший за 40°.
Робота терміналів з кутами на супутники меншими 40° (конус більше 100°) потенційно можлива, але це істотно впливає на термін готовності терміналу та якість звязку та може з часом бути недоступним, згідно параметрів мережі оператора.

Під *стаціонарною* розуміємо позицію, котра готується із мінімизацією ризику фізичного пошкодження терміналу Starlink та супутнього обладнання.
Вимоги щодо встановлення терміналу Starlink аналогічні загальним, переліченим раніше. Різниця лише в *додаткових заходах фізичного захисту*:
термінал можна захистити мішками з піском чи іншими певними захисними елементами, найпростіше рішення – заглиблення в грунті на достатню глибину;
кабель має бути заглиблено в землю на достатню глибину. Варто залишити петлю певної довжини в ямі із терміналом;
блок живлення та Wi-Fi роутер мають бути захищені від пошкодження, вологи та дощу.
Потреба у *використанні щогли для розміщення терміналу Starlink* доцільна тоді, коли наземне розміщення терміналу неможливе або небажане.
Додаткові вимоги для встановлення терміналу Starlink на щоглі: закріплення щогли на потрібній висоті нерухомо, задля запобіганню розкачування та небажаного руху. Можливо з використанням фіксуючих розтяжек;
кріплення терміналу до верхівки щогли має бути міцним із застосуванням спеціальних аксесуарів або альтернативних рішень.
фіксація або проведення кабеля може вимагати спеціальних рішень для мінімізації ризику пошкоджень та створення значних електромагнітних перешкод його роботі важливо – заземлення та захист від блискавок.
Дах як єдине доступне місце розміщення терміналу для задоволеня вимог конусу 140 градусів до чистого неба.
Захист від блискавок.
Кріплення/фіксація терміналу залежить від матеріалу та конструкції даху (нахил до 15 градусів).
Прокладання кабелю та його захист можуть вимагати додаткових «подовжувачів».
Один з варіантів візуальної перевірки перешкод в місці встановлення терміналу, це скористатись відповідним функціоналом в мобільному додатку Starlink pp.
Смартфон або планшет має бути обладнано камерою, гіроскопічними сенсорами, акселерометром та компасом.

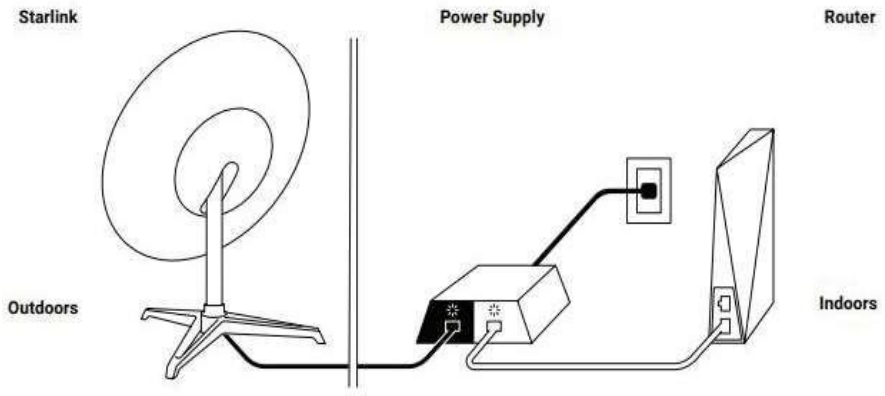
9.13. Встановлення терміналу Starlink

У процесі встановлення застосовують аксесуари:
транспортний бокс / сумка-переноска / мягкий кофр;
катушки для кабелю для прискорення розгортання та згортання, корисно мати декілька як для основного кабелю, так і до Ethernet-продовжувача.
кілки (як для намету), що дозволяють швидко «пришпілити» підставку терміналу нерухомо до землі (3-4 шт. для підставки залежно від версії терміналу, а також довільна кількість для фіксації кабелю).
зхисні колпачки на кінцівки кабелів для захисту від потрапляння бруду.

Якщо працює команда, то варто організувати декілька пробних розгортань та приготувань.
Якщо версія терміналу rev3 або HP, то кабель приєднується до терміналу до того, ніж його зафіксувати. Бажано пересвідчитись що він повністю зайшов в гніздо на терміналі.

9.14. Підключення та вмикання

Корисні аксесуари:
захисні ковпачки до RJ45 (rev1) та USB Type-C (rev3, HP) котрі можна купити в багатьох магазинах;
оригінальний замінний або опціональний кабель до терміналу Starlink rev3 та HP буває довжиною 22 та 44 метри;
продовжувачі / з'єднувачі RJ45 із відповідним герметичним захистом та параметрами відповідними до споживаній терміналом потужності.
Кабель від терміналу має бути вже підключеним до терміналу Starlink. При підключенні кабелю rev3 пересвідчитись що він повністю зайшов в гніздо.
Потім кабель підключать до відповідного порту блока живлення з PoE інжекором (rev1, HP) або до Wi-Fi роутера (rev3). Конектор повинен повністю війти в гніздо роз'єму. У випадку використання продовжувачів сумарна довжина кабелю не має перевищувати 100 метрів.
Якщо rev1/rev2, то під'єднується Wi-Fi роутер або мережеве обладнання до відповідного порту PoE інжектора відповідним Ethernet кабелем. Оригінальний кабель може бути замінений на будь який аналогічний із довжиною не більше 100 метрів.



Якщо це rev3, то під'єднується Ethernet адаптер до роутера.
Конектор повинен повністю війти в гніздо роз'єму. Потім під'єднається мережеве обладнання до роз'єму Ethernet адаптера.
Перевірити, що джерело живлення готове до роботи, всі необхідні індіктори світять та мають потрібний колір, перевірте параметри живлення.
Увімкнути кабель живлення до блока живлення з PoE інжектором (rev1, HP) та/або до Wi-Fi роутеру (rev3, HP).
Увімкніть кабель живлення до розетки 220 Вт, зарядну станцію, повербанк, інвертор, …).

Перевірити, що термінал Starlink увімкнувся по світовим індикатором блока живлення та Wi-Fi роутеру.
Увімкніть ваше мережеве обладнання, підключене до роутеру чи до PoE інжектора.
Перевірити, що все ввімкнене обладнання (блок живлення, системи живлення, роутер, інше мережеве обладнання) має захист від води та вологи (знаходиться в захищеному місці).
Перевірити, що Wi-Fi роутер та/або інше мережеве обладнання встановлено та налаштовано відповідно до правил радіо-гігієни.
Кабель від терміналу має бути вже підключеним до терміналу Starlink. При підключенні кабелю rev3 бажано пересвідчитись що він повністю зайшов в гніздо.