

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗОК

Підручник

Рекомендовано до друку і використання в освітньому процесі
вченою радою НУЦЗ України

Харків 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗОК

Підручник

Рекомендовано до друку і використання в освітньому процесі
вченою радою НУЦЗ України

Харків 2021

Авторський колектив:

О. В. Закора, кандидат технічних наук, доцент;
А. Б. Фещенко, кандидат технічних наук, доцент;
Л. В. Борисова, кандидат юридичних наук, доцент;
В. О. Собина, кандидат технічних наук, доцент;
Д. В. Тарадуда, кандидат технічних наук, доцент;
М. О. Демент кандидат педагогічних наук;
І. М. Неклонський кандидат воєнних наук.

Рецензенти: кандидат технічних наук, доцент, **Л. О. Нікітіна**, заступник завідувача кафедри систем інформації факультету комп'ютерних та інформаційних технологій Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут"; доктор технічних наук, старший науковий співробітник **В. В. Тютюник**, начальник кафедри управління та організації діяльності у сфері цивільного захисту факультету цивільного захисту НУЦЗ України.

Рекомендовано до друку і використання в освітньому процесі
вченою радою НУЦЗ України
(протокол від 27.05.2021 № 9)

Закора О. В.

Автоматизовані системи управління та зв'язок: підручник /
А. Б. Фещенко, Л. В. Борисова, В. О. Собина, Д. В. Тарадуда,
М. О. Демент, І. М. Неклонський. – Х.: НУЦЗУ, 2021. – 288 с.

У підручнику розглянуто загальні принципи функціонування засобів проводового та радіозв'язку, що використовуються підрозділами ДСНС України, структуру автоматизованої системи зв'язку, оповіщення та оперативно-диспетчерського управління ДСНС України, сучасні та перспективні напрями розвитку цих засобів та систем. Рівень викладення матеріалу дозволяє використовувати його у навчальному процесі для навчання здобувачів вищої освіти під час роботи на посаді інженера, науковця, практичного фахівця, які працюють у сфері цивільного захисту та охорони праці.

Підручник призначено для здобувачів вищої освіти, які навчаються на першому (бакалаврському) рівні в галузі знань 26 "Цивільна безпека".

УДК35.078.3(075.8)

© Фещенко А. Б., Борисова Л. В.,
Закора О. В., Собина В. О.,
Тарадуда Д. В., Демент М. О.,
Неклонський М. І., 2021
© НУЦЗУ, 2021

Зміст

Вступ.....	6
Глава перша Основи побудови систем провідного зв'язку підрозділів ДСНС України	7
Розділ 1 Класифікація систем зв'язку підрозділів ДСНС України. Провідний зв'язок, його складові елементи	7
1.1 Основні поняття та визначення. Загальна класифікація систем електрозв'язку	7
1.2 Провідний зв'язок, його складові елементи	11
1.3 Принципи побудови провідного зв'язку	15
1.4 Призначення і складові елементи телефонного зв'язку	16
1.5 Призначення, особливості побудови і засоби провідного диспетчерського зв'язку ОРС ДСНС України	18
Питання та завдання для самостійного контролю знань	20
Розділ 2 Загальні характеристики провідних каналів зв'язку.....	21
2.1 Чисельні характеристики сигналів зв'язку	21
2.2 Дальність провідного зв'язку.....	25
2.3 Побудова двобічних каналів	27
2.4 Види та ТТХ кабелів зв'язку	29
2.5 Спеціальні кабелі зв'язку	33
Питання та завдання для самостійного контролю знань	37
Розділ 3 Призначення, склад та технічні характеристики телефонних апаратів систем МБ, ЦБ. Класифікація АТС	38
3.1 Загальні відомості про телефонні апарати	38
3.2 Типова побудова телефонного апарата.....	39
3.3 Вугільний мікрофон. Побудова і принцип дії.....	44
3.4 Електромагнітний телефон.....	46
3.5 Особливості телефонних апаратів системи МБ	47
3.6 Телефонні апарати систем ЦБ.....	50
3.7 Класифікація АТС	51
Питання та завдання для самостійного контролю знань	52
Розділ 4 Сучасні та перспективні технології провідного зв'язку.....	53
4.1 Загальні тенденції розвитку провідного зв'язку	53
4.2 Класифікація та протоколи модемного зв'язку.....	55
4.3 Улаштування сучасних модемів	63
4.4 ІР-телефонія	68
Питання та завдання для самостійного контролю знань	76
Глава друга Основи побудови систем радіозв'язку підрозділів ДСНС України	77
Розділ 5 Радіозв'язок у ДСНС. Прогнозування дальності розповсюдження радіохвиль	77
5.1 Основні поняття і визначення. Принципи та найпростіша система радіозв'язку	77

5.2 Розподіл спектру радіохвиль	83
5.3 Властивості радіохвиль	84
5.4 Особливості розповсюдження радіохвиль різних діапазонів.....	86
5.5 Дальність радіозв'язку	93
5.6 Радіостанції підрозділів ДСНС України.....	96
Питання та завдання для самостійного контролю знань	100
Розділ 6 Основні ТТХ та конструкції антенно-фідерної техніки систем радіозв'язку	101
6.1 Утворення та параметри електромагнітної хвилі	101
6.2 Основні параметри і властивості антен	103
6.3 Антени УКХ-діапазону та їх розрахунок	116
6.4 Антени КХ – діапазону та їх розрахунок	122
Питання та завдання для самостійного контролю знань	125
Розділ 7 Радіопередавальні пристрої радіостанцій ДСНС	126
7.1 Призначення, загальні вимоги та класифікація радіопередавальних пристроїв.....	126
7.2 Узагальнена структурна схема радіопередавача	129
7.3 Основні параметри радіопередавачів.....	130
7.4 Принципи побудови генераторів, параметри сигналу, що модулює.....	136
7.5 Формування сигналів ОМ	140
7.6 Кутова модуляція	146
Питання та завдання для самостійного контролю знань	153
Розділ 8 Радіоприймальні пристрої радіостанцій ДСНС	155
8.1 Призначення та класифікація радіоприймальних пристроїв.....	155
8.2 Основні технічні характеристики радіоприймальних пристроїв.....	157
8.3 Структурні схеми радіоприймальних пристроїв	165
8.4 Побічні канали прийому супергетеродинного приймача	169
8.5 Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів	170
Питання та завдання для самостійного контролю знань	175
Розділ 9 Джерела живлення апаратури зв'язку.....	177
9.1 Загальні відомості про джерела живлення	177
9.2 Первинні хімічні джерела струму (гальванічні елементи)	178
9.3 Вторинні хімічні джерела струму (акумулятори).....	180
9.4 Розрахунок параметрів автономних джерел живлення.....	181
9.5 Випрямлячі	182
9.6 Джерела безперервного живлення (ДБЖ)	187
9.7 Агрегати автономного живлення.	188
Питання та завдання для самостійного контролю знань	189
Глава третя Системи радіозв'язку з рухомими об'єктами	191
Розділ 10 Класифікація та основи побудови систем професійного рухомого радіозв'язку	191
10.1 Загальні відомості та класифікація мобільних систем радіозв'язку.....	191

10.2 Вимоги до систем професійного рухомого радіозв'язку та їх різновиди	196
10.3 Стільникові системи рухомого радіозв'язку.....	203
10.4 Системи персонального радіовиклику	205
10.5 Конвенціональні системи радіозв'язку.....	208
10.6 Принципи ретрансляції.....	212
10.7 Багатозонові складні диспетчерські системи	216
Питання та завдання для самостійного контролю знань	218
Розділ 11 Супутникові та радіорелейні системи зв'язку. Відомча мережа супутникового зв'язку ДСНС України.....	219
11.1 Радіорелейні системи передачі	219
11.2 Схеми ретрансляції сигналів у РРС.....	224
11.3 Супутникові системи зв'язку	227
11.4 Відомча мережа супутникового зв'язку ДСНС України	234
11.5 Супутникові системи мобільного телефонного зв'язку	237
11.6 Міжнародні ССЗ.....	240
Питання та завдання для самостійного контролю знань	244
Глава четверта Автоматизована система зв'язку, оповіщення і оперативного управління ДСНС України.....	245
Розділ 12 Види та організація зв'язку в підрозділах ДСНС України	245
12.1 Призначення, задачі і вимоги до системи зв'язку ДСНС України	245
12.2 Види зв'язку ДСНС України	251
12.3 Служба зв'язку в ДСНС	253
12.4 Організація зв'язку в гарнізоні ДСНС України	254
12.5 Організація оперативно-диспетчерського зв'язку в гарнізоні ДСНС України	257
12.6 Перспективи створення системи 112	261
Питання та завдання для самостійного контролю знань	265
Розділ 13 Задачі і принципи функціонування автоматизованої системи оперативно-диспетчерського управління підрозділами ДСНС України.....	266
13.1 Призначення, структура і принципи побудови автоматизованих систем управління (АСУ) ЦЗ	266
13.2 Призначення і задачі автоматизованої системи оперативно-диспетчерського управління підрозділами ОРС ЦЗ.....	270
13.3 Організаційно-функціональна структура СОДУ підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС.....	277
13.4 Основні технічні показники СОДУ	283
13.5 Основні економічні показники СОДУ	283
13.6 Визначення потрібної кількості диспетчерів для СОДУ	284
13.7 Основні характеристики диспетчера як функціонального елемента СОДУ	285
Питання та завдання для самостійного контролю знань	288

ВСТУП

В останні роки у державній службі з надзвичайних ситуацій України для оперативного обміну інформацією передбачається подальший розвиток систем зв'язку, триває процес автоматизації управління з використанням інформаційних технологій та АСУ. Тому вивчення основ організації зв'язку та автоматизованих систем управління має велике значення для майбутніх практичних працівників служби цивільного захисту.

Ефективність боротьби з надзвичайними ситуаціями значною мірою залежить від надійно організованої системи зв'язку. У теперішній час в гарнізонах ДСНС України широко застосовуються сучасні стаціонарні, мобільні і переносні радіостанції КХ і УКХ-діапазонів. Подальший розвиток радіозв'язку у підрозділах здійснюється у напрямку покращення технічних характеристик радіоапаратури, збільшення потужності стаціонарних радіостанцій, освоєння більш високих частот, використання новітніших технологій телекомунікації.

Впровадження нових засобів телекомунікацій відкриває широкі можливості для своєчасного виявлення надзвичайних ситуацій, дистанційного управління силами і засобами, а також оперативного документування і аналізу процесу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Ефективне використання усіх видів сучасного зв'язку у службі з надзвичайних ситуацій є можливим лише за умови оволодіння інженерно-технічними працівниками ДСНС України знаннями про:

- принципи функціонування радіоелектронної апаратури телекомунікації та управління;
- тактико-технічні характеристики і структуру засобів зв'язку;
- організацію проводового зв'язку і радіозв'язку у гарнізоні ДСНС України;
- особливості експлуатації, технічне обслуговування і ремонт засобів зв'язку і управління;
- склад, принципи побудови, використання, основні цілі та задачі автоматизованих систем оперативного управління і зв'язку.

Навчальний посібник присвячено розкриттю наведених питань, наданню теоретичних знань та деяких практичних навичок у галузі телекомунікації та автоматизованих систем управління цивільним захистом. При його написанні використаний досвід організації зв'язку та управління у кращих гарнізонах ДСНС України.

Навчальний посібник написано згідно з програмою дисципліни “Автоматизовані системи управління та зв'язок” та “Автоматизовані системи управління та телекомунікації”.

Навчальний посібник призначений для курсантів та слухачів вищих навчальних закладів ДСНС України та може бути корисним практичним працівникам служби цивільного захисту.

ГЛАВА ПЕРША

ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 1

КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС УКРАЇНИ.

ПРОВОДОВИЙ ЗВ'ЯЗОК, ЙОГО СКЛАДОВІ ЕЛЕМЕНТИ

Ефективність боротьби з пожежами та іншими стихійними лихами залежить від надійно організованої системи зв'язку та оповіщення. Зв'язок у ДСНС служить для прийому повідомлень про надзвичайні ситуації, відправлення необхідних сил і засобів до місця події, управління підрозділами на шляху прямування та при роботі на місці виклику, залучання спеціальних служб, які взаємодіють з пожежно-рятувальною службою, а також для рішення інших спеціальних завдань.

Для забезпечення належної ефективності зв'язку створюється система управління зв'язком. Основними органами управління зв'язком є пункти (вузли) зв'язку, які об'єднуються між собою мережею проводового і радіозв'язку на основі міської телефонної мережі.

1.1 Основні поняття та визначення. Загальна класифікація систем електрозв'язку

У загальному розумінні зв'язок – це процес обміну інформацією між абонентами за допомогою технічних засобів зв'язку.

Під *інформацією* розуміють сукупність відомостей про події, явища, об'єкти, процеси, поняття і факти, незалежно від форми подання – все те, що можливо використати для виконання цілеспрямованих дій.

Зв'язок – обмін інформацією чи пересилання інформації за допомогою засобів, що функціонують у відповідності з узгодженими правилами (званими в конкретних умовах протоколами).

Розвиток людської цивілізації це безперервне і динамічний розвиток засобів спілкування від особистого до суспільного, від примітивних за допомогою жестів, міміки, наскальних малюнків, звуків і світла (диму), оптичних семафорів до створення глобальних телекомунікаційних систем та мереж, що забезпечують передачу, прийом, обробку, розподіл і зберігання різноманітної інформації. Історично нам відомий поштовий зв'язок, посильний (нарочний), голубиний та інші.

Телекомунікаційні системи – це комплекс технічних засобів, що забезпечують електричний зв'язок (електрозв'язок): передачу, прийом, обробку, розподіл і зберігання різноманітної інформації за допомогою електричних сигналів.

Міжнародна конвенція з електрозв'язку визначила "Електрозв'язок" (Найробі, 1982 рік) як "... передачу, отримання та прийом знаків, сигналів, письмового тексту, зображення та звуків або повідомлень будь-якого роду по провідній, радіо– і оптичній або інших електромагнітних системах...".

Це визначення може бути виражене в більш компактній формі: електро-зв'язок – це передача і прийом повідомлень за допомогою сигналів електро-зв'язку по провідній, радіо-, оптичній або інших середовищах розповсюдження.

Вищенаведені визначення містять знакові слова; повідомлення, сигнал, сигнал електрозв'язку. Що це таке?

В теорії електрозв'язку інформація, подана в певній формі, являє собою повідомлення, що підлягає передачі на відстань. Звичайно інформація представляється сукупністю знаків, що характерні для даної мови. Ця сукупність знаків, що містить деяку інформацію, і є повідомленням.

Повідомлення – форма подання інформації для передачі її від джерела (інформації) до споживача. Стосовно сфери телекомунікацій повідомлення – це інформація, що передається за допомогою електромагнітних сигналів засобами електрозв'язку.

Приклади повідомлень: текст телеграми, мова, музика, фототелеграма-факс, телевізійне зображення, дані з виходу обчислювальних машин, команди в системах телеуправління і телеконтролю та ін.

По формі викладення повідомлення може бути дискретним або аналоговим.

При передаванні будь-якого повідомлення користуються будь-яким матеріальним носієм, що здатний розповсюджуватися з деякою швидкістю від джерела повідомлення (людини, ЕОМ, системи телекерування тощо) до адресата (людини, ЕОМ, системи телесигналізації тощо). Такими носіями можуть бути, наприклад, листоноша, звукові коливання повітря, електромагнітне поле тощо.

Повідомлення що поступило від джерела певним чином перетворюється в передавальному пристрої у сигнал (в радіозв'язку – радіосигнал) для того, щоб найкращим чином адаптувати його для передавання по лінії зв'язку (лінії радіозв'язку).

Сигнал – це матеріальний носій або фізичний процес (величина), що відображає (переносить) передане повідомлення. Для цього в процесі передачі повідомлення один або декілька параметрів сигналу змінюються в залежності з заданим правилом та повідомленням, яке передається. Між повідомленням та сигналом повинна існувати однозначна відповідність, щоб адресат зміг однозначно вилучити з сигналу передане повідомлення.

Класифікація сигналів може бути найрізноманітнішою, але особливий інтерес представляють електричні сигнали, так звані сигнали електрозв'язку, що представляють електричні напруги або струми, зміна параметрів яких у часі відображає передане повідомлення. До електричних сигналів відносяться: телефонні, телеграфні, факсимільні сигнали, сигнали передачі даних, сигнали телевізійного та звукового мовлення, телеконтролю та телекерування й ін.

З поняттям телекомунікаційні системи тісно пов'язане поняття телекомунікаційні мережі, що представляють сукупність пунктів, вузлів і ліній (каналів, трактів), які їх з'єднують.

Телекомунікаційні системи та телекомунікаційні мережі, взаємодіючи один з одним, утворюють систему електрозв'язку – комплекс технічних засобів, що забезпечують електрозв'язок певного виду.

Телекомунікаційні системи та мережі при передачі повідомлення від джерела до одержувача здійснюють певні операції, такі як:

- перетворення повідомлення, що надходить від джерела повідомлення (ДП/ІС), в сигнал електрозв'язку;
- перетворення сигналів електрозв'язку в форму, зручну для передачі і одержувача повідомлення (ОП/ПС);
- сполучення сигналів електрозв'язку з каналами передачі і станціями комутації (СК), встановленими в кінцевих пунктах (КП/ОП) або вузлах зв'язку (ВЗ/УС).

Класифікація систем електрозв'язку досить різноманітна (рис.1.1), але в основному визначається видами переданих повідомлень, середовищем поширення електричних сигналів і способами розподілу інформації: комутовані або некомутовані мережі передачі повідомлень.

Електричний зв'язок є основним способом зв'язку в підрозділах ДСНС, який призначений для передачі на відстань повідомлень за допомогою електричних сигналів. Маються на увазі такі різновиди проводового чи радіозв'язку, як телефонний, телеграфний, факсимільний, сигнали передачі даних, що були розглянуті.

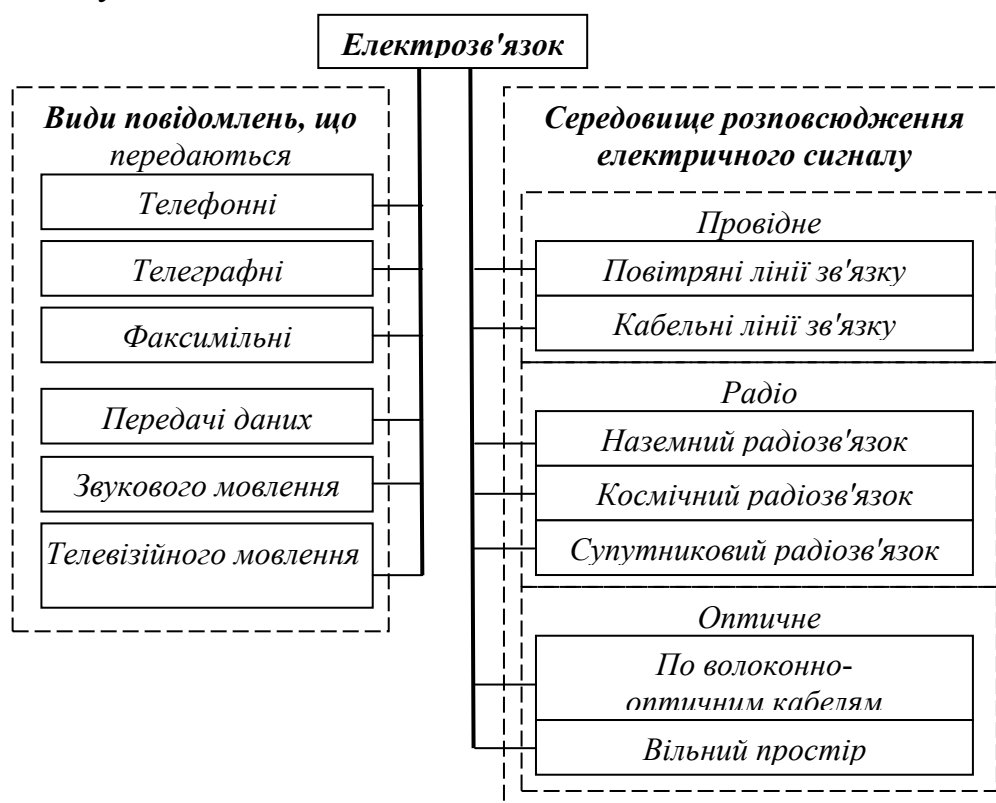


Рисунок 1.1 – Класифікація систем електрозв'язку за видами переданих повідомлень і середовища поширення

На рис.1.2 подано загальну схему, за допомогою якої здійснюється електрозв'язок. Зв'язок між абонентами АБ1 та АБ2 здійснюється за допомогою електричних сигналів, які передаються по лінії зв'язку. Електричні сигнали формуються шляхом перетворення прийомо-передавачем первинної інформації (мовної, текстової, графічної, зображення) у низькочастотні (НЧ) електричні сигнали, які через каналоутворюючу апаратуру передаються у лінію зв'язку. По лінії зв'язку здійснюється транспортування перетвореної інформації від одного абонента до іншого.

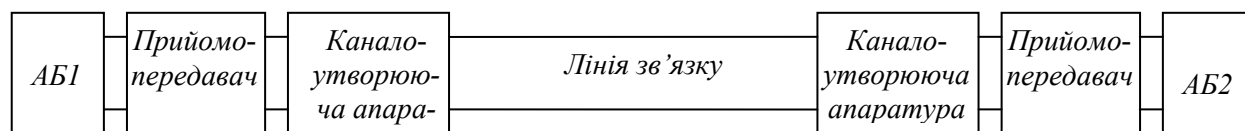


Рисунок 1.2 – Узагальнена структурна схема системи електрозв'язку

Каналом електрозв'язку називається сукупність технічних пристроїв і ліній зв'язку (середовища поширення), що забезпечують при підключенні кінцевих апаратів (абонентських пристроїв) передачу повідомлень від джерела до адресата. При такому визначенні кінцеві апарати (телефонні, телеграфні тощо) не є складовою каналу. Канал забезпечує передачу первинного сигналу в певній смузі частот або з певною швидкістю передачі між мережевими станціями або мережевими вузлами. Він існує незалежно від того, ввімкнені кінцеві апарати чи ні, передається по каналу інформація або він не зайнятий.

Основні визначення, властиві проводимим телекомунікаційним системам пояснює узагальнена структурна схема взаємодії проводимих систем і мереж представлена на рис.1.3.



Рисунок 1.3 – Взаємодія проводимих телекомунікаційних систем і мереж:

ДП – джерело повідомлення (інформації); ПП1 – перетворювач повідомлення в електричний сигнал, званий первинним електричним сигналом (надалі просто "первинний сигнал"); СК – станція комутації, що становить сукупність комутаційної і керуючої апаратури, що забезпечує встановлення різного виду сполук (місцеві, міжмісцеві, міжнародні, вхідні, вихідні, транзитні та інш.) і реалізує певний метод комутації (комутація каналів, повідомлень або пакетів); УС1 – устаткування сполучення, що здійснює перетворення первинних сигналів в лінійні електричні сигнали, фізичні характеристики яких узгоджуються з параметрами передачі середовища розповсюдження – СРП; УС-1 – устаткування сполучення, що здійснює перетворення лінійних електричних сигналів в вихідні первинні сигнали; ПП-1 – перетворювач первинного сигналу у повідомлення; ОП – одержувач повідомлення

Лінійні сигнали при проходженні по середовищу поширення відчують ослаблення (загасання), піддаються впливу різного роду спотворень і перешкод. Для усунення впливу цих факторів на якість передачі сигналів, через певні відстані в залежності від виду системи передачі встановлюються підсилювачі, регенератори або ретранслятори, які разом із середовищем поширення утворюють лінійний тракт системи передачі.

Канал зв'язку разом з джерелом повідомлення і його отримувачем при заданих (обраних) методах перетворення повідомлення в сигнал (а також відновлення з прийнятого сигналу) називається найпростішою *системою зв'язку*.

1.2.1 Класифікація ліній електрозв'язку

Лінії зв'язку поділяються на два типи: без проводів та лінії на основі направляючих систем – проводів. Якщо у якості лінії зв'язку застосовується провідна лінія зв'язку, то такий вид зв'язку згідно загальної класифікації називається провідним зв'язком.

Класифікація ліній електрозв'язку наведена на рис.1.4.

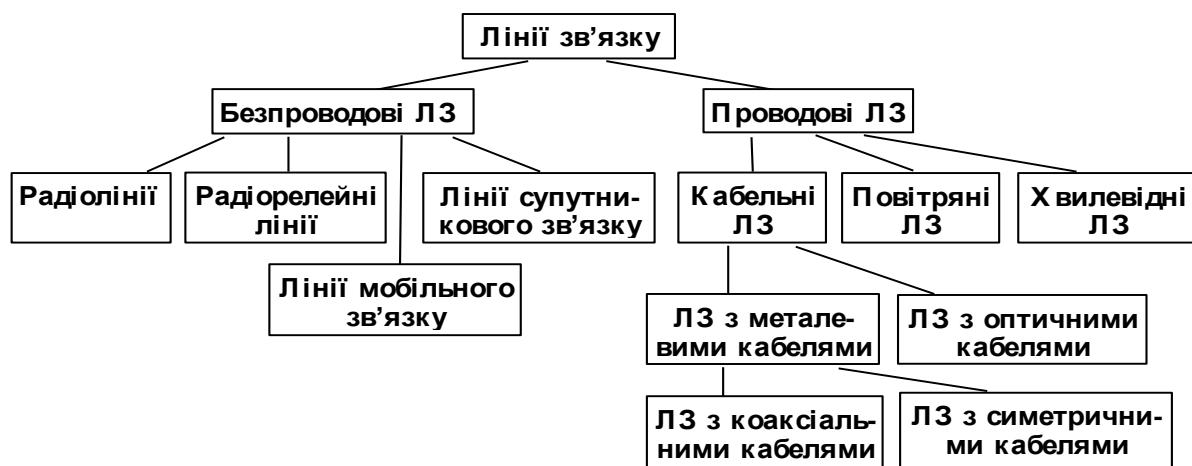


Рисунок 1.4 – Класифікація ліній електрозв'язку

Ці лінії мають свої переваги та недоліки. Проводові ЛЗ значною мірою забезпечують необхідну конфіденційність передачі інформації, більшу захищеність від впливу сторонніх полів. Недоліком цих ліній є їх стаціонарність, досить значний час на побудову лінії та на її відновлення при пошкодженні кабелю.

1.2 Проводовий зв'язок, його складові елементи

Історія розвитку провідного зв'язку

Перші дослідження з електрозв'язку відносяться до кінця 18 століття. У 1795 році іспанський дослідник де Сальва збудував пристрій, який передавав літерні повідомлення по дротах і віддалено нагадував телеграф.

Перша практична система телеграфування по дротах була запропонована у Росії інженером Шилінгом у 1828 році. Він використовував код: різні літери передавалися комбінаціями імпульсів струму по дротах. Прийом здійснювався по відхиленню магнітних стрілок у різні боці у залежності від потужності струму. Для передачі повідомлень використовувалися вісім дротів.

Однак дійсну революцію в електрозв'язку по дротах здійснили російський вчений Якобі та американець Морзе (художник). Вони практично одночасно і незалежно один від іншого створили пишучий телеграф.

Перша телеграфна лінія була збудована у Росії у 1843 році і з'єднувала Петербург з Царським Селом. Її довжина була 25 км. Перша телеграфна лінія у Сполучених Штатах довжиною 63 км була введена у дію в 1844 році і з'єднувала Вашингтон з Балтимором.

У 1850 році Якобі створив перший літеродрукувальний апарат. В ньому імпульси струму повертали спеціальне колесо з нанесеними на нього літерами, які притискалися до паперової стрічки і печатали текст.

Наступним етапом розвитку проводового зв'язку було створення телефону.

Принцип телефону був запропонований професором Бостонського університету А. Белом у 1876 р. У 1877 році йому був виданий патент на мікрофон. У 1878 р. заснована ним компанія «Бел телефон» відкрила першу в світі телефонну станцію з комутатором на 80 абонентів.

Основним видом зв'язку у ОРС є проводовий зв'язок, який забезпечує передачу і прийом повідомлень різного характеру між органами управління, підрозділами ОРС і об'єктами, що охороняються.

Проводовий зв'язок – вид електрозв'язку, при якому повідомлення передаються по проводах за допомогою електричних сигналів.

У гарнізоні ДСНС України використовуються наступні види проводового зв'язку: телеграфний; телефонний; факсимільний; передача даних комп'ютерні мережі; електронна пошта.

При використанні проводового зв'язку повідомлення можуть уводитися голосом і прийматися на слух, передаватися і прийматися за допомогою апаратів, що записують і відтворюють повідомлення у виді умовних знаків або букв і цифр, у виді нерухомих зображень – фотографій, креслень, рисунків або рухливих (телевізійних) зображень і мови абонентів.

Класифікація проводового зв'язку наведена у табл.1.1

Лінії проводового зв'язку використовують також для передачі сигналів автоматичній пожежній сигналізації, програм звукового і телевізійного віщання.

При здійсненні проводового зв'язку використовують:

- підземні і повітряні кабелі (лінії) зв'язку;
- електронні підсилювачі сигналів, що включаються через визначені відстані в розриви кабелю зв'язку;
- кінцеву апаратуру, тип якої залежить від виду проводового зв'язку.

У різних системах електрозв'язку проводовий зв'язок може сполучатися з радіозв'язком, наприклад радіорелейним зв'язком і супутниковим зв'язком.

Таблиця 1.1 – Види й характерні риси проводового зв'язку

Види ПЗ	Тип повідомлення	Апаратура	Одержувач (сприйняття) інформації
телефонна	мовне	телефонний апарат	радіотелефоніст – диспетчер (на слух)
телеграфна	текстове	телеграфний апарат	телеграфіст (візуально по телеграмі)
факсимільна (фотографічна)	тексто-графічне зображення	факсимільний апарат (факс)	диспетчер (візуально з роздруківки факсу)
передача даних (телекодова)	Тексто-графічні, програмні, мультимедійні файли	ПЕОМ, комп'ютерна мережа, електронна пошта	диспетчер – оператор ПЕОМ (візуально по зображенню монітора, на слух від динаміків)

Телефонний зв'язок – це передача на відстань мовної інформації, яка здійснюється електричними сигналами, що поширюються по проводах.

Телефонний зв'язок забезпечує ведення усних переговорів між людьми (абонентами), вилученими друг від друга практично на будь-яку відстань.

Телеграфний зв'язок – це передача на відстань по проводовим лініям зв'язку (або радіоканалу) буквено-цифрових повідомлень (телеграм) з обов'язковим записом їх у пункті прийому, яка здійснюється електричними сигналами за допомогою спеціального телеграфного коду (коду Морзе або коду Бодо).

Для передачі та прийому інформації застосовують спеціальний апарат, який називається телеграфом. Телеграфний апарат автоматично кодує інформацію при передачі телеграми на передаючому кінці і автоматично декодує та печатає її на паперовій стрічці на приймальному боці.

Відмінна риса телеграфного зв'язку – документальність: повідомлення вручається адресатові у виді друкованого (рідше рукописного) тексту.

По способу організації передачі повідомлень розрізняють симплексний і дуплексний телеграфний зв'язок.

Симплексний телеграфний зв'язок між двома телеграфними станціями (або абонентами) дозволяє передавати повідомлення в обидва боки по черзі. При цьому для передачі і прийому використовується той самий телеграфний апарат.

При дуплексному зв'язку інформація може направлятися в обидва боки одночасно, для чого на кожній станції встановлюють два апарати – для передачі і прийому – або один апарат з електронними розділеними ланцюгами прийому і передачі.

Факсимільний зв'язок (фототелеграфний зв'язок, фототелеграф) – це передача на відстань плоских нерухомих зображень (графічних, ілюстративних і

буквено-цифрових) з відтворенням їх у пункті прийому, яка здійснюється електричними сигналами, що поширюються по проводах.

Передача зображень здійснюється по телефонних лініях зв'язку з застосуванням спеціальних факсимільних апаратів (факсів). Він автоматично перетворює графічну інформацію при передачі в електричні сигнали та автоматично перетворює їх в графічну інформацію при прийомі.

Факсимільний зв'язок включає наступні основні операції:

розбивка всієї поверхні об'єкта передачі (оригіналу) у передавачі факсимільного апарата на велике число досить малих елементів (елементарних площадок), що розрізняються по визначеній фізичній ознаці (наприклад, по оптичній щільності);

послідовне – елемент за елементом – перетворення зображення об'єкта в серію електричних імпульсів, що несуть інформацію про оригінал відповідно до обраної ознаки;

передача цих імпульсів по лінії зв'язку, їхнє зворотне перетворення і запис у тій же послідовності в прийомному пристрої, у результаті чого виходить копія переданого зображення.

Тракт факсимільного зв'язку включає передавач, лінію зв'язку і приймач.

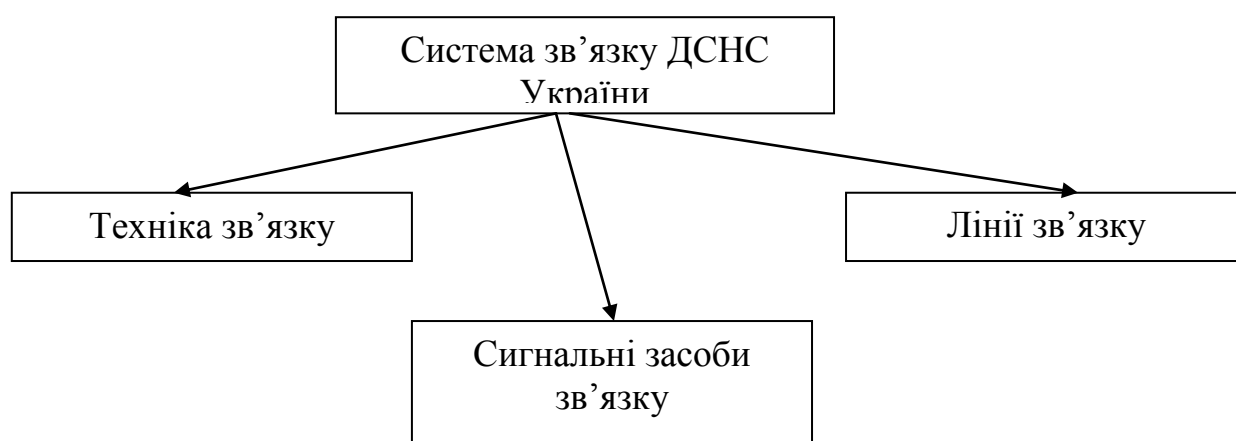


Рисунок 1.5 – Складові системи зв'язку ДСНС України

Передача даних (телекодовий зв'язок) – це передача по провідним лініям зв'язку інформації, представленої на основі заздалегідь установлених правил у формалізованому виді (знаками або безперервними функціями) і призначеної для обробки технічними засобами (наприклад, обчислювальними машинами) або вже обробленої ними. Таку інформацію називають даними. Головна відмінність передачі даних від телеграфного, телефонного й інших видів зв'язку полягає в тім, що одержувачем або відправником інформації (даних) є машина, а не людина (при ПД від ЕОМ до ЕОМ людина відсутня на обох кінцях лінії зв'язку).

К цьому виду зв'язку відносяться комп'ютерні мережі та електронна пошта, в яких забезпечується передача даних на відстань по телефонних лініях зв'язку в виді текстових або графічних електронних файлів.

До систем зв'язку підрозділів ДСНС України відносяться (рис.1.5):

- техніка зв'язку (радіостанції, радіопередавачі, радіо ретранслятори, радіорелейні станції, телеграфна, телефонна, телевізійна апаратура, апаратура телеуправління, телесигналізації, дистанційного управління, звукозапису, гучномовного та факсимільного зв'язку, оповіщення, вимірювальна апаратура, зарядні й випрямні обладнання, джерела й агрегати електроживлення та інша техніка, призначена для передачі, прийому й перетворення інформації, а також створення каналів і ліній зв'язку;

- лінії зв'язку (підземні й підводні кабелі, легкі польові кабелі зв'язку, польові кабелі далекого зв'язку, з'єднувальні і розподільні польові кабелі, арматура й матеріали для побудови чи прокладання ліній зв'язку;

- сигнальні засоби зв'язку (звукові, світлотехнічні).

1.3 Принципи побудови проводового зв'язку

Розглянемо класифікацію техніки зв'язку, яка ґрунтується на класифікації лінії зв'язку (ЛЗ). ЛЗ (рис.1.3) поділяються на безпроводові та лінії на основі направляючих систем – проводові або кабельні. Якщо у якості ЛЗ використовується проводова лінія зв'язку, то такий вид зв'язку згідно загальної класифікації називається проводовим зв'язком.

Проводовий зв'язок – вид електровзв'язку, при якому повідомлення передаються по проводах за допомогою електричних сигналів.

Проводові лінії мають свої переваги та недоліки. Ці ЛЗ значною мірою забезпечують необхідну конфіденційність передачі інформації, більшу захищеність від впливу перешкод.

Недоліком цих ліній є їх стаціонарність, досить значний час на розгортання чи побудову лінії та на її відновлення при пошкодженні.

Проводовий зв'язок є основним видом зв'язку у ОРС ДСНС, який забезпечує передачу і прийом повідомлень різного характеру між органами управління, підрозділами ОРС і об'єктами, що охороняються.

У гарнізоні ДСНС України використовуються чотири різновиди проводового зв'язку: телеграфний, телефонний, факсимільний і передача даних комп'ютерних мереж (електронна пошта).

Телефонний зв'язок – це передача на відстань мовної інформації, яка здійснюється електричними сигналами по проводах (або радіоканалу) з застосуванням спеціальних телефонних апаратів.

Телефонний зв'язок забезпечує ведення усних переговорів між людьми (абонентами), вилученими друг від друга практично на будь-яку відстань.

По напрямку передачі повідомлень розрізняють одnobічний і двобічний зв'язок. Двобічний по способу організації передачі повідомлень ділять на симплексний і дуплексний зв'язок.

Симплексний зв'язок між двома абонентами дозволяє передавати повідомлення в обидва боки по черзі. При цьому для передачі і прийому використовується той самий телефонний апарат.

При *дуплексному зв'язку* інформація може направлятися в обидва боки одночасно, для чого на кожній станції встановлюють два апарати – для передачі і прийому – або один апарат з електронними розділеними ланцюгами прийому і передачі.

1.4 Призначення і складові елементи телефонного зв'язку

Телефонний зв'язок – це передача речової інформації по провідним лініям зв'язку (або радіоканалу) з застосуванням спеціальних телефонних апаратів. Це один з найбільш масових і оперативних видів зв'язку, який забезпечує обмін інформацією у всіх областях людської діяльності.

Найпростіша телефонна лінія зв'язку має вид, наданий на рис.1.6.

Мікрофон першого абонента АБ1 (у нижній частині телефонної трубки) призначений для перетворення звуків чоловічої мови (акустичних коливань) у змінний струм. Цей струм передається по лінії зв'язку (ЛЗ – два провідники) і поступає у телефон другого абонента АБ2.

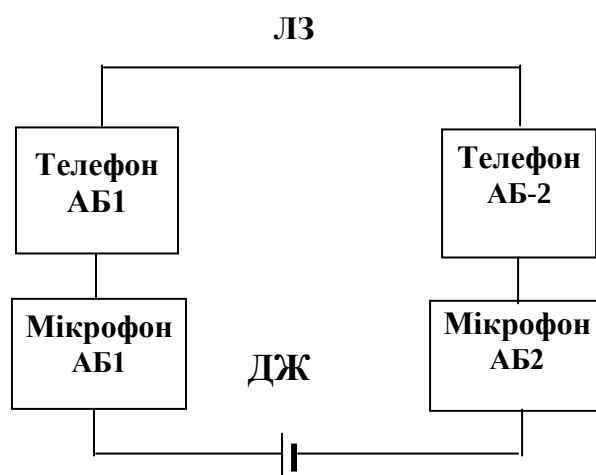


Рисунок 1.6 – Найпростіша телефонна лінія зв'язку

Телефон (у верхній частині телефонної трубки) призначений для перетворення змінного струму, що надійшов з лінії зв'язку, у звукові (акустичні) коливання, які слухає абонент АБ2.

Джерело живлення ДЖ призначено для забезпечення нормального функціонування мікрофону.

Якщо доповнити звичайний телефонний апарат радіопередавачем та радіоприймачем, а замість двохпровідної лінії зв'язку використовувати електромагнітні хвилі, то ми будемо мати пристрій, який прийнято називати радіотелефоном.

Перші радіотелефони серійно виготовлялися і застосовувалися вже з початку 30-х років. Їх відрізняє від сучасних сотових телефонів, в основному, те, що вони могли застосовуватися тільки у тому населеному пункті, де мала-ся належна телефонна станція, і не працювали за її межами.

Телефонний зв'язок зводиться до перетворення звукових коливань в електричні сигнали в мікрофоні телефонного апарата (ТА) абонента, що говорить, передачі цих сигналів по телефонних каналах зв'язку і їхньому зворот-ному перетворенню в телефоні ТА слухаючого абонента в звукові коливання, що відтворюють мову.

Комутація каналів зв'язку з метою організації тимчасових з'єднань ТА один з одним виробляється на телефонних станціях (ручним, напівавтоматич-ним або автоматичним способом).

Телефонний зв'язок підрозділяється на:

прямий – коли два абоненти безпосередньо з'єднуються між собою те-лефонною лінією (без участі АТС);

автоматичний місцевий (міський і сільський),
міжміський і міжнародний телефонний зв'язок.

Крім того, існує внутрішньовідомчий і внутрівиробничий телефонний зв'язок (диспетчерський зв'язок), а також телефонний зв'язок з рухливими об'єктами (коли один або обоє абонента знаходяться в русі – в автомобілі, лі-таку, на теплоході і т.д.), який здійснюється з залученням технічних засобів радіозв'язку (радіотелефонний зв'язок).

При автоматичному телефонному зв'язку абонент набирає номер іншого абонента на своєму ТА за допомогою дискового або кнопкового номеронаби-рача. У результаті послідовного впливу сигналів набору номера на керуючі пристрої різних ступенів шукання АТС і автоматичних вузлів зв'язку утво-риться електричний ланцюг, що з'єднує ТА зухвалого абонента з АТС, у яку включений викликуваний абонент; на цієї АТС виробляється перевірка стану абонентської лінії викликуваного абонента і, якщо лінія вільна, йому посила-ється сигнал виклику. З'єднання вважається здійсненим, як тільки викликува-ний абонент зняв мікротелефону трубку з підйомового перемикача свого ТА.

При організації міжміського і міжнародного телефонного зв'язку поряд з автоматичним застосовуються ручний і напівавтоматичний способи з'єд-нань. При ручному способі з'єднання виробляється телефоністками на станці-ях, обладнаних телефонними комутаторами, при напівавтоматичному – вико-нується на автоматичних міжміських телефонних станціях при участі телефо-ністки, робоча місце якої обладнано номеронабирачем: прийнявши заявку, вона набирає номер викликуваного абонента, і далі з'єднання здійснюється автоматично.

Якість телефонного зв'язку визначається показниками, що характери-зують головним чином якість передачі мови і якість телефонного обслугову-вання.

Якість передачі мови (розбірливість мови, її природність, голосність) залежить в основному від технічних характеристик ТА, телефонних станцій і телефонних каналів. Воно вважається високим, якщо:

- по електричних ланцюгах телефонної мережі проходять усі гармонійні складові голосу людини (форманти) у діапазоні частот від 300 до 3400 гц,
- ослаблення електричних сигналів у процесі їх проходження по каналах телефонної мережі не перевищує 30 дБ,
- припустимий рівень шумів, що виникають у результаті зовнішніх наведень і внутрішніх перешкод, не менш чим на 35 дБ нижче рівня струмів телефонного сигналу.

Для виконання цих вимог у телефонному зв'язку використовують високоякісні ТА і багатоканальні системи передачі з низьким рівнем шумів і перешкод.

Якість автоматичного телефонного обслуговування оцінюється по відсотку відмовлень під час найбільшого навантаження.

Сучасний телефонний зв'язок характеризується високим ступенем автоматизації й універсальністю технічних засобів. Перспективними є квазіелектронні й електронні АТС із програмним керуванням, у яких передбачений перехід керуючих пристроїв на програмне керування процесами комутації телефонних каналів і розподілу потоків телефонних повідомлень.

1.5 Призначення, особливості побудови і засоби проводового диспетчерського зв'язку ОРС ДСНС України

Диспетчерський проводовий зв'язок покликаний забезпечувати:

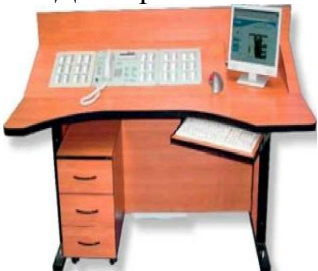
своєчасну передачу розпоряджень для спрямування оперативних підрозділів ОРС ДСНС України до місця надзвичайної ситуації, що виникла;

одержання інформації з місця ліквідації НС для централізованого управління силами і засобами ОРС.

Диспетчерський проводовий зв'язок відрізняється від автоматичного телефонного зв'язку наявністю жорстких і заздалегідь визначених напрямків взаємозв'язків, найпростішим способом установа зв'язку (натисканням ключа, керуванням голосом, зняттям мікро телефонної трубки), а також можливістю групових передач, наявністю на пультах зв'язку індивідуальних оптичних і звукових сигналів. Перераховані особливості забезпечують оперативність диспетчерського зв'язку, що виключає втрати часу на встановлення з'єднання внаслідок зайнятості абонентів або приладів колективного використання (як це має місце при у системі автоматичного телефонного зв'язку).

Для організації диспетчерського оперативного телефонного зв'язку використовуються спеціальні установки (комутатори) диспетчерського зв'язку (табл.1.2).

Таблиця 1.2 – Засоби оперативного диспетчерського зв'язку

Засоби ОДЗ гарнізону													
СОДЗ "НАБАТ" 	<table border="1"> <tr> <td>Кількість пультів оператора</td><td>0 -16</td></tr> <tr> <td>Кількість зовнішніх ліній</td><td>0 – 64</td></tr> <tr> <td>Кількість внутрішніх абонентів</td><td>8 – 192</td></tr> <tr> <td>Максимальна кількість груп, одночасно</td><td>8</td></tr> <tr> <td>Макс. в абонентів конференц-зв'язку/з них у режимі двостороннього зв'язку</td><td>Всі абоненти/24</td></tr> <tr> <td>Обсяг пам'яті записної книжки для кожного пульта оператора</td><td>до 32 номерів</td></tr> </table>	Кількість пультів оператора	0 -16	Кількість зовнішніх ліній	0 – 64	Кількість внутрішніх абонентів	8 – 192	Максимальна кількість груп, одночасно	8	Макс. в абонентів конференц-зв'язку/з них у режимі двостороннього зв'язку	Всі абоненти/24	Обсяг пам'яті записної книжки для кожного пульта оператора	до 32 номерів
Кількість пультів оператора	0 -16												
Кількість зовнішніх ліній	0 – 64												
Кількість внутрішніх абонентів	8 – 192												
Максимальна кількість груп, одночасно	8												
Макс. в абонентів конференц-зв'язку/з них у режимі двостороннього зв'язку	Всі абоненти/24												
Обсяг пам'яті записної книжки для кожного пульта оператора	до 32 номерів												
Засоби ОДЗ частин													
Телефонна станція оперативного диспетчерського зв'язку Регіон 120-ХТ 	Функції офісної АТС і послуги додаткових видів обслуговування – 62 неблокуємих розмовних каналів – Максимальна ємність первинного модуля – 54 портів. – Контрольована багатолінійна конференція до 246 абонентів – Селекторна (кероване) нарада до 246 абонентів – групові програмувальні конференції (незалежно з кожного системного апарату) – Проведення до 62 конференцій одночасно												
Пульт МФП-14 	Забезпечення оперативним зв'язком чергових і диспетчерів різних служб із розподіленою інфраструктурою; контролю стану датчиків охоронної сигналізації, керування постановкою об'єктів під охорону й зняття з її в охоронних організаціях, у чергових по об'єктах, що має власні засоби зв'язку												
робочого місця оператора СОДЗ «Протон-ССС» 	Основою СОДЗ «Вектор-М» є сучасні цифрові АТС «Протон-ССС». Багатофункціональна tastатура пульта забезпечує операторові можливість набору номера з відображенням на Рк-дисплеї, прямий виклик абонентів, індикацію їхнього стану, організацію конференц-зв'язку й т.д. При роботі оператор може використати мікротелефону трубку або гарнітуру. Убудований цифровий диктофон дозволяє оперативно записувати мовні повідомлення. Можлива паралельна робота декількох пультів. У складі СОДЗ передбачена ПЭВМ для ведення баз даних, одержання службової й довідкової інформації, а також контролю роботи ЦАТС.												

комутаційного обладнання СОДЗ «Протон-ССС» 	48-розрядний РК дисплей; 24 програмувальних, 10 функціональних й 12 кнопок набору номера; Розширення однієї або двома додатковими консолями на 48 кнопок; Автоматичний вибір вільної лінії; Набір номера без зняття слухавки; Постановка в чергу всіх вхідних викликів; Індивідуальне й колективне оповіщення; Гучномовний, селекторний зв'язок; Блокування й кодове блокування виклику; Регулювання гучності дзвінка й спікерфону; Тривалість запису телефонних переговорів на диктофон до 150 хвилин.
---	--

Список використаних джерел

1. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони МВС України (додаток до наказу № 755 МВС України від 9.06.1992 р).
2. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко. Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Надайте визначення понять "інформація", "зв'язок", "телекомунікаційні система", "повідомлення", "сигнал", "електричний зв'язок".
2. Як класифікуються системи електрозв'язку?
3. Як класифікуються системи провідного зв'язку?
4. Як здійснюється телефонний зв'язок?
5. Принцип телеграфного та фототелеграфного електрозв'язку.
6. Особливості телекодового зв'язку.
7. Призначення і засоби провідного диспетчерського зв'язку.

РОЗДІЛ 2

ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОВОДОВИХ КАНАЛІВ ЗВ'ЯЗКУ

Ефективність боротьби з пожежами та іншими стихійними лихами залежить від надійно організованої системи зв'язку та оповіщення. Зв'язок у ДСНС служить для прийому повідомлень про надзвичайні ситуації, відправлення необхідних сил і засобів до місця події, управління підрозділами на шляху прямування та при роботі на місці виклику, залучання спеціальних служб, які взаємодіють з пожежно-рятувальною службою, а також для рішення інших спеціальних завдань.

Значна роль у системі оповіщення і оперативного управління Державної служби з надзвичайних ситуацій України (ДСНС) належить системі проводового зв'язку. Метою розділу є вивчення основних принципів функціонування і технічних характеристик проводових засобів електрозв'язку.

2.1 Чисельні характеристики сигналів зв'язку

Сигнали, які використовуються для передачі повідомлень, представляються електричною потужністю, напругою або струмом, що змінюються у часі. Характер змін миттєвих значень напруги або струму сигналів однозначно відповідає переданим повідомленням.

Значення напруг (струмів) сигналів і перешкод в різних точках каналів і трактів передачі мають величини від піковольт (пікоампер) до десятків вольт чи ампер. Потужності струмів, з якими доводиться зустрічатися при розрахунках і вимірах, мають величини від часток піковат до цілих ват. Щоб полегшити вимірювання та розрахунки величин, значення яких розміщуються в широкому діапазоні (він ширший діапазону довжин від міліметра до мільйонів кілометрів), і щоб при порівнянні результатів вимірювань або розрахунків операції множення і ділення замінити відповідно складанням або відніманням, замість величин потужності, напруги і струму, виражених у Ватах (Вт), Вольтах (В) і Амперах (А) (або їх долях), використовують логарифми відносин цих величин до умовних величин, які прийняті за відлікові. Відносні одиниці, виражені в логарифмічній формі, називаються рівнями передачі. Рівні передачі, що представляють десяткові логарифми відношень однойменних величин, називаються децибелами (дБ), а ті, що представляють натуральні логарифми відношень однойменних величин, називаються Неперами (Нп). В наш час прийнято користуватися децибелами.

Розрізняють рівні передачі:

по потужності

$$p_{\text{оп}} = 10\lg(W_x/W_o), \text{ дБ} \quad \text{або} \quad p_{\text{оп}} = 0,5 \cdot \ln(W_x/W_o), \text{ Нп}, \quad (2.1)$$

по напрузі:

$$p_{\text{он}} = 20\lg(U_x/U_o), \text{ дБ} \quad \text{або} \quad p_{\text{он}} = \ln(U_x/U_o), \text{ Нп}, \quad (2.2)$$

по струму:

$$p_{oc} = 20\lg(I_x/I_o), \text{ дБ} \quad \text{або} \quad p_{oc} = \ln(I_x/I_o), \text{ Нп}, \quad (2.3)$$

де W_x, U_x, I_x – величини активної потужності, напруги, струму в контрольній точці відповідно,

W_o, U_o, I_o – величини, прийняті за відлікові при визначенні рівнів передачі.

Між рівнями передачі в дБ и Нп існують наступні співвідношення:

$$1 \text{ Нп} = 8,686 \approx 8,7 \text{ дБ} \quad \text{і} \quad 1 \text{ дБ} = 0,115 \text{ Нп}.$$

Рівні передач по потужності $p_{оп}$, напрузі $p_{он}$ і струму p_{oc} , визначені за формулами (2.1-2.3), називаються відносними і позначаються відповідно $\text{дБ}_{оп}$, $\text{дБ}_{он}$, дБ_{oc} .

Рівні передачі будуть позитивними, якщо величини потужності W_x , напруги U_x або струму I_x будуть більше відлікових величин W_o, U_o або I_o . В іншому випадку рівні передачі будуть негативними. Нульове значення зазначені рівні передачі матимуть в тому випадку, якщо $W_x = W_o, U_x = U_o$ и $I_x = I_o$.

Від логарифмічних одиниць (рівнів в децибелах) легко перейти до абсолютних величин потужності, напруги або струму по наступним очевидним формулами зворотного перерахунку:

$$W_x = W_o \cdot 10^{0,1 \cdot p_{оп}}; \quad U_x = U_o \cdot 10^{0,05 \cdot p_{он}}; \quad I_x = I_o \cdot 10^{0,05 \cdot p_{oc}}. \quad (2.4)$$

У загальному випадку чисельні значення рівнів передачі по потужності, напрузі і струму не співпадають. Однак між ними легко встановити взаємозв'язок, якщо відомі опори Z_x і Z_o , на яких виділяються потужності W_x і W_o .

Дійсно,

$$\begin{aligned} p_{оп} &= 10 \cdot \lg(W_x/W_o) = 10 \cdot \lg\{(U_x^2/|Z_x|)(|Z_o|/U_o^2)\} = \\ &= 20 \cdot \lg(U_x/U_o) - 10 \cdot \lg(|Z_x|/|Z_o|) = p_{он} - 10 \cdot \lg(|Z_x|/|Z_o|) \end{aligned} \quad (2.5)$$

або, розраховуючи аналогічно,

$$p_{оп} = p_{oc} + 10 \lg(|Z_x|/|Z_o|). \quad (2.6)$$

Рівні називаються абсолютними, якщо за вихідні (відлікові) прийняті наступні величини:

- 1) активна потужність $W_o = 1 \text{ мВ} \cdot \text{А}$ або $W_o = 1 \text{ мВт}$;
- 2) ефективна напруга $U_o = 0,775 \text{ В}$;
- 3) ефективне значення струму $I_o = 1,29 \text{ мА}$.

Якщо абсолютні рівні передачі визначаються при опорі $Z = R = 600 \text{ Ом}$, то $p_{\pi} = p_n = p_c$, що пояснюється вибором відлікових величин: $0,775 \text{ В} \cdot 1,29 \text{ мА} = 1 \text{ мВА (мВт)}$ або $0,775 \text{ В} / 1,29 \text{ мА} = 600 \text{ Ом}$.

Абсолютні рівні передачі по потужності, напрузі і струму вимірюються відповідно в дБп, дБн, дБс. Рівні передачі по струму в практичних розрахунках і вимірах використовуються дуже рідко.

Вираз (2.1) для відносного рівня по потужності можна представити в наступному вигляді:

$$p_{on} = 10 \lg(W_x/W_o) = 10 \cdot \lg \left(\frac{\frac{W_x}{1 \text{ мВА (мВт)}}}{\frac{W_o}{1 \text{ мВА (мВт)}}} \right) = 10 \cdot \lg \left(\frac{W_x}{1 \text{ мВт}} \right) - 10 \cdot \lg \left(\frac{W_o}{1 \text{ мВт}} \right) = p_{nx} - p_{no}, \quad (2.7)$$

де p_{nx} – абсолютний рівень за потужністю в розглянутій точці;
 p_{no} – рівень у відліковій точці.

Як впливає з формули (2.7), відносний рівень по потужності дорівнює різниці абсолютних рівнів потужності в точці вимірювання і точці, прийнятій за відлікову. Аналогічним чином виходить вираз для відносних рівнів по напрузі

$$p_{on} = p_{nx} - p_{no}. \quad (2.8)$$

Канал передачі представляє з себе каскадне з'єднання пасивних і активних елементів. При проходженні сигналів по каналах передачі мають місце втрати енергії в пасивних елементах або її збільшення в активних. Для оцінки змін енергії сигналу в різних точках каналу вводиться поняття робочого загасання і робочого підсилення.

Під робочим загасанням елемента тракту розуміється відношення виду:

$$A_p = 10 \cdot \lg(W_r/W_n) = p_r - p_n, \text{ дБ}, \quad (2.9)$$

де W_r – активна потужність, яку віддало би джерело (генератор) сигналу у погоджене з ним навантаження (потужність на вході),

W_n – удавана потужність, що виділяється в навантаженні чотириполюсника в реальних умовах включення (потужність на виході).

При такому визначенні враховується можлива неузгодженість на вході і виході елемента.

Робоче підсилення визначається виразом:

$$S_p = 10 \cdot \lg(W_n/W_r), \text{ дБ}, \quad (2.10)$$

При проектуванні та експлуатації обладнання телекомунікаційних систем і мереж необхідно знати величини рівнів сигналу в різних точках каналів і трактів передачі. Щоб охарактеризувати зміни енергії сигналу при його пе-

редачі, користуються діаграмою рівнів – графіка, що показує розподіл рівнів передачі вздовж тракту передачі.

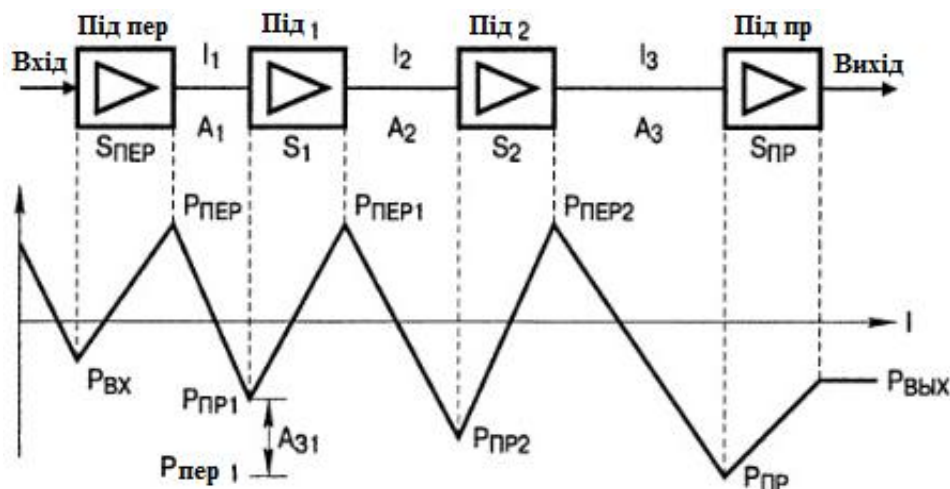


Рисунок 2.1 – Діаграма рівнів і її характерні точки

Як приклад на рис.2.1 показана діаграма рівнів каналу передачі, що складається з 4 підсилювачів і 3 ліній передачі (підсилювача передачі Під_{пер}, з підсиленням рівним $S_{пер}$, трьох ділянок лінії зв'язку (середовища поширення) довжиною I_1 , I_2 і I_3 з загасанням, рівним A_1 , A_2 і A_3 , двох проміжних підсилювачів Під₁ і Під₂ з підсиленням відповідно S_1 , S_2 і підсилювача прийому Під_{пр} з підсиленням $S_{пр}$).

На діаграмі рівнів відзначені характерні точки каналу (тракту) передачі: вхід каналу з рівнем $p_{вх}$, рівень передачі що дорівнює

$$p_{пер} = p_{вх} + S_{пер}, \quad (2.11)$$

рівні прийому на вході i -го підсилювача

$$p_{при} = p_{пер(i-1)} - A_i, \quad (2.12)$$

вихід каналу (тракту) з рівнем $P_{вих}$ і величина захищеності від перешкод на вході i -го підсилювача, що дорівнює

$$A_{zi} = 10 \cdot \lg(W_{при}/W_{прші}) = p_{при} - p_{прші}, \quad (2.13)$$

де $W_{при}$ і $W_{прші}$ – потужності сигналу і перешкоди на вході i -го підсилювача, $p_{при}$ – і $p_{прші}$ – відповідно рівні сигналу і перешкоди.

Співвідношення між рівнями сигналу на вході і виході каналу визначає його підсумкове загасання, яке дорівнює різниці між сумою всіх робочих загасань, наявних в каналі, і сумою всіх робочих підсилень:

$$A_R = \sum A_{pi} - \sum S_{pk}. \quad (2.14)$$

Для того щоб забезпечити нормальну роботу каналів і систем передачі, величини потужностей, напруг і струмів сигналів і відповідні їм рівні нормують. Нормують також припустимі рівні перешкод. При цьому доводиться зважати на те, що рівні сигналів і перешкод в різних точках каналу будуть різними. Щоб позбутися невизначеності, все нормовані величини відносять до точки тракту передачі з нульовим вимірювальним рівнем. Рівні по потужності, віднесені до точки з нульовим вимірювальним рівнем, позначають через дБп0.

Прилади для вимірювання рівнів передачі називаються показчиками рівнів і представляють із себе звичайні вольтметри, вимірювальна шкала і вхідні регулятори яких відградуйовані в рівнях по потужності або напрузі. Щоб уникнути помилок на вказівниках рівнів вказують напругу, якій відповідає нульова відмітка шкали, або величина активного опору R , на якому виділяється потужність, що відповідає 1 мВт. Найбільшого поширення набули широкосмугові та виборчі показчики рівнів, відградуйовані для $R = 600 \text{ Ом}$ і $U_0 = 0,775 \text{ В}$, $R = 150 \text{ Ом}$ і $U_0 = 0,387 \text{ В}$, $R = 75 \text{ Ом}$ і $U_0 = 0,274 \text{ В}$. При такому градуюванні значення рівнів напруги збігаються зі значеннями абсолютних рівнів потужності.

2.2 Дальність проводового зв'язку

Телекомунікаційні системи передачі – це складний комплекс технічних засобів, що включає в себе прикінцеву апаратуру, що встановлюється на кінцевих пунктах (ОП), проміжну апаратуру, що розміщується в обслуговуваних (ОПП) або необслуговуваних (НПП) підсилюючих пунктах, а також ліній зв'язку (рис.2.2).

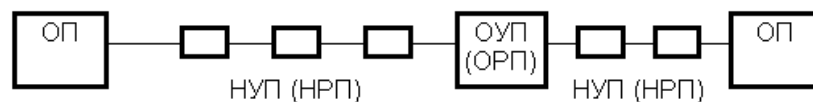


Рисунок 2.2 – Структурна схема побудови систем передачі

На відміну від аналогових систем у часових (цифрових) системах на обслуговуваних і необслуговуваних пунктах встановлюється апаратура для відновлення (регенерації) імпульсних сигналів лінійного тракту. Звідси обслуговуються і не обслуговуються пункти в цих системах прийнято називати регенераційними (ОРП, НРП).

Для чого потрібні підсилювальні і регенераційні пункти? Дальність передачі сигналів по фізичних ланцюгах (середях) визначається насамперед загасанням (ослабленням) сигналу через те, що в ланцюзі втрачається частина енергії сигналу, що передається. Конкретні електричні параметри ланцюга і чутливість приймального пристрою визначають припустиму дальність зв'язку.

Дальність безпосереднього телефонного зв'язку визначається з наступних міркувань: на виході типового мікрофона телефонного апарату середня потужність первинного сигналу дорівнює $W_M = 1 \text{ мВт}$, потужність сигналу на

вході телефону, що відповідає його нормальному сприйняттю, $W_T = 1$ мкВт. Таким чином, максимально припустиме загасання (послаблення) ланцюга між мікрофоном одного абонента і телефоном іншого

$$a_{\max} = 10 \lg(W_M/W_T) = 10 \lg(1/10^{-3}) = 30 \text{ дБ.} \quad (2.15)$$

Якщо коефіцієнт загасання лінії на км дорівнює α дБ/км, то безпосередня дальність зв'язку буде дорівнювати

$$L = a_{\max} / \alpha, \text{ км.} \quad (2.16)$$

Приклад: коефіцієнт загасання телефонного кабелю дорівнює $\alpha = 0,75$ дБ/км, отже, припустима дальність безпосереднього зв'язку складе $L_{MT} = a_{\max} / \alpha = 30 / 0,75 = 40$ км.

Максимальна дальність телефонного зв'язку складає не менше 27500 км. Отже, необхідне застосування підсилювачів і їх рівномірне розміщення по магістралі. Підсилювачі – це чотириполюсники однобічного напрямку передачі і тому потрібні два підсилювача, що забезпечують підсилення сигналів двох напрямків передачі.

В системах передачі застосовується спосіб компенсації загасання сигналів підвищенням потужності сигналу в кількох рівномірно розташованих точках тракту. Частина каналу зв'язку між сусідніми проміжними підсилювачами називається підсилювальною ділянкою. Зміна рівнів сигналу уздовж магістралі описується діаграмою рівнів, наведеною на рис.2.3.

Апаратура ОПП і НПП служить не тільки для підсилення аналогового сигналу, але і для корекції (вирівнювання) амплітудно-частотних і фазочастотних характеристик лінійного тракту. Апаратура НРП і ОРП призначена для відновлення амплітуди, тривалості і тимчасового інтервалу між імпульсами сигналу цифрових систем.

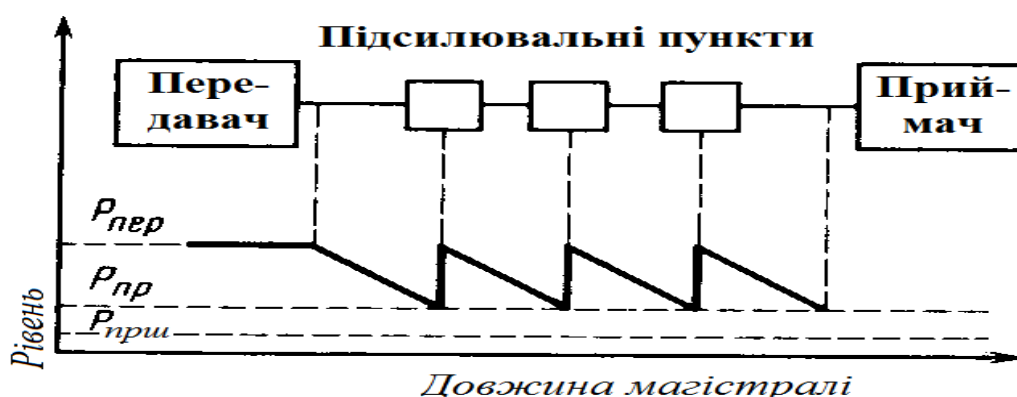


Рисунок 2.3 – Діаграма рівнів:

$R_{\text{пер}}$, $R_{\text{пр}}$ – рівні сигналу на передачі і прийомі, $R_{\text{прш}}$ – рівень перешкоди

Відстань між НПП (НРП) змінюється в широких межах для різних систем передачі і може складати від одиниць до десятків (іноді сотень) кілометрів. Як правило НПП (НРП) являє собою металеву камеру, що має підземну і наземну частини. У камері розміщуються ввідно-комутаційне і підсилювальне (регенераційне) обладнання. Апаратура ОП і ОУП (ОРП) розміщується в будівлях, де постійно перебуває технічний персонал для її обслуговування.

2.3 Побудова двобічних каналів

Для забезпечення діалогу при спілкуванні двох абонентів (людина-людина, людина-машина, машина-машина) канал передачі повинен бути двобічної дії, або двобічним каналом. Розглянуті вище типові канали є однобічними і, отже, для організації двобічного – дуплексного зв'язку необхідне використання двох типових однобічних – симплексних каналів, об'єднавши їх в двобічну єдину систему і зберегти при цьому взаємну незалежність однобічних каналів. Оскільки найбільш масовим видом зв'язку є телефонний зв'язок, то розглянемо принципи організації двобічних телефонних каналів. Отримані при цьому співвідношення і висновки справедливі для організації двобічних каналів передачі інших різновидів повідомлень.

Історично першою двобічною системою телефонного зв'язку була односмугова чотирипровідна система двобічного зв'язку (рис.2.4), при якій передача від мікрофона М одного абонента до телефону Т іншого абонента ведеться в одній смузі частот $f_1...f_2$ по двопровідній лінії. Така схема організації двобічного зв'язку економічно та експлуатаційно недоцільна, так як до абонентів потрібно підведення чотирьох ліній.

Звичайні абонентські лінії двопровідні і тому для підключення мікрофонів і телефонів до таких ліній потрібно застосування особливі розв'язуючі пристрої – РУ (протимісцева схема телефонного апарату). При цьому виходить односмугова двопровідна схема двобічного зв'язку (рис.2.5), при якій передача і в одному, і в іншому напрямках ведеться по двопровідній лінії і в одній і тій же смузі частот.

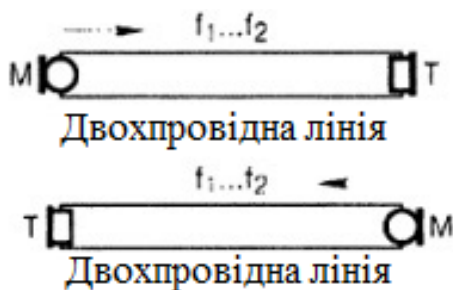


Рисунок 2.4 – Односмугова чотирипровідна схема організації двобічного телефонного зв'язку

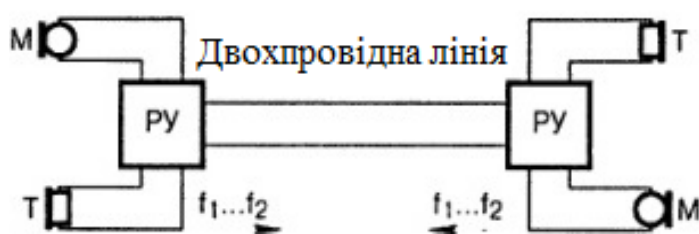


Рисунок 2.5 – Односмугова двопровідна схема організації двобічного зв'язку

Передача в прямому і зворотному напрямках ведеться в одній смузі частот, а поділ напрямків передачі здійснюється за допомогою РУ.

Двобічний зв'язок при використанні двопровідної лінії може бути здійснено за допомогою двох смуг частот: одна смуга частот (нижня) $f_1...f_2$ передається від абонента А до абонента Б, а інша смуга частот (верхня) $f_3...f_4$ передається від абонента Б до абонента А. Крім розв'язуючого пристрою, аналогічного РУ, при двосмуговій двопровідній схемі організації зв'язку повинні бути пристрої, що перетворюють вихідні сигнали в смугу частот відповідного напрямку тракту передачі та зворотного перетворення в тракті прийому. Поділ напрямків передачі здійснюється за допомогою фільтрів нижніх і верхніх частот, які називаються спрямовуючими фільтрами, чи виделкою напрямних фільтрів. Схему двопроводової двосмугової організації двобічного зв'язку наведено на рис.2.6.

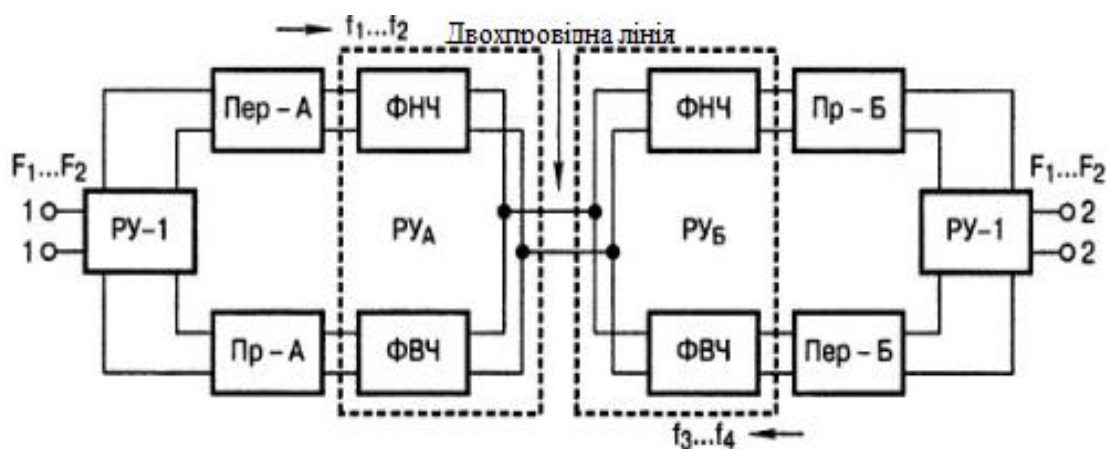


Рисунок 2.6 – Двосмугова двопровідна схема організації двобічного зв'язку

Розглянемо проходження сигналу від абонента станції А до абонента станції Б (для зворотного напрямку всі процеси будуть аналогічними) по двосмуговому двопровідному двобічному каналу передачі телефонних сигналів і їх основні перетворення.

До затисків 1-1 (2-2) підключається двопровідний тракт телефонної мережі, який використовує двопровідні фізичні ланцюга, по яких передаються телефонні сигнали у тональному діапазоні частот $F_1...F_2$. Ці сигнали надходять на розв'язуючий пристрій (РУ-1), призначений для розділення напрямків передачі і прийому. З виходу РУ-1 первинний сигнал в смузі частот $F_1...F_2$ надходить на передавач станції А (Пер-А), де відбувається його перетворення в лінійний спектр $f_1...f_2$, що передається по двопровідній лінії (фізичному ланцюгу). Формування лінійного спектра напрямку передачі від станції А до станції Б здійснюється спрямовуючим фільтром нижніх частот (ФНЧ). На станції Б сигнал виділяється аналогічним ФНЧ і поступає на вхід приймача (Пр-Б), де відбувається його перетворення в тональний спектр із смугою частот $F_1...F_2$. З виходу Пр-Б сигнал надходить на розв'язуючий пристрій (РУ-2),

призначений для поділу трактів прийому і передачі станції Б, і далі надходить у двопровідний тракт телефонної мережі.

При передачі від станції Б до станції А в передавачі станції Б (Пер-Б) здійснюється перетворення спектра первинного сигналу $F_1...F_2$ в лінійний спектр $f_3...f_4$, що виділяється спрямовуючим фільтром верхніх частот (ФВЧ). У тракті прийому станції А лінійний спектр виділяється ФВЧ і потім в приймачі станції А (Пр-А) перетворюється в тональний спектр $F_1...F_2$ і далі через РУ-1, що розділяє тракти передачі і прийому станції А, надходить в двопровідний тракт телефонної мережі.

З розглянутого очевидно, що виделки напрямних ФНЧ і ФВЧ станцій А і Б виконують роль розділюючих пристроїв (РУ_А і РУ_Б, обведені штриховими лініями), що розв'язують напрямку передачі. Частотні характеристики загасання (послаблення) ФНЧ і ФВЧ наведено на рис.2.7:

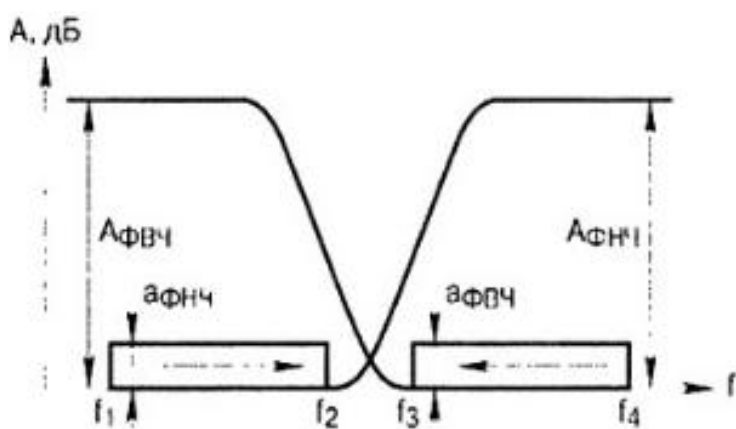


Рисунок 2.7 – Характеристики послаблення фільтрів верхніх і нижніх частот:

$A_{ФВЧ}$ – загасання направляючого фільтра верхніх частот (ФВЧ) в смузі ефективного затримування $f_1...f_2$; $a_{ФВЧ}$ – максимально-припустиме загасання ФВЧ у смузі ефективного перепускання; $A_{ФНЧ}$ – загасання фільтра нижніх частот (ФНЧ) в смузі ефективного затримування $f_3...f_4$; $a_{ФНЧ}$ – максимально припустиме загасання ФНЧ у смузі ефективного перепускання $f_1...f_2$.

2.4 Види та ТТХ кабелів зв'язку

Кабельні лінії (кабелі зв'язку -КЗ) призначені для передачі інформації струмами різних частот. По кабелях зв'язку передаються телеграми й фотозображення, телефонні розмови, програми звукового й телевізійного віщання, статистичні дані, що надходять на обчислювальні центри, сигнали телемеханічних систем і т.д.

Кабелі зв'язку класифікуються по декількох ознаках (рис.2.8):

- по конструкції – симетричні й коаксіальні;
- по спектру переданих частот f – низькочастотні ($f < 10$ кГц) і високочастотні ($f > 10$ кГц),
- по області застосування – далекого зв'язку (міжміські) і місцевого зв'язку (для міських телефонних мереж, сільського зв'язку й радіомовлення, зв'язку в шахтах і т.д.);

– по умовам прокладки – підземні, що прокладають у траншеї або в кабельній каналізації, повітряні, або підвісні (на опорах), польові і підводні, які, у свою чергу, складаються із двох груп: перша – так називані річкові кабелі, що прокладають по дну рік, каналів, озер, друга – морські й океанські кабелі, що прокладають на більших глибинах для трансморських і трансокеанських (міжконтинентальних) ліній далекого зв'язку

Струмопровідні жили симетричних кабелів, як правило, мідні однодротові діаметром від 0,3 до 1,6 мм. Ізольовані жили симетричних кабелів зв'язку скручуються в пари (один ланцюг) або четвірки (два ланцюги). Число пар у симетричних низькочастотних кабелях – від 1 до 3600 (у досвідчені до 4800), у коаксіальних – від 2 до 20 (по кожній парі може передаватися до 3600 телефонних розмов). Розрізняють 6 різновидів оболонок:

- металеві: свинцеві, алюмінієві (гладка й гофрована), сталева гофрована,
- пластмасові: поліетиленові й полівінілхлоридні, металеві-пластмасові (алюмополіетиленові).

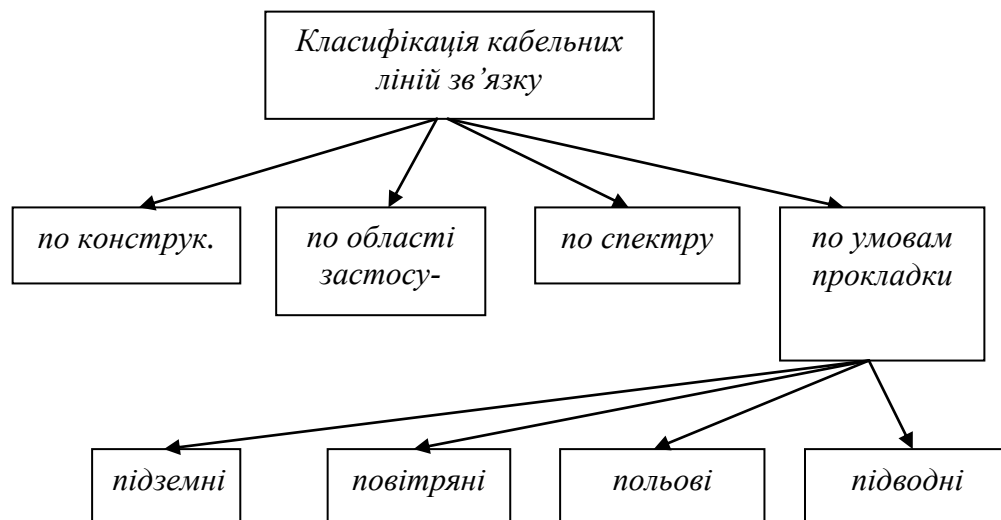


Рисунок 2.8 – Класифікація кабельних ліній зв'язку

Суміжні ділянки кабелів зв'язку з'єднуються кабельними муфтами зв'язку; приєднання кабелів зв'язку до апаратури зв'язку здійснюється кабельними кінцевими пристроями.

Варіанти побудови кабелів зв'язку надані нижче.

Гнучкий телефонний кабель (рис.2.9) знаходить широке застосування при:

- виготовленні гнучких телефонних шнурів необхідної довжини й кольори;

- комутації на телефонних кросових полях будь-якого типу і ємності;

Витий телефонний шнур використовується для підключення трубки провідного телефонного апарату до його бази.

Різновид телефонного кабелю наданий на рис.2.10.

Плоский 4-жильный телефонный кабель – економічне рішення для внутрішньої прокладки телефонних ліній. Кабель складається з 4 жил багатожильних мідних провідників, що йдуть паралельно й без скрутки. Діаметр провідника 0,4 мм. Кожен багатожильний провідник укладений у ПВХ (PVC) ізоляцію. 4 провідника, що йдуть без скрутки, укладені в загальну оболонку із ПВХ (PVC). Зовнішній вигляд наданий на рис.2.11.

Зовнішній вигляд плоского телефонного розподільного кабелю типа ТРП надано на рис.2.12. Кабель використовується для внутрішньобудинкових з'єднань.

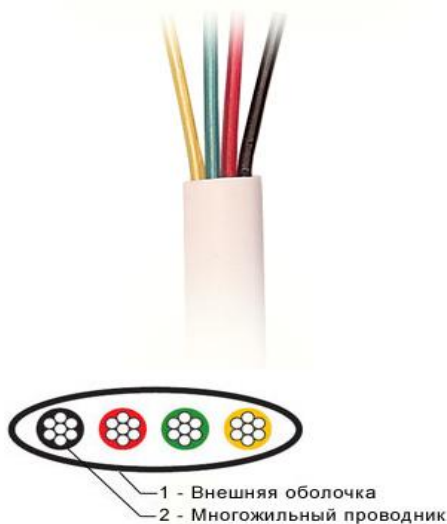


Рисунок 2.9 – Гнучкий телефонний кабель



Рисунок 2.10 – Телефонний кабель ТПП-ЭП 5*2*0



Рисунок 2.11 – Плоский 4-жильный телефонный кабель



Рисунок 2.12 – Телефонний розподільний кабель типа ТРП

Розподільні засоби, та роз'єми. Для сполучення кабельних ліній між собою, а також із засобами зв'язку застосовуються відповідні пристрої типа сполучені муфти, розподільні засоби (розгалуження) та роз'єми.

Варіант конструкції сполучної муфти для телефонних кабелів наданий на рис.2.13.

Перешкоджає проникненню вологи, що досягається завдяки використанню нетікучого гелю, що перебуває під постійним тиском. Існують муфти трьох розмірів, призначені для герметизації сполук кабелів ємністю до 30 пар.



Рисунок 2.13 – Сполучна муфта для телефонних кабелів

Муфту швидко й легко монтувати, для цього не потрібно спеціальних інструментів. Може застосовуватися в найрізноманітніших умовах навколишнього середовища. Можливі різні конфігурації муфти (тупикова, прохідна й розподільча).

Варіант розгалуження для телефонних кабелів наданий на рис.2.14.

Телефонний кабель з кінцевими вилками наданий на рис.2.15.



Рисунок 2.14 – Варіант розгалуження для телефонних кабелів (D-link DSL-30CF/RS Сплітер ADSL)



Рисунок 2.15 – Телефонний кабель з кінцевими вилками

Збільшений вигляд кінцевої телефонної вилки наданий на рис.2.16. Типова конструкція розгалуження надана на рис.2.17.



Рисунок 2.16 – Вилка телефонна на кабель із ключем TP8P8C (RJ45 with key)



Рисунок 2.17 – Розгалуження BS-84

Варіант перехіднику для розгалуження системної шини централі наданий на рис.2.18. Складається з 3 взаємносполучених RJ– конекторів (тип 4/4).

Перехідник має один штекер телефонної лінії RJ11 (6P4C) на шнурі й 5 гнізд телефонної лінії RJ11 (6P4C). У перехіднику задіяні по 4 контакти на кожному роз'ємі. Однорядні контакти всіх роз'ємів запаралелені. Використається для розгалуження телефонної лінії на 5 телефонних апаратів. Виріб може бути закріплено шурупами на стіні.

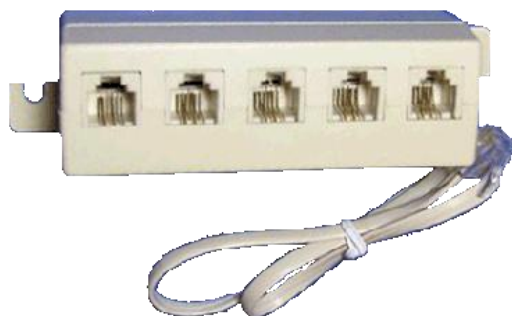


Рисунок 2.18 – Перехідник для розгалуження системної шини централі

Для включення лінійних і станційних телефонних кабелів зі свинцевою й пластмасовою оболонками ємністю 10, 20, 30, 50 й 100 пар відповідно, застосовують бокси кабельні телефонні, мають блокове виконання. Конструкція їх забезпечує кінцеве закладення кабелів з металевою й пластмасовою оболонкою. Корпуса кабельних боксів БКТ виготовлені методом лиття із силуміну й мають сталеву луджену вивідну трубку, що дозволяє робити пайку заземлюючого проводу. БКТ укомплектовані плінтами 9У.

Зовнішній вигляд кабельного боксу БКТ наданий на рис.2.19.

Для розгалуження магістральних телефонних кабелів, що підходять до поверхової телекомунікаційної кімнати від проміжного телефонного кросу застосовують спеціальні комутаційні панелі. Варіант такої панелі наданий на рис.2.20.

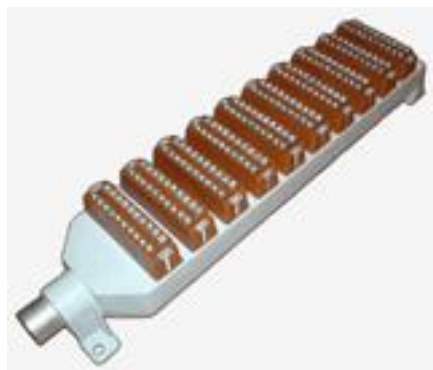


Рисунок 2.19 – Кабельний бокс БКТ

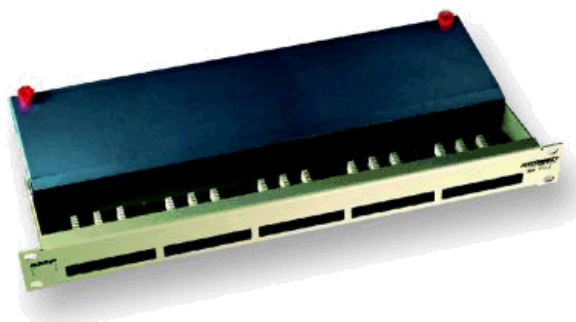


Рисунок 2.20 – Комутаційна панель для розгалуження магістральних телефонних кабелів

2.5 Спеціальні кабелі зв'язку

Польові кабелі зв'язку призначені для швидкого й многократного розгортання польових кабельних ліній зв'язку.

По призначенню їх поділяють на три групи (табл.2.1):

– легкі польові кабелі, використовувані для розгортання ПКЛ невеликої довжини, сполучних і абонентських ліній;

– внутрішньовузлові (увідно-сполучні й розподільні) кабелі зв'язку, використовувані для обладнання введів польових кабельних ліній у вузли зв'язку й з'єднання їх елементів між собою, а також для пристрою розподільної мережі внутрішнього зв'язку на пунктах управління;

– польові кабелі дальнього зв'язку, призначені для організації зв'язки на значні відстані й сполучних ліній на вузлах зв'язку.

Польові кабелі зв'язку повинні відповідати наступним вимогам:

– мала вага й габарити за умови забезпечення необхідного числа каналів передачі на необхідні відстані;

– достатня механічна міцність і гнучкість, що дозволяє багаторазово використовувати кабель і застосовувати засоби механізації при його прокладанні;

– стійкість у роботі при різних умовах прокладання й експлуатації;

– економічність і можливо більша стабільність електричних і механічних характеристик при тривалому зберіганні.

Таблиця 2.1 – Польові кабелі зв'язку

Тип кабелю	Марка кабелю	R_0 , Ом/км	$R_{из}$, МОм·км	ΔR , Ом/км	A_0 , дБ (Нп)
Легкі польові кабелі	П-2	116-119	5000 ¹⁾	0,2 ¹⁾	
	П-274м	130	1000	3	
	П-268	66	1000	2	
Увідно-з'єднувальні (внутрішньовузлові) польові кабелі	ТТВК-5'2	52,7	500 ¹⁾	–	
	ПТРК	110	200 ¹⁾	2,5	
	ВСЭК-5'2	106	1000 ¹⁾	4,5	
	П-269 (П-12)	135	5000 ¹⁾	2,5	
Польові кабелі дальнього зв'язку	П-296	55,5	5000	0,4	76,6 (8,8)
	П-270	36	5000 ¹⁾	0,6	52,2 (6)

Струмопровідні жили симетричних кабелів, як правило, мідні однодротові діаметром від 0,3 до 1,6 мм. Ізол

ьовані жили симетричних КЗ скручуються у пари (один ланцюг) або четвірки (два ланцюги). Число пар у симетричних низькочастотних кабелях – від 1 до 3600 (до 4800), у коаксіальних – від 2 до 20 (по кожній парі може передаватися до 3600 телефонних розмов).

Фідерами називаються лінії, призначені для передачі енергії змінного струму радіочастоти. Конструкції фідерів визначаються висуваними до них вимогами. Основними вимогами є:

– якомога менші втрати переданої потужності, високий ККД фідера;

– відсутність випромінювання й прийому електромагнітних хвиль проводами фідера, тобто фідер не повинен мати так званого антенного ефекту;

– висока електрична міцність, достатня для передачі великих потужностей;

– висока механічна міцність, простота конструкції, зручність прокладання та кріплення.

Найбільш високий ККД фідера отримується в режимі хвиль, що біжать. В такому режимі відсутні додаткові втрати енергії, які створювалися б при наявності відбитих хвиль. Крім того, у режимі хвиль, що біжать, вхідний опір фідера не має реактивної складової, тому що хвилі струму й напруги збігаються по фазі. В інших же режимах реактивна складова вхідного опору фідера викликає розстроювання коливальної системи генератора, що живить фідер. Випромінювання радіохвиль фідером шкідливе оскільки на такі випромінювання витрачається частина потужності, що повинна надходити на навантаження, отже, знижується ККД фідера. Крім того, хвилі, випромінювані фідером, створюють перешкоди іншим радіозасобам. Прийом радіохвиль фідером також небажаний, оскільки сигнал, що надійшов у радіоприймач від фідера, може виявитися серйозною перешкодою для основного сигналу, прийнятого антеною.

Антенний ефект проявляється слабкіше в тому випадку, коли проводи фідера розташовані на досить малій відстані один від одного (у порівнянні з довжиною хвилі). У цьому випадку поля, створювані в просторі кожним із проводів, взаємно компенсуються. Однак при близькому розташуванні проводів фідера по ньому не можна передавати великі потужності. Ефективним засобом усунення антенного ефекту є прокладання проводів лінії в екрані у вигляді трубки або металевого обплетення із дротів.

По конструктивному виконанню фідери поділяються на: двопровідні та чотирипровідні відкриті (повітряні), двопровідні екрановані, коаксіальні.

Двопровідна відкрита лінія являє собою два паралельно розташовані проводи 1 (рис. 2.21,а), закріплені на ізолюючих розпірках 2 таким чином, щоб зберігалася однакова відстань між проводами по всій довжині. Проводи лінії виготовляють з дроту або трубок. Як матеріал для проводів використовується мідь, бронза, алюміній, а також сталевий провід, покритий шаром міді (біметал). Діаметр проводів буває від 1 до 10 мм. Розпірки виготовляють звичайно з керамічних діелектриків з малими діелектричними втратами. Основною перевагою двопровідних відкритих ліній є простота конструкції. Недолік таких ліній – значні втрати енергії за рахунок поверхневого ефекту та випромінювання. Втрати на випромінювання стають неприпустимо великими вже на дециметрових хвилях. У цьому випадку відстань між проводами виявляється порівнянною з довжиною хвилі, отже поля, створювані проводами, не компенсують одне одним.

Застосування відкритих двопровідних ліній обмежується метровими діапазоном хвиль.

Ослаблення антенного ефекту у відкритих лініях може бути досягнуте застосуванням чотирипровідного фідера (рис.21,б), у якого проводи, розташовані симетрично відносно осі лінії, попарно з'єднані. Кожна пара таких проводів еквівалентна одному проводу, розташованому по цій осі, але оскільки

ки напрямок струмів у кожній парі проводів протилежний, то їхні поля взаємно знищуються.

У двопровідній екранованій лінії, так званому симетричному кабелі (рис. 2.21,в), проводи 1 ізолюються твердим діелектриком 2, а поверх нього одягається металеве обплетення 3. Це обплетення виконує роль екрана, який перешкоджає випромінюванню й прийому радіохвиль проводами фідера. Екран має захисну оболонку 4 з ізоляційного матеріалу, що захищає фідер від впливу вологи та механічних ушкоджень.

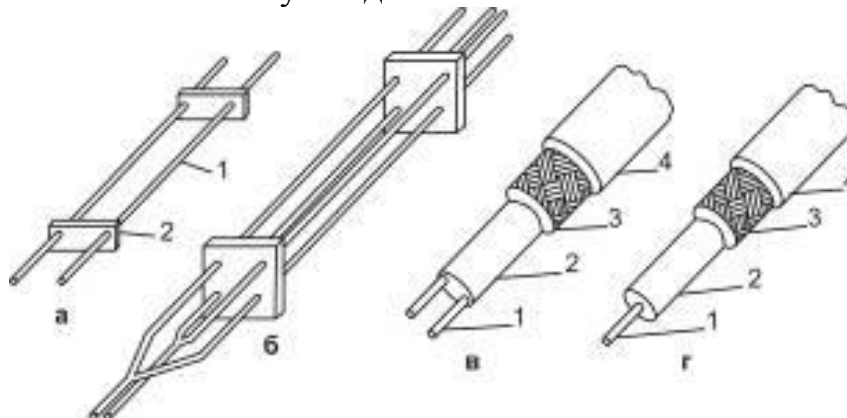


Рисунок 2.21 – Основні види ВЧ ліній передачі:

а) відкрита двопровідна; б) відкрита чотирипровідна; в) двопровідна екранована; г) коаксіальна

Екранована лінія має переваги перед відкритою лінією відносно антенного ефекту, але в екранованих лініях до втрат енергії в проводах і діелектрику між ними додаються втрати в екрані за рахунок наведених у ньому вихрових струмів. Для зменшення втрат в екрані обплетення виконується з мідних дротів. Екранована лінія поступається відкритій також відносно діелектричних втрат. Хоча в екранованих лініях застосовують високоякісні діелектрики (наприклад, поліетилен), все ж таки діелектричні втрати в них більші, ніж у повітрі. Внаслідок зростання діелектричних втрат з підвищенням частоти двопровідні, екрановані лінії виявляються непридатними для передачі енергії сантиметрових хвиль. Вони застосовуються на більш довгих хвилях – дециметрових, метрових.

Коаксіальні лінії (рис. 2.21,г) складаються із двох циліндричних проводів 1 та 3, що мають загальну вісь і розділені твердим діелектриком 2. Зовнішній провід виконується у вигляді металевого обплетення або трубки. Такі лінії називаються коаксіальними кабелями. Електромагнітне поле поширюється між центральним проводом і внутрішньою поверхнею обплетення або трубки. Як і в двопровідній екранованій лінії, втрати на випромінювання відсутні. Крім того, завдяки відносно великому діаметру зовнішнього проводу втрати за рахунок поверхневого ефекту в такому фідері менші. Разом з тим конструкція їх простіша, ніж двопровідних екранованих ліній.

Хвильовий опір коаксіальної лінії обчислюється за формулою

$$\rho = \frac{138}{\sqrt{\varepsilon}} \lg \frac{D}{d}, \quad (2.17)$$

де D – внутрішній діаметр зовнішнього проводу (обплетення або трубки);
 d – діаметр внутрішнього проводу.

Для систем УКХ радіозв'язку підрозділами ОРС використовуються в основному коаксіальні кабелі (фідери). Такі лінії можуть прокладатися коаксіальними кабелями різних типів, які мають різні електричні та механічні характеристики.

Для з'єднання КХ радіостанцій з антенними пристроями використовуються відкриті двопровідні лінії (радіостанції типу Р-130). Проте, з переоснащенням підрозділів ОРС сучасною КХ радіоапаратурою, спостерігається тенденція переходу на коаксіальні фідерні лінії, які є більш зручними для експлуатації.

Список використаних джерел

1. Бурлай 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 ДСНС України, 2007 – 224 с.
2. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов/В.В.Крухмалев, В.Н.Гордиенко, А.Д.Моченов и др.; Под ред. В.Н.Гордиенко и В. В. Крухмалева.– М.: Горячая линия-Телеком, 2004.– 510 з.іл.
3. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.
4. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони МВС України (додаток до наказу № 755 МВС України від 9.06.1992р).

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Які чисельні характеристики сигналів зв'язку Вам відомі?
2. Як пов'язані рівнів передачі по потужності, напрузі і струму?
3. Що таке робоче загасання, робоче підсилення каналу?
4. Як розраховується дальність проводового зв'язку?
5. Схеми організації двобічного зв'язку.
6. Як класифікують кабельні та фідерні лінії зв'язку?

РОЗДІЛ 3

ПРИЗНАЧЕННЯ, СКЛАД ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕФОННИХ АПАРАТІВ СИСТЕМ МБ, ЦБ. КЛАСИФІКАЦІЯ АТС

Ефективність боротьби з пожежами та іншими стихійними лихами залежить від надійно організованої системи зв'язку. Зв'язок у пожежно-рятувальній службі служить для прийому повідомлень про пожежі та інші надзвичайні ситуації, відправлення необхідних сил і засобів до місця події; управління підрозділами на шляху прямування та при роботі на місці виклику; залучання спеціальних служб, які взаємодіють з пожежно-рятувальною службою, а також для рішення інших спеціальних завдань.

Для забезпечення належної ефективності зв'язку створюється система управління зв'язком. Основними органами управління зв'язком є пункти (вузли) зв'язку, які об'єднуються між собою мережею проводового і радіозв'язку. Основу складає міська телефонна мережа.

3.1 Загальні відомості про телефонні апарати

Телефонний зв'язок – це передача речової інформації по проводовим лініям зв'язку (або радіоканалу) з застосуванням спеціальних телефонних апаратів.

Звукові коливання, які можуть сприймаються на слух, мають частоти в межах від 16 до 20000 Гц.

Коливання з частотами нижче 16 Гц називаються інфразвуковими, а коливання з частотами вище 20000 Гц – ультразвуковими.

Зміна частоти в межах звукового діапазону на слух сприймається як зміна висоти тону, при цьому більш високим частотам відповідає велика висота тону. Зміна амплітуди коливання сприймається як зміна гучності звуку. Але гучність, що сприймається, залежить не тільки від амплітуди, але і від частоти звуку й інших факторів.

Пристрої, що перетворюють електричну енергію в звукову (акустичну) або, навпаки, звукову енергію в електричну, називаються електроакустичними перетворювачами.

Якість роботи перетворювача оцінюється за наступними параметрами:

- чутливістю, що являє собою відношення корисного сигналу на виході пристрою до величини сигналу, що подається на його вхід;
- спотвореннями, що характеризують невідповідність між прийнятим та переданим сигналами.

Основними технічними засобами телефонного зв'язку є телефонні апарати.

Телефонний апарат – пристрій для передачі та прийому мовної інформації по проводовим (телефонним) лініям зв'язку.

ТА класифікуються:

- за способом живлення мікрофонів: системи МБ і ЦБ;
- за способом обслуговування: РТС і АТС;

- за способом включення розмовних приладів: з місцевим ефектом і протимісцеві;
- за конструкцією корпусу: настільні, настінні, універсальні і переносні.
- за призначенням: абонентські (звичайні) і спеціальні (вибухобезпечні, корабельні і т.п.).

3.2 Типова побудова телефонного апарату

До складу телефонних апаратів входять наступні обов'язкові елементи (рис.3.1):

- мікрофон і телефон, об'єднані в мікротелефонну трубку,
- викличний пристрій (дзвоник),
- розмовна схема з трансформатором,
- номеронабирач,
- підоймовий перемикач.

Крім перерахованих елементів до складу телефонного апарату входять також резистори, конденсатори, діоди, транзистори, що утворюють розмовний ланцюг апарату.

Комутаційно-викличну частину ТА утворюють підоймовий перемикач SA1, дзвоник HA1, розділовий конденсатор і номеронабирач SA2. У якості викличного сигналу на АТС використовується змінна напруга 80-120 В частотою 16-30 Гц.

Розмовна частина ТА складається з телефону BF1, мікрофону BM 1, трансформатора Т 1 і інших елементів.

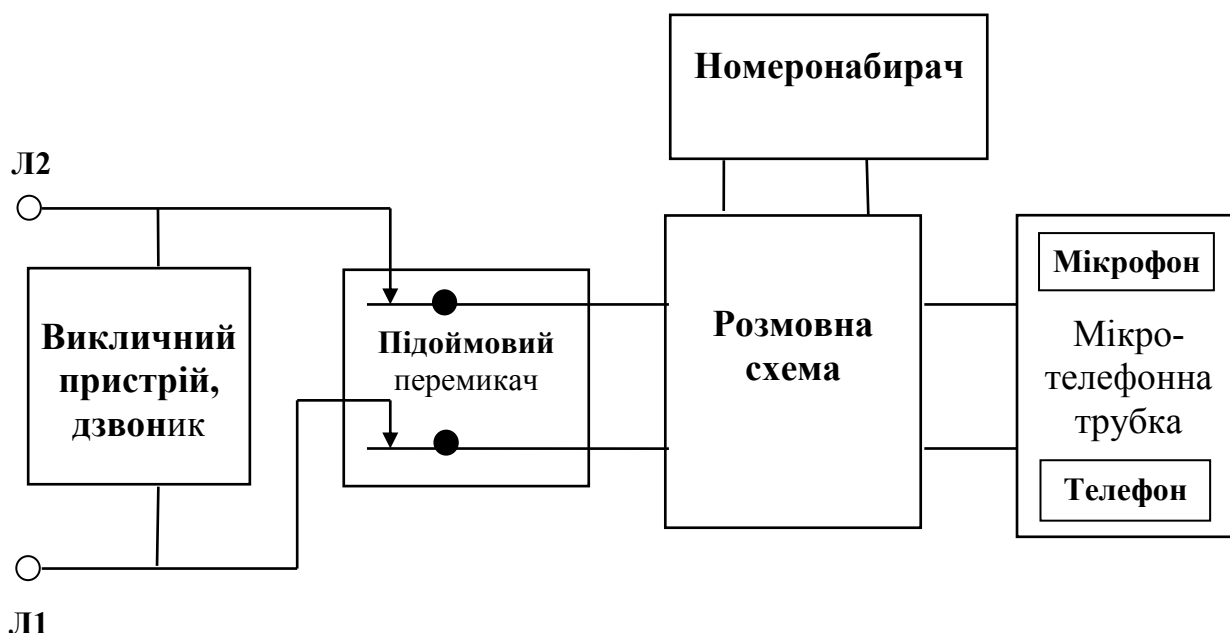


Рисунок 3.1 – Узагальнена функціональна схема телефонного апарату

Мікрофон служить для перетворення звукових коливань мови в електричний сигнал звукової частоти.

Телефоном називають прилад, призначений для перетворення електричних сигналів у звукові і розрахований для роботи в умовах навантаження на вухо людини.

Смуга робочих частот для мікрофонів і телефонів, використовуваних у телефонних апаратах, складає приблизно 300-3500 Гц.

Для зручності користування мікрофон і телефон об'єднані в **мікротелефонній трубці**.

Викличний пристрій служить для перетворення викличного сигналу змінного струму у звуковий сигнал. Застосовують електромагнітні або електронні викличні пристрої. Перше з них являє собою одне – або двох котушко-вий дзвоник. У традиційній схемі звуковий сигнал утворюється в результаті удару бойка об дзвінкові чашки. Струм, що протікає в котушках, частотою 16-50 Гц створить змінне магнітне поле, що надає руху якореві з бойком. В сучасних ТА звукові сигнали виробляються спеціальною електросхемою (транзисторною, іноді мікросхемою). Електронний викличний пристрій перетворить викличний сигнал у звуковий тональний сигнал, який випромінюються звуковим динаміком.

Дзвоник є приймачем виклику в телефонних апаратах. В апаратах системи МБ і ЦБ-АТС застосовується поляризований дзвоник змінного струму (рис.3.2), що складається із двох електромагнітів 3, укріплених на сталевій підставі, якоря 2 у виді коромисла з бойком 5, двох дзвінкових чашок 4 і постійного магніту 1.

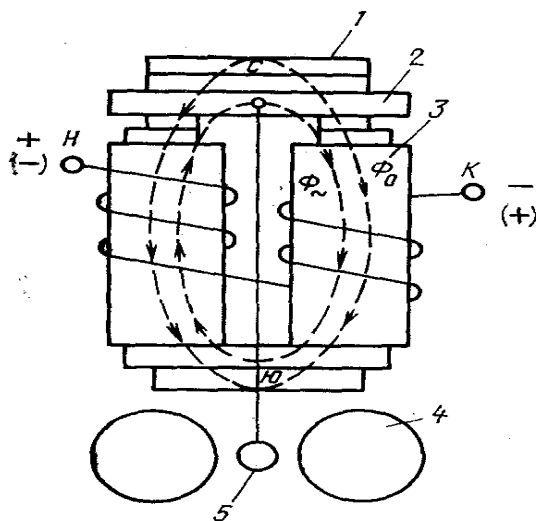


Рисунок 3.2 – Улаштування дзвоника

При відсутності струму в обмотці електромагнітів обидва плеча якоря притягаються до сердечників з однаковою силою магнітним потоком постійного магніту Φ_0 . Якщо струм проходить по обмотці, то магнітний потік в одному сердечнику зростає, а в іншому зменшується. Плече якоря, через яке проходить у даний момент сумарний магнітний потік, притягається до сердечника, і боек ударяє по чашці дзвоника. При зміні напрямку струму зростає магнітний потік у другому сердечнику, а у першому зменшується. Якір притягається до другого сер-
дечника,

і боек ударяє по іншій чашці. Тому що при виклику через дзвоник проходить змінний потік $\Phi_{\sim}$, то якір позмінно притягається то до одного, то до іншого сердечника, а боек по черзі вдарає по чашках дзвоника. На мал. 5 штриховими лініями показаний момент, коли магнітні потоки постійного магніту Φ_0 і електромагніта $\Phi_{\sim}$ складаються в правому сердечнику.

Номеронабирач забезпечує автоматичне з'єднання двох абонентів через АТС. У сучасних телефонних апаратах застосовують механічні й електронні номеронабирачі. Номеронабирачі можуть функціонувати в імпульсному або тональному режимі.

Механічні пристрої працюють в імпульсному режимі.

Імпульсний набір і спосіб набору телефонного номера, при якому цифри номера, що набирається, передаються на АТС шляхом послідовного замикання і розмикання телефонної лінії. Кількість імпульсів відповідає числу, що передається.

Механічний номеронабирач забезпечують подачу імпульсів набору номера в абонентську лінію з метою встановлення необхідного з'єднання. Імпульси створюються через періодичні замикання і розмикання лінії.

Параметри імпульсних номеронабирачів телефонних апаратів повинні відповідати наступним вимогам:

- 1) частота імпульсів номеронабирача – 10 ± 1 имп/с;
- 2) період повторення імпульсів – 0,95-1,05 с;
- 3) пауза між серіями імпульсів – не менш 0,64 с;
- 4) відношення часу розмикання до часу замикання імпульсного контакту номеронабирача, називане імпульсним коефіцієнтом, – 1,3...1,9.

Дисковий механічний номеронабирач має диск із десятима отворами. При обертанні диска по годинній стрілці заводиться пружина механізму номеронабирача. Після відпускання диска він обертається в зворотну сторону під дією пружини, при цьому відбувається періодичне розмикання контактів, комутуючих абонентську лінію. Необхідна швидкість і рівномірність обертання диска досягаються наявністю відцентрового регулятора або фрикційного механізму. Формування імпульсів при вільному русі диска забезпечує їхню стабільну частоту і необхідний інтервал між імпульсними посилками, що відповідають двом сусіднім цифрам номера, що набирається. Необхідний інтервал забезпечується завдяки тому, що число розмикань імпульсних контактів завжди вибирається на одне-два більше, ніж потрібно подати імпульсів у лінію. Цим забезпечується гарантована пауза між пачками імпульсів (0,2-0,8 с). При цьому зазначені зайві імпульси в лінію не надходять, оскільки в цей час імпульсні контакти шунтуються однією з груп контактів номеронабирача. Існують також контакти, що замикають телефон при наборі номера, щоб виключити неприємні щиглики. Частота імпульсів, формованих номеронабирачем, повинна складати (10 ± 1) имп./с.

Електронні номеронабирачі, якими комплектуються багато сучасних телефонних апаратів (наприклад, ТА-5, ТА-7, ТА-101), виконані на інтегральних мікросхемах і транзисторах. Набір номера здійснюють натисканням кнопок клавіатури – так званої тастатури. Живлення електронних номеронабирачів здійснюється як від абонентської лінії, так і від мережі напругою 220 В через блок живлення.

Тастатура (німецьке Tastatur, від Taste – клавіша, кнопка) – кнопковий пристрій для набору номера, який встановлюється в телефонних апаратах, телефонних комутаторах, контрольно-іспитових й ін. приладах.

Звичайно тастатура містить 10 основних кнопок, кожна з яких позначена однією десятковою цифрою, і декількома додаткових, відзначених, наприклад, буквами. При короткочасному натисканні кнопки в прийомний пристрій (наприклад, на АТС) надходить відповідний сигнал і набрана цифра номера фіксується в ньому; послідовним натисканням, наприклад, 7 кнопок тастатура здатна передати на АТС 7-значний номер телефону абонента, який викликається.

Швидкість набору номера на тастатурі становить до 7–8 знаків у сек., що приблизно в 10 разів вище, ніж у дискового номеронабирача.

Залежно від системи розташування кнопок розрізняють 1-, 2-, 3-й 4-рядні тастатури, причому в телефонних апаратах і комутаторах застосовуються головним чином 3-рядні тастатури.

Електронні номеронабирачі функціонують в імпульсному або тональному режимі.

Тональний набір, тональний сигнал – це багаточастотний аналоговий сигнал, що використовується для набору телефонного номера. Кодування різних цифр здійснюється різними частотами. В Україні він став застосовуватися лише з 1990-х років. По цей час деякі АТС в Україні можуть сприймати телефонний номер лише в імпульсному виді. Можливість тонального набору є лише там, де АТС були замінені на нові цифрові. Іноді тональний набір надають як окрему платну послугу.

Підоймовий перемикач забезпечує підключення до абонентської лінії викличного пристрою телефонного апарата в неробочому стані (мікротелефонна трубка лежить) і розмовних ланцюгів або номеронабирача в робочому стані (трубка знята). Підоймовий перемикач являє собою групи з декількох перемикаючих контактів, що спрацьовують при знятті трубки.

Трансформатор ТА призначений для зв'язку окремих елементів розмовної частини і для узгодження їхніх опорів із входним опором абонентської лінії, а також дозволяє усувати так званий місцевий ефект.

Звичайно телефонні апарати комутуються один з одним через автоматичні телефонні станції (АТС). Центральна батарея АТС здійснює живлення ліній абонентів постійною напругою $U_{\text{пит}} = 60 \text{ В}$.

У загальному випадку в залежності від способу живлення мікрофону телефонні апарати підрозділяються на апарати системи з *місцевою батареєю (МБ)* і *системи з центральною батареєю (ЦБ)*.

Розглянемо найпростіші схеми включення розмовних приладів системи місцевої батареї і центральної батареї через трансформатори. У системі МБ (рис. 3.3) мікрофон ВМ апарата отримує живлення від джерела струму Е з мінімальною напругою 1,5 В, що розташований усередині апарата чи поблизу від нього, а в системі ЦБ – по проводах абонентської лінії від загальної центральної батареї напругою 24, 48 чи 60 В, розташованої на телефонній станції (рис.3.3,г).

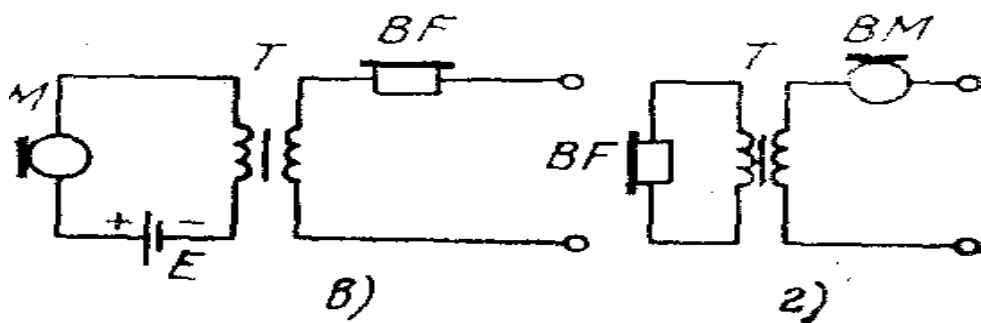


Рисунок 3.3 – Включення розмовних приладів через трансформатори:

в – включення за схемою МБ, г – включення за схемою ЦБ.

Призначення протимісцевих схем телефонних апаратів. Місцевим ефектом називається прослуховування у головному телефоні мікротелефонної трубки сигналу, що формується власним мікрофоном. Таке явище можливе при послідовному з'єднанні цих пристроїв і вважається небажаним (перешкодою).

Протимісцеві схеми телефонних апаратів залежно від способу придушення місцевого ефекту діляться на мостові й компенсаційні.

У мостових схемах (рис.3.4) в «розмовному» стані обмотки трансформатора ланцюга мікрофона телефонного апарату й абонентська телефонна лінія утворюють, т.зв. балансовий контур, у діагональ якого включений мікрофон.

Ослаблення місцевого ефекту досягають, зрівнюючи повні опори лінії й балансового контуру (підбором в ньому резисторів і конденсаторів).

Схеми компенсаційного типу відрізняються від мостових наявністю електричного зв'язку ланцюга телефону з іншими ланцюгами телефонного апарату через так називаний компенсаційний опір.

Особливістю телефонних апаратів є таксофони.

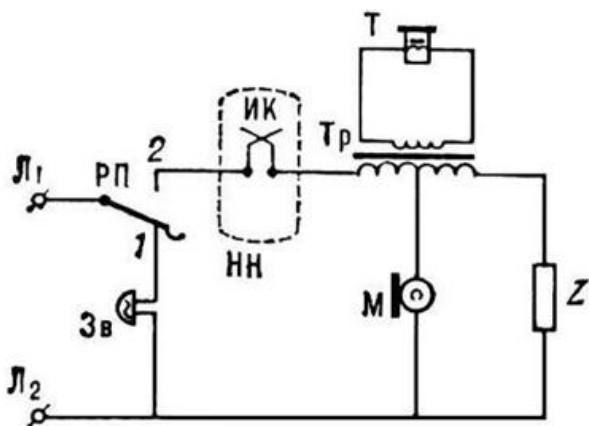


Рисунок 3.4 – Спрощена принципова схема телефонного апарату, у якому місцевий ефект придушується мостовим методом:

Л1 і Л2 – клеми абонентської лінії; РП – важільний перемикач (у положенні, коли апарат готовий до прийому сигналу виклику); Зв – електричний дзвінок; НН – номеронабирач; ИК – імпульсний контакт номеронабирача; Т – телефон; Тр – трансформатор; М – мікрофон; Z – повний опір балансового контуру; 1 й 2 – контакти важільного перемикача

3.3 Вугільний мікрофон. Побудова і принцип дії

Мікрофон служить для перетворення звукових коливань мови в електричний сигнал звукової частоти.

Мікрофони можуть бути:

- вугільними,
- конденсаторними,
- електродинамічними,
- електромагнітними,
- п'єзоелектричними.

Електродинамічні перетворювачі використовують принцип взаємодії магнітних полів постійного магніту і рухливої котушки індуктивності. При використанні їх у якості мікрофона звукові коливання впливають на рухливу котушку, вона коливається в постійному магнітному полі й у ній індукується ЕРС. При роботі електродинамічного перетворювача в якості телефону розмовний змінний струм подається на рухливу котушку. Магнітне поле, утворене цим струмом, взаємодіє з полем постійного магніту, рухлива система коливається і збуджує звукові коливання з частотою розмовного струму. Електродинамічні перетворювачі вносять невеличкі спотворення, але мають малу чутливість, тому вони використовуються тільки у вимірювальних пристроях.

У п'єзоелектричних перетворювачів чутливість великою мірою залежить від температури, і вони мають низьку механічну стійкість. Тому п'єзоелектричні перетворювачі в телефонному зв'язку не використовуються.

Перетворювачі конденсаторного типу вносять у передачу незначні спотворення, але мають малу чутливість, тому не можуть широко застосовуватися в телефонному зв'язку.

Напівпровідникові перетворювачі мають високу чутливість. Проте питання застосування їх у телефонному зв'язку ще недостатньо поширене. У телефонному зв'язку найбільшого поширення набули вугільні мікрофони.

Перетворювачі можна класифікувати на активні і пасивні.

Активні мікрофони безпосередньо перетворюють звукову енергію в електричну. У пасивних же мікрофонах звукова енергія перетворюється в зміну якого-небудь параметра (найчастіше – ємності й опору). Для роботи такого мікрофона обов'язково потрібне допоміжне джерело живлення.

У масових телефонних апаратах застосовують, як правило, вугільні мікрофони, у яких під дією звукових хвиль змінюється електричний опір вугільного порошку, що знаходиться під мембраною. Найбільше широко використовують мікрофонні капсулі типів МК-10, МК-16, що володіють досить високою чутливістю. На принципових схемах мікрофон позначають латинськими буквами ВМ.

Робота вугільного мікрофона заснована на зміні опору вугільного порошку під дією звукових коливань. Основні частини вугільного мікрофона (рис.3.5): мембрана, рухливий електрод, нерухомий електрод;

- вугільний порошок;
- корпус.

Вугільний мікрофон включається до ланцюга постійного струму й одержує живлення від батареї GB. У ланцюг мікрофона включений навантажувальний опір Z. Коли на мембрану не діють звукові хвилі, вона знаходиться в стані спокою. В цей час у ланцюзі протікає постійний струм I_0 .

Якщо на мікрофон діють звукові коливання синусоїдальної форми, мембрана здійснює коливання відповідної частоти разом із рухливим електродом. При цьому відбувається періодична зміна щільності та, відповідно, опору вугільного порошку. Зі зміною опору змінюється величина струму, а у ланцюзі мікрофона протікає пульсуючий струм. Характер зміни розмовного струму відповідає зміні звукового тиску. Таким чином, відбувається перетворення звукових коливань в електричні сигнали.

Опір вугільного мікрофона постійному струму визначається опором вугільного порошку, який залежить від щільності зіткнення окремих зерен між собою. Між зернами утворюються контактні містки, що створюють шлях для струму між нерухомим і рухливим електродами.

Основним електроакустичним параметром, що визначає якість роботи мікрофона, є його чутливість.

Чутливість мікрофона визначається відношенням електрорухоючої сили (ЕРС), що розвивається мікрофоном, до звукового тиску у тому місці поля, де знаходиться мікрофон, і виражається формулою:

$$S_M = \frac{E}{P}, \quad (3.1)$$

де E – діюче значення ЕРС мікрофона, В;
 P – звуковий тиск, Па.

Основною позитивною якістю вугільного мікрофона, що забезпечує його широке застосування у телефонному зв'язку, є його відносна простота і дешевина, а також підсилювальна здатність – потужність електричних коливань, збуджуваних мікрофоном, значно перевищує потужність звукових коливань, що діють на мембрану.

Недоліками вугільного мікрофона є: гігроскопічність вугільного порошку, залежність опору від положення у просторі і величини струму живлення, а також значні нелінійні спотворення і власні шуми.

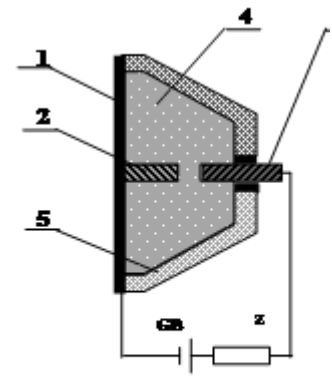


Рисунок 3.5 – Вугільний мікрофон:

1 – мембрана, 2 – рухомий електрод, 3 – нерухомий електрод, 4 – вугільний порошок, 5 – корпус

3.4 Електромагнітний телефон

Телефоном називають прилад, призначений для перетворення електричних сигналів у звукові і розрахований для роботи в умовах навантаження на вухо людини.

Телефони підрозділяються на електромагнітні, електродинамічні, з диференціальною магнітною системою і п'єзоелектричні.

У телефонному зв'язку найбільшого поширення набули електромагнітні телефони.

У телефонних апаратах найбільше поширення одержали телефони електромагнітного типу. У таких телефонах під дією струму, що протікає в котушках, виникає змінне магнітне поле, що приводить у рух рухливу мембрану, яка і випромінює звукові коливання. У сучасних телефонних апаратах застосовують в основному телефонні капсулі типу ТК-67, а в апаратах застарілих конструкцій – також ТК-47 і ТА-4.

Електромагнітний телефон, що використовується при телефонній передачі як перетворювач електричних коливань у звукові, поданий на рис.3.6.

Під дією постійного магніту, що створює магнітний потік Φ_0 , мембрана знаходиться в притягнутому стані. Коли в котушки подається розмовний струм він наводить змінне магнітне поле і змінний магнітний потік $\Phi_{\sim}$. Магнітні потоки Φ_0 і $\Phi_{\sim}$ замикаються через полюсні надставки, мембрану і повітряний зазор між ними. У цей час мембрана знаходиться під впливом сумарного потоку, величина якого змінюється, отже, мембрана чинить коливальні рухи. Якщо в обмотку телефону подавати розмовний струм, то коливання мембрани будуть відтворювати передану промову.

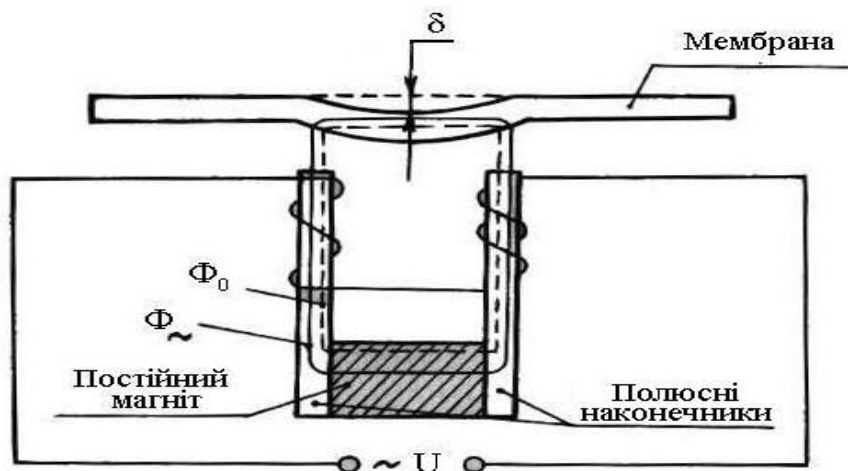


Рисунок 3.6. – Електромагнітний телефон:

Φ_0 – постійний магнітний потік, $\Phi_{\sim}$ – змінний магнітний потік, δ – амплітуда коливань мембрани, U – напруга живлення

Даний електромагнітний перетворювач може бути використаний і в ролі мікрофона, якщо на його мембрану направити звукові коливання. При зміні

положення мембрани щодо полюсних надставок змінюється величина магнітного потоку. Обмотки котушок опиняться під впливом магнітного поля, що змінюється, і в них буде індукційована змінна напруга, частота якої відповідає частоті звукових коливань. Таким чином, відбувається перетворення звукових коливань в електричні. Проте величина напруги, отриманої у цьому випадку, буде значно менша за напругу, отриману за допомогою вугільного мікрофона. Тому використання електромагнітного перетворювача в ролі мікрофона без підсилювача неможливо.

3.5 Особливості телефонних апаратів системи МБ

У пожежній охороні застосовуються в основному два типи ТА системи МБ: польові телефонні апарати ТАИ-43 і ТА-57. Вони застосовуються для організації зв'язку між керівництвом штабу, бойовими ділянками, тилом і віддаленими підрозділами, що забезпечують гасіння пожежі.

ТАИ-43 – польовий переносний телефонний апарат системи МБ з індукторним викликом, призначений для забезпечення телефонного зв'язку, а також для дистанційного управління радіостанціями по провідним з'єднувальним лініям.

Він дозволяє здійснювати надійний зв'язок по польовим двопровідним лініям кабелем ПТФ-7 до 20-25 км, кабелем П-275-до 10-12 км, по постійним повітряним лініям зв'язку (0,3-4 мм) до 120-150 км.

Живлення апарата здійснюється від одного елемента 1,66ТМЦ-У-28 напругою 1,5 В. Цей елемент забезпечує роботу апарата протягом трьох місяців. Додатковий головний телефон на контрольному телефонну посту дозволяє телефоністу стежити за роботою на лінії і приймати виклики, здійснювані голосом, не користуючись мікротелефонною трубкою, забезпечує можливість прийому мови одночасно двома лініями. В умовах роботи на пожежі, при наявності великих шумів, одночасне користування основним і додатковим телефонами підвищує надійність зв'язку.

Розмовними приладами в апараті ТАИ-43 є мікрофонний капсуль МК-10 з опором постійному струму 40–60 Ом та телефонний капсуль ТК-47. Мікрофон і телефон вмонтовані в мікротелефонну трубку з розмовним клапаном, призначеним для переключення телефонного апарата з прийому на передачу і назад. Автотрансформатор служить для узгодження схеми з лінією зв'язку й усунення місцевого ефекту.

Викличними приладами служать поляризований дзвоник змінного струму й індуктор, що виробляє напругу близько 70 В з частотою 15-20 Гц.

Допоміжні прилади – це грозорозрядник і шунтуюча кнопка. Грозорозрядник призначений для захисту приладів апарата і телефоніста від високих напруг, що виникають у лінійних проводах при грозових розрядах і аваріях високовольтних ліній передач, що проходять над лінією зв'язку. Шунтуюча кнопка служить для перевірки справності викличного ланцюга і грозорозрядника апарата.

Телефонний апарат ТАИ-43 може включатися в лінію як по двопровідній, так і за однопровідною схемою. Для зменшення рівня перешкод переважніше застосовується двопровідна схема.

ТА-57 – польовий переносний телефонний апарат універсальної системи МБ-ЦБ з індукторним викликом, призначений для забезпечення телефонного зв'язку, а також для дистанційного управління радіостанціями по провідним з'єднувальним лініям. Апарат може включатися в однопровідну чи двопровідну лінію зв'язку як на кінцевій, так і на проміжних станціях, а також у мережу телефонної станції системи МБ чи ЦБ.

Апарат забезпечує надійний телефонний зв'язок по кабелю П-275 до 15–20 км, по кабелю П-274М до 30–40 км, по кабелі П-271 до 120–150 км і по постійних повітряних лініях зі сталевому проволу діаметром 3 мм – до 150–170 км.

Живлення апарата здійснюється від батареї ГБ-10-У-1,3 напругою 10 В, споживаний струм 7–8 мА. Батарея забезпечує роботу апарата без заміни протягом 3–4 місяців. Час розгортання і включення апарата в лінію 1–2 хв. Маса апарата (із джерелом живлення) 3 кг.

В апараті в якості мікрофона використаний капсуль ДЕМШ-1, що забезпечує роботу в умовах з підвищеним рівнем шуму. Телефонним служить диференціальний капсуль ДЕМК-6А, що відрізняється підвищеною чутливістю. Трьохкаскадний транзисторний підсилювач дозволяє забезпечити більшу дальність зв'язку. Перший каскад підсилювача розміщений у мікротелефонній трубці з розмовним клапаном. Викличний сигнал виробляється за допомогою індуктора, а його прийом ведеться за допомогою дзвоника.

Технічні характеристики телефонного апарата ТА-57 надано у табл.3.1, а зовнішній вигляд – на рис.3.7.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики ТА-57

№	Найменування характеристики	Телефонний апарат ТА57
1.	Забезпечення зв'язку в польових умовах	+
2.	Можливість роботи в системі МБ	+
3.	Можливість роботи в системі ЦБ	+
4.	Загасання, що перекриває, Нп	5,5
5.	Максимальна довжина: 1) польової кабельної лінії П-274 М; 2) повітряної лінії з діаметром проволів 3 мм;	44 км 250 км
6.	Напруга живлення	10 - 6,0 В
7.	Тип джерела живлення	ГБ-10-У-1,3
8.	Споживаний струм у режимі передачі	не більше 8 мА
9.	Тривалість роботи батареї	не менш 6 місяців
10.	Гучність звучання при прийомі акустичного виклику	Не менш 64 дБ (зменшується при збільшенні довжини лінії)
11.	Тип дзвінка	електромеханічний

№	Найменування характеристики	Телефонний апарат ТА57
12.	Тип важільного перемикача	механічний
13.	Тип генератора індукторного виклику	ручний електромагнітний індуктор
14.	Модуль вхідного опору на частоті 1000 Гц	600 (+400;-100)Ом
15.	Вихідна напруга телефонного апарата ТА - 57 на частоті 1000 Гц	0,2-0,6 В
16.	Електричний опір ізоляції	не менш 100 МОм
17.	Показники надійності телефонного апарата: а) наробіток на відмову б) середній термін служби в) середній час відновлення (Тв)	10000 год; 15 років; 20 хв
18.	Габаритні розміри	222х165х80 мм
19.	Маса телефонного апарата в комплекті з батареєю	не более 3 кг



Рисунок 3.7. – Зовнішній вигляд телефонного апарата ТА 57:

а) із закритою верхньою кришкою б) з відкритою верхньою кришкою



Рисунок 3.8. – Зовнішній вигляд польового телефонного апарату МБ-ЦБ-АТС

Телефонний апарат МБ-ЦБ-АТС (Телта Марс). Польовий телефонний апарат МБ-ЦБ-АТС призначений для роботи в стаціонарних і польових умовах по 2-хпроводних лініях зв'язку.

ТА може працювати з живленням від разової батареї (4-і елемента типу "С", режим МБ) або від станційного джерела постійного струму номінальною напругою 60 В через міст живлення за ДСТ 7153-85 (режим ЦБ). Зовнішній вигляд наданий на рис.3.8.

ТА має наступні функціональні можливості:

– набір номера в режимі ЦБ у декадному або багаточастотному коді;

- повтор останнього набраного номера;
- програмування 10 номерів значністю до шістнадцяти цифр;
- оптичну індикацію розряду батареї;
- звукову й оптичну індикацію виклику;
- формування викличного сигналу в режимі МБ за допомогою електронного індуктора, обмеженого 2-ма секундами при одному натисканні кнопки виклику з метою продовження терміну служби батареї;
- ведення розмови по лінії із загасанням до 36 дБ у режимі МБ;
- ведення розмови в режимі ЦБ;
- режим "шепіт" зі збільшенням рівня передачі на 10 дБ і відключенням акустичного виклику;
- можливість ведення розмови за допомогою телефонного капсуля при розряді батареї в режимі МБ – "аварійний режим"
- контроль справності лінії:
- перевірка лінії на обрив;
- перевірка лінії на коротке замикання.
- ТА забезпечує дистанційне керування радіостанцією за допомогою тангенти, розташованої на мікрофонній трубці.

3.6 Телефонні апарати систем ЦБ

Телефонний апарат системи ЦБ (рис.3.9, 3.10) звичайно складається з двох основних частин: комутаційно-викличний, призначеної для прийому вхідного виклику, здійснення сполуки й роз'єднання з іншим телефонним апаратом, і розмовної, що забезпечує прийом і передачу мови.

Принцип побудови комутаційно-викличної частини визначається типом телефонної станції, яка обслуговує телефонний апарат – ручної (РТС) або автоматичної (АТС).

У телефонному апараті РТС для посилки сигналів виклику на РТС або безпосередньо на інший телефонний апарат використовується індуктор телефонний (або сигнал виклику подається на РТС при знятті з апарата слухавки), а у телефонному апараті АТС застосовується дисковий номеронабирач або tastатура.



Рисунок 3.9 – Настільний телефонний апарат автоматичної телефонної станції, який забезпечений дисковим номеронабирачем



Рисунок 3.10 – Телефонний апарат з tastатурою

Перевід телефонного апарату зі стану готовності до прийому сигналу виклику в стан готовності до ведення переговорів і навпаки забезпечується перемикачем важільного типу. Сигнальним пристроєм для виклику абонента служить дзвоник електричний, рідше лампа.

Телефонний апарат отримує живлення від центральної батареї (встановлена звичайно на центральній телефонній станції)

За принципом побудови розмовних схем розрізняють телефонні апарати з місцевим ефектом – явищем прослуховування в апараті звуків власної мови й протимісцеві (перші практично вийшли із застосування).

Зовнішній вигляд апаратів системи ЦБ відрізняється знасною різноманітністю (рис.3.11).

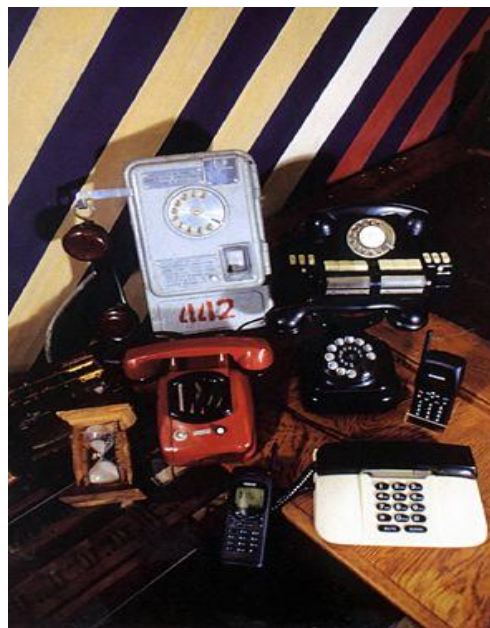


Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд різних апаратів системи ЦБ

3.7 Класифікація АТС

1.Машинні АТС. В цих АТС для групи пошукувачів використовується машинний привід з кількох постійно обертаючихся валів.

2.Декадно-шагові. З'явилися після ВОВ. В них комутаційним елементом є декадно-шаговий пошукувач – досить складний електромеханічний пристрій, що має контакти, що послідовно рухаються.

3.Координатні. Як комутаційні пристрої використовуються багатократні координатні з'єднувачі, що є електромагнітними приборами спеціальної конструкції

4.Квазіелектронні. Комутація здійснюється герконами, а управління – електронне, мікропроцесорне.

5.Електронні аналогові. Комутація аналогового сигналу здійснюється напівпровідниковими приборами, управління – мікропроцесорне.

6.Електронні цифрові. Комутація и управління повністю цифрові. Аналоговий сигнал оцифровується в абонентському комплекті и передається внутрі АТС і між АТС у цифровому виді.

7.ІР-АТС. Цифрові АТС, де використовується не комутація каналів, а комутація пакетів, и транспортом є протокол ІР. ІР-АТС здійснюють комутацію пристроїв ІР-телефонії (VoIP).

Список використаних джерел

1. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони МВС України (додаток до наказу № 755 МВС України від 9.06.1992р)

2. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

3. Чудинов Н.В., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники. – М.: Радио и связь, 1986. – 272 с.: ил.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Які електроакустичні перетворювачі вам відомі?
2. Надайте класифікацію телефонних апаратів.
3. Що входить до складу телефонного апарату?
4. Поясніть призначення основних елементів телефонного апарату.
5. Поясніть улаштування основних елементів телефонного апарату.
6. В чому особливості телефонних апаратів системи МБ?
7. Як класифікують АТС?

РОЗДІЛ 4

СУЧАСНІ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОВОДОВОГО ЗВ'ЯЗКУ

В основі функціонування сучасних засобів проводового зв'язку лежать винаходи кількох минулих століть.

Лесаж в 1774 році побудував в Женеві електростатичний телеграф. У 1798 році іспанський винахідник Франциско де Сальва створив власну конструкцію електростатичного телеграфу.

Перший електромагнітний телеграф створив російський учений Павло Львович Шилінг в 1832 році. Публічна демонстрація роботи апарату відбулася в квартирі Шиллінга 21 жовтня 1832.

У 1849-1853 рр. Шарлем Бурселем, інженером-механіком і віце-інспектором паризького телеграфу, розроблена ідея телефонування. Перший принцип дії телефону Бурселем виклав у своїй дисертації в 1854 році, але до практичного здійснення телефонного зв'язку він не дійшов. Бурселем був також першим, хто вжив слово "телефон".

У 1860 році в США іммігрант італійського походження Антоніо Меуччі продемонстрував пристрій, яке могло передавати звуки по проводах, і його їм Telestrophon. Меуччі подав заявку на патент свого винаходу у 1871 році.

Артур Корн в 1902 році в Німеччині продемонстрував першу фотоелектричну факс-систему, а в 1922 році – систему на основі радіосигналів. Факси стали широко використовувати для передачі газетних статей і карт погоди. Але тільки в 1968 році Міжнародний союз електрозв'язку затвердив перші міжнародні стандарти для факсимільного передачі (Група 1), в 1972 році – Групу 2 і в 1980 році – Групу 3. Прийняття стандартів стало важливим чинником розвитку факсимільного передачі: час передачі сторінки скоротилося з шести хвилин до менше однієї хвилини. Бум факс-технологій припав на 80-ті роки ХХ століття.

4.1 Загальні тенденції розвитку проводового зв'язку

Характеризуючи загальні тенденції та перспективу розвитку техніки проводового зв'язку можна відзначити, що основним напрямком вдосконалення цієї техніки та її технологій залишається всебічна цифровізація процесів передачі й обробки інформації. Що стосується технологій аналогових каналів, технічний прогрес в цій галузі майже не торкається основних методів передачі повідомлень. Без перебільшення можна сказати, що ТЛФ апарат, розроблений 100 років тому може використовуватися в сучасних телефонних мережах з непоганою якістю. Існуючі і перспективні вдосконалення стосуються покращення технічних характеристик (потужність, вага, габарити та ін.) та поширення сервісних функцій апаратів, що розроблені раніше. Для телефонних апаратів – це введення таких додаткових функцій, як

- АВН;
- цифрові дисплеї,

- кнопокві тастатури;
- пам'ять телефонних номерів;
- диктофон/автовідповідач та інш.

Стосовно цифровизації: історично склалося так, що аналогові методи передачі мовних та інших повідомлень з'явилися значно раніше комп'ютерів і відповідних цифрових технологій. Але зараз цифрові методи переконливо доводять свої переваги і поступово витісняють аналогові. Цифровизація передбачає:

- оцифровування аналогових сигналів та подальшу передачу цифровими каналами телекомунікацій;
- використання для передачі аналогових сигналів цифрових АТС та комп'ютерів для управління потоками інформації;
- поступовий перехід до цифрових технологій, таких як:
- ISDN (Integrated Services Digital Network) – цифрова мережа з інтеграцією служб(послугами);
- використання мережі Інтернет, перехід від комутації каналів до комутації пакетів;
- застосування цифрових та аналогових каналів (модемів) для передачі цифрових повідомлень по аналогових лініях;
- IP-телефонія.

Стандарт ISDN 1984 р. дозволяє поєднати послуги телефонного зв'язку та обміну даними. Це загальнодоступна телефонна мережа, що використовує цифрову технологію передавання сигналу і включає великий набір цифрових послуг, які стають доступними для кінцевих користувачів. Основне призначення ISDN – передача даних зі швидкістю до 64 кбіт/с по абонентській провідній лінії та забезпечення інтегрованих телекомунікаційних послуг (телефон, факс, та ін.). Використання для цієї мети телефонних проводів має дві переваги: вони вже існують і можуть використовуватися для подачі живлення на термінальне обладнання. ISDN припускає оцифровування телефонної мережі для того, щоб голос, інформація, текст, графічні зображення, музика, відеосигнали і інші матеріальні джерела могли бути передані кінцевому користувачеві по наявних телефонних проводах і отримані ним з одного терміналу кінцевого користувача. (Зв'язківці (жартома) розшифровують аббревіатуру ISDN як It Still Does Nothing (Він все ще нічого не робить), натякаючи тим самим на те, що з більш ніж 230 базових функцій ISDN реально використовується тільки вельми мала їх частина, затребувана споживачем).

Для телеграфного та фототелеграфного зв'язку характерними тенденціями є збільшення швидкості і надійності передачі повідомлень. Теоретично можлива швидкість в реальному каналі V визначається відомою в теорії формулою Шеннона:

$$V = \Delta F \cdot \log_2(1 + \rho), \quad (4.1)$$

де ΔF – ширина смуги перепускання каналу,
 ρ – відношення потужності сигналу до потужності шуму.

Деякі модеми, що використовують полосу каналу, розглядатимуться далі. Ще однин з специфічних класів методів передачі повідомлень та техніки проводового зв'язку, яка зараз швидко розвивається, і використовує розширення полоси передачі по кабелю – xDSL-модеми.

Загальною тенденцією залишається використання новітніх досягнень мікроелектроніки та комп'ютерної техніки (цифрові і аналогові інтегральні мікросхеми, спецконтролери). Що дозволяє знизити потужність споживання, габарити пристроїв, підвищити їх надійність.

Суттєво змінюють облік прикінцевих пристроїв проводового зв'язку радіоподовжувачі, які ми будемо розглядати наприкінці 2-ї теми.

4.2 Класифікація та протоколи модемного зв'язку

Модем (modem – скорочення від "модулятор-демодулятор") – пристрій зв'язку для перетворення сигналу за допомогою процесів модуляції (зміна параметрів електромагнітного коливання за законом інформаційного повідомлення) та протилежного йому – демодуляції, що дозволяє комп'ютеру передавати дані по телефонній лінії; він є пристроєм узгодження у телекомунікаційних системах, системах автоматичного керування тощо (рис.4.1).

Модемі перетворюють цифрові сигнали, які надходять від комп'ютера, в аналогові для передачі по телефонних лініях зв'язку і працюють в парі: на іншому кінці з'єднання потрібен другий модем, який перетворює цифровий сигнал в аналоговий та навпаки. Термін "модем" закріпився в основному для позначення інтелектуальних модемів призначених для роботи з телефонною лінією.

Модеми застосовуються там, де лінія зв'язку не дозволяє надійно передавати цифровий (двійковий) сигнал простою зміною амплітуди.

Швидкістю модуляції називається кількість модуляцій у секунду.

Символ – одиниця інформації, яка була передана за одну модуляцію.

Несуча – це аналоговий сигнал, що модулюється. Вона, як правило, має менші показники затухання чи спотворення на відміну від немодульованого інформаційного сигналу.

Компанія At&t Dataphone Modems в Сполучених Штатах була частиною SAGE (система ППО) в 50-х роках. Вона сполучала термінали на різних повітряних базах, радарів і контрольних центрах з командними центрами SAGE, розкиданими по США і Канаді. SAGE використовувала виділені лінії зв'язку,



Рисунок 2.1 – Модеми

але пристрої на кожному з кінців цих ліній були такими ж за принципом як сучасні модеми.

Першим модемом для персональних комп'ютерів став пристрій компанії Hayes Microcomputer Products, яка в 1979 році випустила Micromodem II для персонального комп'ютера Apple II. Модем коштував 380 дол. і працював із швидкістю 110/300 біт/сек. У 1981 році фірма Hayes випустила модем Smartmodem 300 б/сек, система команд якого де-факто стала стандартом.

Строгої класифікації модемів не існує через велику розмаїтість як самих модемів, так і сфер застосування і режимів їхньої роботи. Проте можна виділити ряд ознак, по яких і провести умовну класифікацію. До таких ознак або критеріїв класифікації можна віднести наступні:

- область застосування (функціональне призначення);
- тип лінії зв'язку (каналу);
- конструктивне виконання;
- метод модуляції;
- сервісні функції;
- підтримка протоколів модуляції, виправлення помилок і стиску даних.

Можна виділити ще безліч більш детальних технічних ознак, таких як застосовуваний спосіб модуляції, інтерфейс сполучення з DTE і так далі.

DTE (Data Terminal Equipment) – кінцеве обладнання (обробки) даних (ООД, ОООД) або термінальне обладнання, що перетворює інформацію користувача в дані для передачі по лінії зв'язку та здійснює зворотне перетворення. Це узагальнене поняття, що використовується для опису кінцевого пристрою користувача або його частини. Термін застосовується для маркування пристроїв, які використовують мережу. ООД може бути джерелом інформації, її одержувачем або тим і іншим одночасно. ООД передає та/або приймає дані за допомогою використання кінцевого обладнання лінії зв'язку (апаратуру передачі даних) DCE і каналу зв'язку.

Прикладом термінального обладнання може служити звичайний персональний комп'ютер. В якості ООД може також виступати велика ЕОМ, пристрій збору даних, касовий апарат, приймач сигналів глобальної навігаційної системи або будь-яке інше обладнання, здатне передавати або приймати дані.

DCE (Data Circuit-terminating Equipment) – кінцеве обладнання лінії зв'язку/апаратура передачі даних – обладнання для передачі даних між кінцевим обладнанням по лінії зв'язку. Забезпечує встановлення, підтримку і розрив з'єднання з мережею. Для зв'язку між DTE і DCE використовується уніфікований цифровий інтерфейс.

4.2.1 Типи лінії зв'язку (канала)

– *аналогові* – найбільш поширений тип модемів для звичайних комутованих телефонних каналів. Переважна більшість модемів, що випускаються, призначена для використання на комутованих телефонних каналах, вони повинні уміти працювати з автоматичними телефонними станціями (АТС), розрізняти їх сигнали і передавати свої сигнали набору номера;

– *для фізичних сполучних ліній.* Основна відмінність модемів для фізичних ліній від інших типів модемів полягає в тому, що смуга перепускання фізичних ліній не обмежена значенням 3,1 кГц, характерним для телефонних каналів. Вона ширше, проте смуга перепускання фізичної лінії також є обмеженою і залежить в основному від типу фізичного середовища і її довжини.

З погляду використовуваних для передачі сигналів модеми для фізичних ліній можуть бути розділені на "модеми низького рівня" (лінійні драйвери), що використовують цифрові сигнали, і "модеми з "основної смуги" (baseband)", в яких застосовуються методи модуляції, аналогічні вживаним в модемах для телефонних каналів;

– *для виділених (що орендуються) телефонних каналів;* чотирьохпроводний модем – ці модеми працюють за двома виділених лініях (одна використовується тільки для передачі, друга тільки для прийому) у дуплексному режимі.

– *ISDN – модеми для цифрових комутованих телефонних ліній, цифрових систем передачі (CSU/DSU).* Модеми для цифрових систем передачі нагадують модеми низького рівня. Проте на відміну від них забезпечують підключення до стандартних цифрових каналів, таким як ISDN, і підтримують функції відповідних каналних інтерфейсів.

– *DSL – для організації виділених (некомутованих) ліній використовуючи звичайну телефонну мережу.* Відрізняються від комутованих модемів кодуванням сигналів. Зазвичай дозволяють одночасно з обміном даними здійснювати використання телефонної лінії в звичайному порядку;

– *кабельні – використовуються для обміну даними по спеціалізованих кабелях, наприклад, – через кабель колективного телебачення по протоколу DOCSIS;* ці модеми дозволяють використовувати для передачі канали кабельного телебачення. При цьому Швидкість може досягати 10 Мбіт/с;

– *пакетних радіомереж.* Пакетні радіомодеми призначені для передачі даних по радіоканалу між мобільними користувачами. При цьому декілька радіомодемів використовують один і той же радіоканал в режимі множинного доступу. Радіоканал по своїх характеристиках близький до телефонного і організовується з використанням типових радіостанцій, налаштованих на одну і ту ж частоту в УКХ або КХ діапазоні;

– *радіомодеми локальних радіомереж – для доступу по технології WiFi і EDGE;* локальні радіомережі є перспективною мережевою технологією, що доповнює звичайні локальні мережі. Ключовим елементом локальних радіомереж є спеціалізовані адаптери – радіомодеми. На відміну від раніше згаданих пакетних радіомодемів такі модеми забезпечують передачу даних на невеликі відстані (до 300 м) з високою швидкістю (2-10 Мбіт/с), зіставною із швидкістю передачі в дротяних локальних мережах. Крім того, радіомодеми локальних радіомереж працюють в певному діапазоні частот із застосуванням сигналів складної форми, таких як сигнали з псевдовипадковою перебудовою робочої частоти;

– *стільникових систем зв'язку.* Модеми для стільникових систем зв'язку відрізняються компактністю виконання і підтримкою спеціальних протоколів

модуляції і виправлення помилок, що дозволяють ефективно передавати дані в умовах стільникових каналів з високим рівнем перешкод і параметрами, що постійно змінюються;

- *супутникові та* всі безпроводні модеми (GSM, EDGE, WiFi та ін.);
- *PLC* – використовують технологію передачі даних по проводах побутової електричної мережі.

4.2.2 Методи передачі модеми діляться на асинхронні і синхронні

Кажучи про синхронний або асинхронний метод передачі зазвичай мають на увазі передачу по каналу зв'язку між модемами. Проте передача по інтерфейсу "модем – комп'ютер" (DTE-DCE) також може бути синхронною і асинхронною. Модем може працювати з комп'ютером в асинхронному режимі і одночасно з віддаленим модемом – в синхронному режимі або навпаки. У такому разі іноді говорять, що модем синхронно-асинхронний або він працює в синхронно-асинхронному режимі.

Як правило, синхронізація реалізується одним з двох способів, пов'язаних з тим, як працюють тактові генератори відправника і одержувача: незалежно один від одного (асинхронно) або погоджено (синхронно).

Асинхронний режим передачі використовується головним чином тоді, коли дані, що передаються, генеруються у випадкові моменти часу, наприклад користувачем. При такій передачі приймаючий пристрій повинен відновлювати синхронізацію на початку кожного отриманого символу. Такий асинхронний режим часто застосовується при передачі даних по інтерфейсу DTE-DCE. При передачі даних по каналу зв'язку можливості застосування асинхронного режиму передачі багато в чому обмежені його низькою ефективністю і необхідністю використання при цьому простих методів модуляції, таких як амплітудна і частотна.

При *синхронному* методі передачі здійснюють об'єднання великого числа символів або байт в окремі блоки або кадри. Весь кадр передається як один ланцюжок бітів без яких-небудь затримок між восьмибітовими елементами.

Щоб приймаючий пристрій міг забезпечити різні рівні синхронізації, повинні виконуватися наступні вимоги:

- послідовність бітів, що передається, не повинна містити довгих послідовностей нулів або одиниць для того, щоб приймаючий пристрій міг стійко виділяти тактову частоту синхронізації.
- кожен кадр повинен мати зарезервовані послідовності бітів або символів, що відзначають його початок і кінець.

Існує два альтернативні методи організації синхронного зв'язку: символно– або байт-орієнтовний, і біт-орієнтований. Відмінність між ними полягає в тому, як визначаються початок і кінець кадру. При біт-орієнтованому методі одержувач може визначити закінчення кадру з точністю до окремого біта, а байта (символу).

Окрім високошвидкісної передачі даних власне по фізичних каналах синхронний режим часто застосовується і для передачі по інтерфейсу DTE-DCE. В цьому випадку для синхронізації використовуються додаткові інтерфейсні ланцюги, по яких передається сигнал тактової частоти від відправника до одержувача.

4.2.3 Інтелектуальні можливості модемів

Інтелектуальні можливості модемів:

- без системи управління;
- *що підтримують набір AT-команд*. Стандартом стала безліч AT-команд, розроблених свого часу фірмою Hayes, що дозволяють користувачеві або прикладному процесу повністю управляти характеристиками модему і параметрами зв'язку. З цієї причини модеми, що підтримують AT-команди носять назву Hayes-сумісних модемів;
 - *з підтримкою команд V.25bis*. Найбільш поширеним набором команд, що дозволяє управляти режимами встановлення з'єднання і автовиклику є команди рекомендації ITU-T V.25bis;
 - *з фірмовою системою команд*. Спеціалізовані модеми для промислового застосування часто мають фірмову систему команд, відмінну від набору AT-команд. Причиною тому є велика відмінність в режимах роботи і виконуваних функціях між модемами широкого застосування і промисловими (мережевими) модемами;
 - *підтримуючі протоколи мережевого управління*. Промислові модеми часто підтримують протокол мережевого управління SMNP (Simple Manager Network Protocol), що дозволяє адміністраторові управляти елементами мережі (включаючи модеми) з видаленого терміналу.

Більшість сучасних модемів наділена широким спектром інтелектуальних можливостей.

4.2.4 Конструкції модемів:

Конструкції модемів:

- *зовнішні* – це автономні пристрої, що підключаються до комп'ютера або іншого DTE за допомогою одного із стандартних інтерфейсів DTE-DCE;
- *внутрішні* – плата розширення, що вставляється у відповідний слот комп'ютера;
- *портативні (вбудовані)*. Портативні модеми призначені для використання мобільними користувачами спільно з комп'ютерами класу Notebook. Вони відрізняються малими габаритами і високою ціною. Їх функціональні можливості, як правило, не поступаються можливостям повнофункціональних модемів. Часто портативні модеми оснащені інтерфейсом PCMCIA (пі-сі-ем-сі-ай-ей). PCMCIA, PC Card – специфікація на модулі розширення, розроблена асоціацією PCMCIA (Personal Computer Memory Card International Association). Вживається у ноутбуках.

– *групові*. Груповими модемами називають сукупність окремих модемів, що об'єднані в спільний блок і мають спільні блок живлення, пристрої управління і відображення. Окремий модем групового модему є платою з роз'ємом, що встановлюється у блок, і розрахований на один або невелике число каналів.



Рисунок 4.2 – Конструкції модемів

4.2.5 Методи модуляції

- *FSK* (Frequency Shift Keying) – різновид частотної модуляції;
- *PSK* (Phase Shift Keying) – являється різновидністю фазової модуляції;
- *QAM* (Quadrature Amplitude Modulation) – в цьому методі квадратурної амплітудної модуляції одночасно змінюються фаза і амплітуда сигналу, що дозволяє передавати більше інформації;
- *TCQAM* (Trellis Coded QAM) – модуляція з решетчатим кодуванням.

4.2.6 Сервісні функції

– *голосовий модем* – забезпечений роз'ємами для підключення навушників і мікрофону; має функцією оцифровування сигналу телефонної лінії і відтворення довільного звуку в лінію. Частина голосових модемів має вбудований мікрофон.

Такий модем дозволяє здійснити передачу голосових повідомлень в режимі реального часу на інший віддалений голосовий модем, прийом повідомлень від нього і відтворення їх через внутрішній динамік, режим автовідповідь і для організації голосової пошти. За допомогою голосових модемів зручно спілкуватися по мережі Інтернет в режимі "Інтернет-телефонії";

- *ABN* (АОН) – автоматичне визначення номеру абонента;
- автовідповідач;
- *callback* ("зворотний виклик") – виклик абонента стороною, яка викликається;
- *факс-сервіс* – дає можливість користувачу відправляти повідомлення по факсимільному зв'язку, користаючись факсом-сервером мережі.

4.2.7 Модеми характеризуються стандартизованими значеннями швидкості передачі даних

Вона вимірюється у bps (біт у секунду) і встановлюється фірмою-виробником у 2400, 9600, 14400, 16800, 19200, 28800, 33600, 56000 bps.

Схожу з модемом функцію виконують *мережеві адаптери комп'ютера* (Network Interface Card, NIC) – це фізичний інтерфейс з'єднання між комп'ютером і мережевим кабелем (або безпроводне, кабільне з'єднання). Плати мережевого адаптера (рис.4.3,) вставляються у слоти розширення мережевих комп'ютерів та серверів. Для забезпечення фізичного з'єднання між комп'ютером і мережею до відповідного роз'єму або порту плати (після її установки) підключається мережевий кабель. Мережеві адаптери реалізують низку IP-протоколів.

4.2.8 Протоколи модемного зв'язку

При установці зв'язку між двома комп'ютерами модеми повинні домовитися між собою про швидкість зв'язку, коректування помилок і стиснення даних. Для цього існують протоколи – стандартизовані алгоритми роботи модему. Протокол можна порівняти з мовою, якою два модеми домовляються розмовляти один з одним при установці зв'язку. Ця мова, зокрема, визначає і швидкість, і тип передачі даних. Для більшості сучасних модемів актуальні стандартизовані протоколи, прийняті ІТУ (табл.4.1).

Крім затверджених ІТУ протоколів, існує низка інших, нестандартизованих, які були розроблені виробниками устаткування або ж прийняті в якійсь країні.

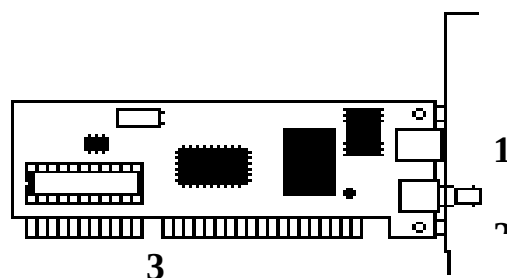


Рисунок 4.3 – Мережевий адаптер:

1– роз'єм крученої пари, 2-роз'єм коаксіального кабелю, 3-роз'єм комп'ютера

Таблиця 4.1 – Протоколи модемного зв'язку

№	Назва	Швидкість	Примітка
1	V.21	300 бит/с	Забезпечує швидкість передачі даних в дуплексному режимі. Допускає також передачу факсимільних повідомлень.
2	V.22	12300 бит/с	Забезпечує швидкість передачі даних в напівдуплексному режимі.
3	V.22bis	2400 бит/с	Друга редакція протоколу V.22, відрізняється збільшеною швидкістю і допускає дуплексний режим.
4	V.23	75 бит/с у вихідному (від користувача) каналі і 600 або 1200	Асиметричний протокол. Наприкінці 1980-х – початку 1990-х безліч нестандартних модемів, що випускалися тоді, використовували нестандартну модуляцію, що, як правило, реалізовується про-

№	Назва	Швидкість	Примітка
		бит/с – у вхідному	грамно, маркірувалися як відповідні стандарту "V.23 mode 2". На практиці вони не були сумісні між собою, а реальна швидкість роботи швидшого каналу могла коливатися від 300 до 5600 бит/с. Найбільш відомим представником такого типу модемів були модеми <i>Лександ</i> . Модифікація протоколу V.23 дозволяє міняти вихідний і вхідний канал місцями в процесі роботи; використовується у французькій комп'ютерній мережі Minitel.
5	V.29		Асиметричний протокол 2400/2400-4800-7200-9600, що дозволяє перемикає напрям в якому працює швидкісніший канал, в процесі роботи. Є стандартним для факсів, але в модемах великого розповсюдження не отримав у зв'язку з нижчою перешкодостійкістю, ніж V.32 і низкою проблем з патентами.
6	V.32	4800 і 9600 бит/с	Дуплексний режим, допускає автоматичне перебудову швидкості передачі.
7	V.32bis	14400 бит/с	Розширення V.32 до швидкості 14400 бит/с.
8	V.34	28800 бит/с, 24000 і 19200 бит/с	Дуплексний протокол.
9	V.34bis– або V.34+	Максимальна – 33600 бит/с. Знижені: 31200, 24000 і 19200 бит/с.	
10	V.42		Протокол виявлення і корекції помилок для передачі даних з високими швидкостями.
11	V.42bis		Протокол стиснення даних. Допускає перемикання з режиму стиснення в прозорий режим і навпаки, причому незалежно для кожного напрямку.
12	V.44		Протокол стиснення даних.
13	V.70		Забезпечує одночасну передачу голосу і даних.
14	V.80	швидкість передачі відео до 10-15 кадрів в секунду.	Протокол відеозв'язку
15	V.90	у прямому напрямку – 56000 бит/с, в зворотному – 33600 бит/с.	Дуплексний асиметричний високошвидкісний протокол передачі.
16	V.92	в прямому напрямі 56000 бит/с, в зворотному – 48600 бит/с.	Найсучасніший протокол.

№	Назва	Швидкість	Примітка
Нестандартизовані протоколи.			
17	Bell 103, Bell 212A		застосовувалися у США до прийняття V.21 і V.22
18	HST		фірмовий стандарт компанії U.S.Robotics
19	V.FC або V.fast		протокол компанії Rockwell
20	K56flex і x2		розроблені компаніями Lucent і Rockwell і Motorola.
Протоколи передачі факсимільних повідомлень			
21	V.17ter	19200 біт/с	зустрічається не в усіх модемах
№	Назва	Швидкість	Примітка
22	V.17	14400 біт/с	використовується в сучасних модемах, але оскільки більшість факсимільних апаратів розраховане на 9600 біт/с, на практиці переваг не дає
23	V.27ter	2400-4800 біт/с	зустрічається у старих і багатьох сучасних модемах.
24	V.29	7200-9600 біт/с	підтримують всі сучасні модеми

4.3 Улаштування сучасних модемів

4.3.1 Логічна структура модему

Модем ("мо": модулятор/ "дем": демодулятор – передавальна та приймальна частина) є складним пристроєм, що реалізує функцію прийомо-передавача (рис.4.4).

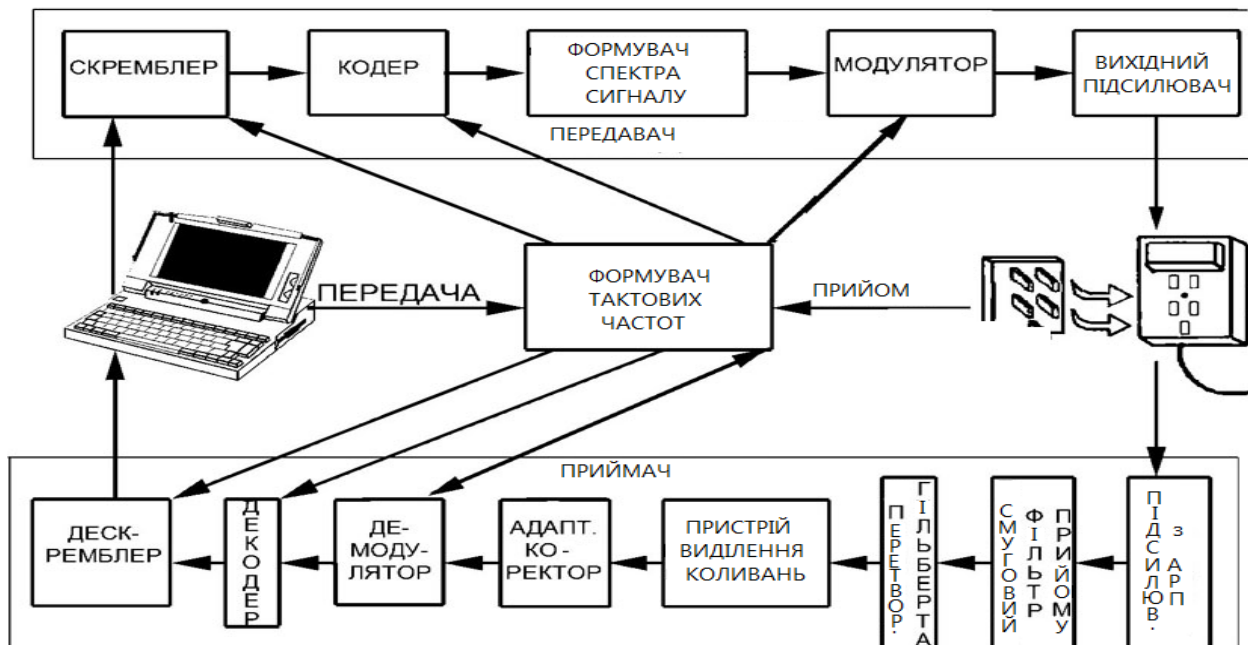


Рисунок 4.4 – Функціональна структура модему

Передавач складається зі скремблера, кодера, формувача спектра сигналу, модулятора, вихідного підсилювача.

У скремблері здійснюється перетворення двійкової інформації, що надійшла через інтерфейс, у псевдовипадкову послідовність з метою виключення передачі суцільних потоків "1" або "0", або коротких повторів комбінацій. Таким чином, скремблювання являє собою оборотне перетворення структури цифрового потоку без зміни швидкості передачі, яке забезпечує властивості випадкової послідовності. Скремблер реалізовує логічну операцію підсумовування по модулю два вихідного і псевдовипадкового двійкових сигналів.

У кодері здійснюється перетворення бітів даних, що надійшли від скремблера, в сигнали модуляційного коду.

Формувач спектра сигналу містить цифрові фільтри, коефіцієнти яких зберігаються у пам'яті модему. Потім сигнал потрапляє в фільтр нижніх частот, де обмежується по частоті.

Модулятор перемножує сигнали на синусоїдальну і косинусоїдальну складові несучої частоти. Отримана складова підсумовується, утворюючи вихідний модульований сигнал.

Цей сигнал через фільтр нижніх частот подається на вихідний підсилювач, який в заданих межах регулює рівень передачі сигналу. Вихід підсилювача – трансформаторний. В модемах комутованих каналів, вихід підсилювача з'єднаний з диференціальною системою, яка розділяє вхідний і вихідний сигнал.

Приймач складається з: підсилювача з АРП, смугового фільтра прийому, перетворювача Гільберта, пристрою виділення несучого і тактового коливальних, адаптивного коректора, демодулятора, декодера, дескремблера.

Підсилювач з АРП забезпечує підтримання незмінного вхідного рівня прийнятого сигналу, що подається на подальшу обробку в приймачі, при зміні рівня на виході лінії у широких межах.



Рисунок 4.5 – Компонівка елементів модему

Ще рівень міжсимвольних спотворень, тим більше порядок фільтра коректора.

Синхронний демодулятор виділяє інформаційний сигнал з модульованого сигналу.

Декодер відновлює двійковий сигнал.

Смуговий фільтр забезпечує оптимальне виділення сигналу на тлі шумів.

Перетворювач Гільберта поділяє сигнал на його синфазну і квадратурну компоненти, що необхідно для подальшої обробки сигналу.

Адаптивний коректор усуває міжсимвольні спотворення сигналу. Він є цифровим фільтром з авторегульованими коефіцієнтами. Регулювання коефіцієнтом коректора проводиться шляхом оцінки помилки на його виході і формування за певним критерієм сигналів управління, що мінімізують цю помилку.

Чим вище швидкість модуляції, тим ви-

Дескремблер виділяє вихідну цифрову інформацію.

Формувач тактових частот при передачі отримує сигнал опорної частоти від внутрішнього генератора або від комп'ютера. При прийомі він виділяє тактову частоту з сигналу і подає її на інші вузли приймача.

4.3.2 Фізична структура

Сучасні модеми будуються на великих інтегральних схемах. Відомості про внутрішній архітектуру сучасних модемів не настільки доступні, як, наприклад, про персональні комп'ютери. Однією з причин цього є відсутність промислових стандартів на конструкцію модемів. Інша причина – сучасні модеми, як правило, будуються на наборах спеціалізованих мікросхем, які реалізують основні модемні функції (рис.4.5).

Число виробників наборів модемних мікросхем значно менше числа виробників власне модемів. Основними виробниками спеціалізованих наборів є фірми Rockwell, Intel, AT&T, Sierra Semiconductor, National Semiconductor, Motorola, Exar і деякі інші. Ряд відомих компаній, таких як U.S.Robotics, Telebit, ZYXEL, самостійно займається розробкою і виробництвом модемних мікросхем для своїх потреб. Деякі виробники при побудові модемів використовують мікросхеми загального призначення – цифрові процесори і мікроконтролери.

З урахуванням цих факторів фізична структура модема (рис.4.6) може містити адаптери портів каналного і DTE-DCE інтерфейсів; універсального (PU), сигнального (DSP) і модемного процесорів; запам'ятовуючих пристроїв: постійного (ПЗП, ROM), постійного енергонезалежного перепрограмованого (ППЗП, EPROM) та оперативного (ОП, RAM) і схеми індикаторів стану модему.

Порт інтерфейсу DTE-DCE забезпечує взаємодія з DTE. Якщо модем внутрішній, замість інтерфейсів DTE-DCE може застосовуватися інтерфейс внутрішньої шини комп'ютера через слот ISA, PCI, PCMCIA, AMR, CNR.

Порт каналного інтерфейсу забезпечує узгодження електричних параметрів з використовуваним каналом зв'язку. Канал може бути аналоговим або цифровим, з дво- або чотирипровідною лінією.

Універсальний процесор (PU) виконує функції управління взаємодією з DTE і схемами індикації стану модему. Саме він виконує AT-команди DTE і управляє режимами роботи решти складових частин модему. Також PU може реалізовувати операції компресії/декомпресії даних що передаються. Інтелектуальні можливості модему визначаються в основному типом використовуваного PU і мікропрограмою управління модемом, що зберігається в ROM. Шляхом заміни або перепрограмування ROM іноді можна досягти істотного поліпшення властивостей модему, тобто провести його модернізація, або апгрейд (upgrade). Така модернізація деяких моделей може забезпечити підтримку нових протоколів або сервісних функцій, таких як автоматичне визначення номера (ABN) абонента. Для полегшення такої модернізації останнім часом замість мікросхем ROM почали широко застосовуватися мікросхеми флеш-пам'яті (FLASHROM).

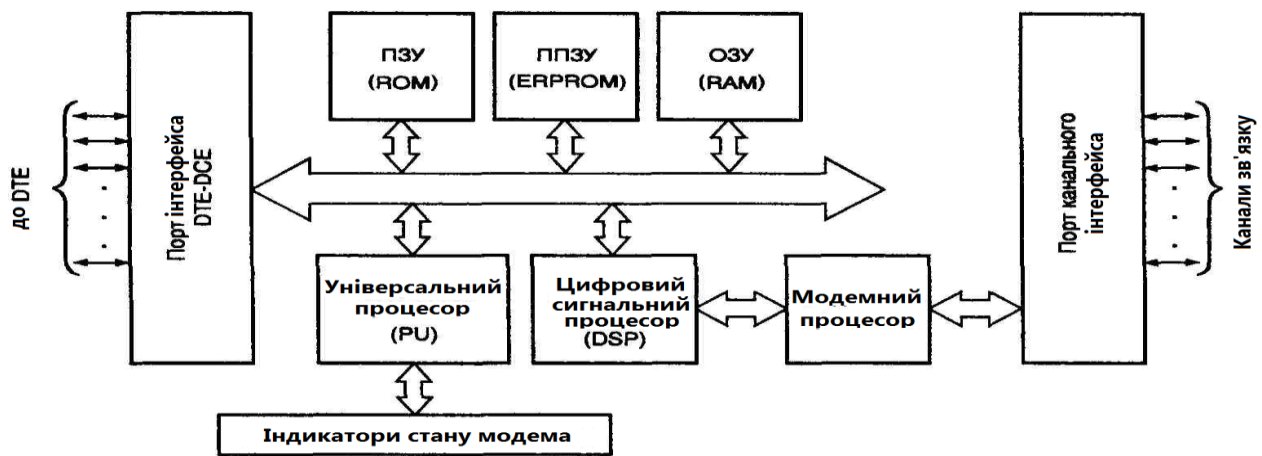


Рисунок 4.6 – Фізична структура модему

Схема EEPROM дозволяє зберігати установки модему в так званих профайлах або профілях модему на час його виключення. Пам'ять RAM інтенсивно використовується для тимчасового зберігання даних і виконання проміжних обчислень як універсальним, так і цифровим сигнальним процесорами.

На сигнальний процесор, як правило, покладаються завдання по реалізації основних функцій протоколів модуляції (кодування згортальним кодом, відносно кодування, скремблювання і т. д.), за виключенням хіба що власне операцій модуляції/демодуляції.

Операції операцій модуляції/демодуляції зазвичай виконуються спеціалізованим модемним процесором.

Описаний розподіл функцій між складовими частинами модему може бути зовсім не таким, як реалізовано у вашому конкретному модемі, проте внутрішньою начинкою сучасного модему всі ці функції в тій чи іншій мірі повинні виконуватися.

4.3.3 Особливості спеціальних модемів

Софт-модем, вінмодем, програмний модем (Host based soft-modem) – різновиди модемів, у яких фізично не виконуються частково чи повністю операції з обробки, кодування сигналу, перевірки на помилки і управління протоколами (AT-команди). Ці функції реалізовано програмно і виробляються центральним процесором комп'ютера. Власно в модемі реалізовано тільки DSP (Цифрова обробка сигналів (англ. Digital signal processing), цифровий сигнальний процесор (англ. Digital signal processor)), знаходиться аналогова схема і перетворювачі: АЦП, ЦАП, контролер інтерфейсу (наприклад USB).

До *цифрових модемів* зазвичай відносять такі пристрої, як CSU/DSU (Channel Service Unit/Data Service Unit – канал T1), термінальні адаптери ISDN (рис.4.7), а також модеми на короткій відстані (Short Range Modem). По виконуваних функціях цифрові модеми дуже схожі на модеми для аналогових каналів зв'язку. За рідким винятком найпростіших, цифрові модеми володіють інтелектуальними функціями і підтримують набір AT-команд. В першу

чергу це відноситься до цифрових модемів, що працюють на комутованих лініях, наприклад, в мережах ISDN.

Кабельні модеми забезпечують передачу даних не телефонними лініями, а мережею кабельного телебачення. Кабельні модеми забезпечують збільшення швидкості передачі даних. Друга перевага – подолання незручності, щодо зайнятості телефонної лінії під час передачі даних.

Підключення кабельного модему здійснюється через розділювач, головна задача якого розділення телевізійного сигналу та сигналів передачі даних. Структурну схему кабельного модему наведено на рис.4.8.



Рисунок 4.7 – ISDN-модем T-Mobile Eumex 220PC

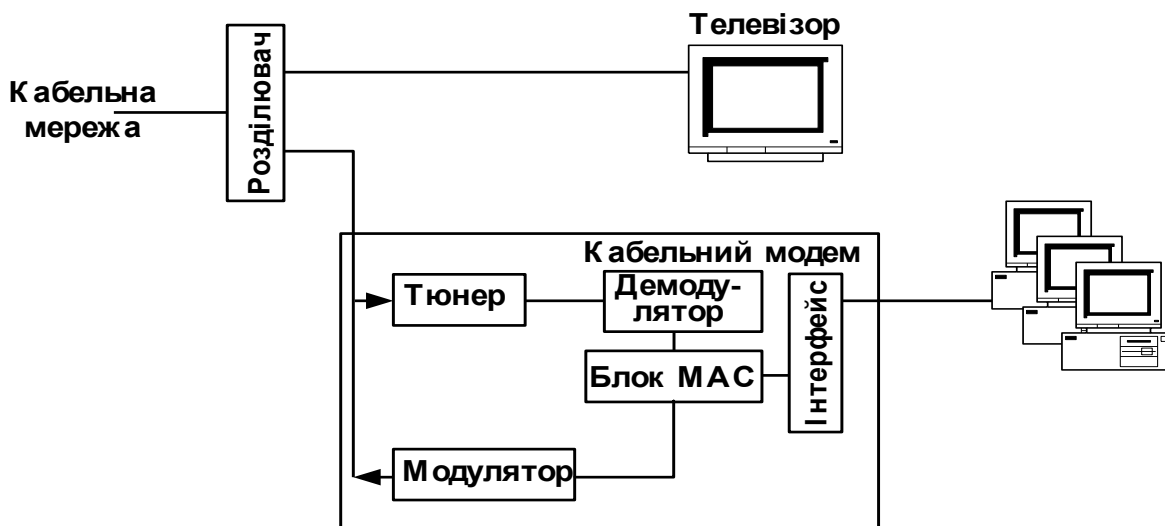


Рисунок 4.8 – Схема підключення та структура кабельного модему

До розділювача модем підключається через тюнер. Як правило, тюнер має вмонтований дуплексер для приймання та передачі сигналів. Прийнятий сигнал подається на демодулятор. Цей блок виконує функції перетворення аналогового сигналу в цифрову форму, демодуляції, синхронізації кадрів MPEG та корекції помилок.

Блок контролю доступу до середовища передачі (Media Access Control, MAC) синхронізує роботу модемів мережі. Зважаючи на складність застосовуваних алгоритмів реалізація функцій рівня MAC вимагає застосування мікропроцесорів.

Модулятор відповідним чином модулює сигнал для його наступної передачі. Вихідний сигнал проходить через підсилювач для забезпечення необхідної потужності сигналу. Часто модулятор та демодулятор реалізуються у вигляді однієї мікросхеми.

4.4 IP-телефонія

VoIP (англ.: voice over IP) – технологія передачі медіа даних в реальному часі за допомогою сімейства протоколів TCP/IP. У загальному випадку технологія VoIP передбачає всі варіанти передачі голосу через IP, в тому числі, наприклад, передачу звуку в системах IP-відеоспостереження, в системах оповіщення, при трансляції вебінарів, при перегляді фільмів у режимі онлайн і т.п.

IP-телефонія – це технологія, що зв'язує воедино переваги проводової телефонії й Інтернет. Донедавна мережі з комутацією каналів (телефонні мережі) і мережі з комутацією пакетів (IP-мережі) існували практично незалежно одна від одної й використовувалися для різних цілей. Телефонні мережі використовувалися тільки для передачі голосової інформації, а IP-мережі – для передачі даних. Технологія IP-телефонії поєднує ці мережі за допомогою так званого шлюзу (gateway) – пристрою (рис.4.9), у який з одного боку включається у телефонну мережу (PBX/PSTN), а з іншої – у IP-мережу (наприклад, Інтернет). Це дозволяє передавати голосові повідомлення за Інтернет-протоколом мережами з комутацією пакетів.

Крім голосу можуть передаватися сигнали факсів, які адаптовані для передачі по ТЛФ каналах.

При розмові аналоговий звуковий сигнал абонента дискретизується (кодується у цифровий вид), проходить компресію (створення стислих пакетів даних) і пересилається по цифрових каналах IP – мережі до другого абонента, де проводяться зворотні операції – декомпресія, декодування і відтворення аналогового сигналу оригіналу.

У звичайному телефонному дзвінку підключення між обома співрозмовниками встановлюється через телефонну станцію винятково з метою розмови. Голосові сигнали передаються по певних телефонних лініях – через виділене підключення.

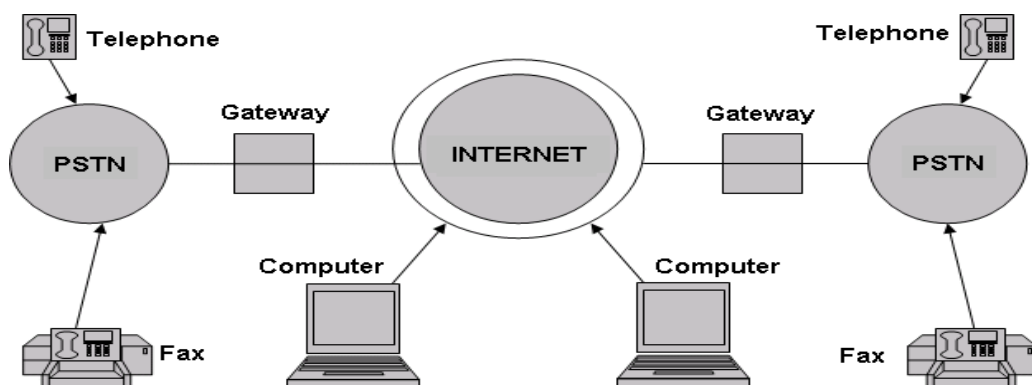


Рисунок 4.9 – Загальна схема роботи Інтернет-телефонії

При запиті ж по Інтернету, стислі пакети даних надходять до абонента без виділення окремого каналу, за допомогою адреси призначення. Кожен пакет да-

них проходить власний шлях до адресата, по різних маршрутах. Потім пакети збираються, перегруповуються й декодуються в голосові сигнали оригіналу.

Інтернет – телефонія є окремим випадком ІР – телефонії, коли в якості ліній передачі телефонного повідомлення використовуються канали цифрові мережі Інтернету. Існують два базові типи телефонних запитів Інтернет – телефонії: *з комп'ютера на комп'ютер* і *з комп'ютера на телефон*.

В Інтернеті в якості ліній передачі використовуються звичайні канали Інтернет. ІР – телефонія як лінії передачі телефонного трафіка може використовувати виділені цифрові канали.

Звичайні телефонні дзвінки вимагають розгалуженої мережі зв'язку телефонних станцій, зв'язаних закріпленими телефонними лініями, підведення волоконно-оптичних кабелів і супутників зв'язки. Високі витрати телефонних компаній приводять нас до високовартісних міжміських розмов. Виділене підключення телефонної станції також має багато надлишкової продуктивності або часу простою протягом мовного сеансу.

Основна перевага ІР-телефонії – значна економія коштів при веденні міжміських або міжнародних переговорів. Ця економія досягається завдяки тому, що більшу частину відстані між абонентами голосовий сигнал проходить не по телефонній мережі, а по цифровій ІР-мережі (мережі Інтернет).

4.4.1 Архітектура мережі ІР-телефонії

Рекомендація МСЕ ІТУ-Т Н.323 є стандартом і формулює технічні вимоги для передачі аудіо– і відеоданих по мережах передачі даних. Відповідно до рекомендацій ІТУ-Т Н.323 ІР-мережа являє собою набір пристроїв, з'єднаних у мережу (рис.4.10):

- термінал (Terminal);
- шлюз (Gateway),
- контролер/диспетчер зони (Gatekeeper),
- пристрій керування конференціями (administration manager)
- монітор.

Термінал Н.323 є кінцевим пристроєм користувача мережі ІР-телефонії і який забезпечує двосторонній мовний (мультимедійний) зв'язок з іншим терміналом Н.323, шлюзом чи пристроєм керування конференціями.

Шлюз ІР-телефонії реалізує передачу мовного трафіка по мережах з комутацією пакетів ІР по протоколу Н.323. Основною функцією шлюзу є забезпечення взаємодії з терміналами інших мереж, включаючи ТМЗК, ЦМЗ та ін. Шлюз перетворює аналогову абонентську сигналізацію, сигнальні повідомлення систем сигналізації у сигнальні повідомлення Н.323. Він виконує функції відповіді на виклик абонента, встановлення з'єднання з віддаленим шлюзом, абонентом, стиск, пакетування й відновлення голосу (або факсу-сигналу). Шлюзи різних виробників відрізняються способом підключення до телефонної мережі, ємністю, апаратною платформою, реалізованими кодеками, інтерфейсом й іншими характеристиками. Але всі вони виконують перераховані вище функції, що є базовими для технології ІР-телефонії.



Рисунок 4.10 – Основні пристрої мережі H.323

Мережа, побудована відповідно до рекомендації H.323, має зонову архітектуру. *Контролер* зони виконує функції керування однією зоною мережі IP-телефонії, логіку роботи мережі, в яку входять: термінали, шлюзи, блоки конференцій, зареєстровані в даному контролері зони. Окремі фрагменти зони мережі H.323 можуть бути територіально рознесені і з'єднуватися один з одним через маршрутизатори.

Основними функціями, що виконуються контролером зони є:

- реєстрація кінцевих та інших пристроїв;
- контроль доступу користувачів системи до послуг IP-телефонії за допомогою сигналізації протоколу реєстрації, аутентифікації і авторизації;
- перетворення alias-адреси абонента (оголошеного імені абонента, телефонного номера, адреси електронної пошти й ін.) у транспортну адресу мереж з маршрутизацією пакетів IP (IP адреса + номер порту);
- контроль, керування і резервування пропускної здатності мережі; передачу сигнальних повідомлень H.323 між терміналами/шлюзами, а також білінг.

Контролер необхідний у будь-якій мережі IP-телефонії, яка містить більше двох шлюзів. В одній мережі IP-телефонії по вимогам рекомендації ITU H.323, може знаходитися кілька контролерів зони, що взаємодіють один з одним по протоколу RAS. У перших шлюзах функції диспетчера виконувалися самим шлюзом. З розвитком технології й ростом мереж IP-телефонії, функції диспетчера були винесені в окремий модуль.

Пристрій керування конференціями забезпечує можливість організації одночасного зв'язку між трьома чи більше учасниками. Рекомендація H.323 передбачає три види конференцій:

- централізована (тобто керована MCU, коли кожен учасник конференції з'єднується в режимі точка-точка),

- децентралізована (коли кожен учасник конференції з'єднується з іншими її учасниками в режимі точка-група точок);
- змішана.

Пристрій керування конференціями складається з одного обов'язкового елемента – контролера конференцій (Multipoint controller – MC), і, крім того, може містити в собі один чи більше процесорів для обробки користувальницької інформації (Multipoint processor – MP). Контролер конференцій може бути фізично з'єднаний з контролером зони, шлюзом чи пристроєм керування конференціями (рис.4.11).

Монітор – необов'язковий додатковий модуль мережі IP-телефонії, що підключається тільки до IP-мережі, використовується для віддаленого конфігурування й підтримки інших пристроїв мережі – шлюзів і диспетчерів. Функції: інтерфейс для вилученого налаштування через IP-мережу параметрів шлюзів і диспетчерів мережі IP-телефонії. Монітор є зручним засобом конфігурування й адміністрування мережі. У перших шлюзах для цього просто застосовувалися стандартні мережеві додатки, такі як *pcAnywhere*. Пізніше з метою оптимізації роботи виробники устаткування IP-телефонії стали випускати власні додатки для цих цілей.

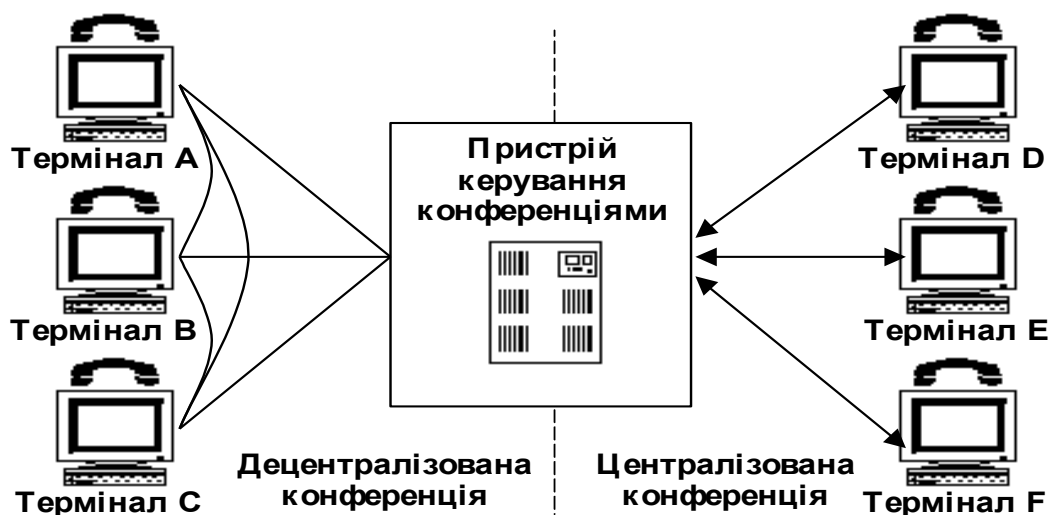


Рисунок 4.11 – Організація конференцій у H.323

Ці компоненти у різних виробників можуть називатися по-різному, але всі вони виконують функції, що розглянуті вище.

Архітектура мережі IP-телефонії являє собою з'єднані по протоколу IP-мережі шлюзи в телефонну мережу, які надають безпосередній інтерфейс абонентові й здійснюють кодування, стиск і пакетизацію голосу/факсу та їхнє відновлення. Весь механізм взаємодії шлюзів управляється контролерами.

Голосовий зв'язок через IP-мережу може здійснюватися різними способами: "комп'ютер – комп'ютер", "комп'ютер – телефон", "телефон – телефон".

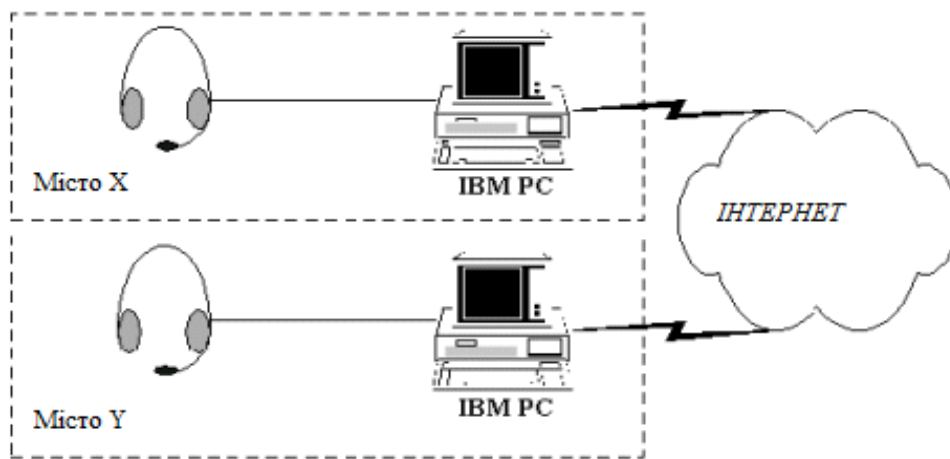


Рисунок 4.12 – Зв'язок "Комп'ютер– комп'ютер"

"Комп'ютер – комп'ютер". Режим "комп'ютер-комп'ютер" (рис.4.12) дозволяє здійснювати дзвінки з одного персонального комп'ютера на інший через мережу Інтернет. У цьому з'єднанні аналогові мовні сигнали від мікрофона абонента X перетворюються в цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), потім стискаються пристроєм, що кодує, та здійснює скорочення їхньої смуги. Вихідні дані після стиску формуються в пакети, додаються заголовки протоколів і далі пакети передаються через IP-мережу абоненту Б.

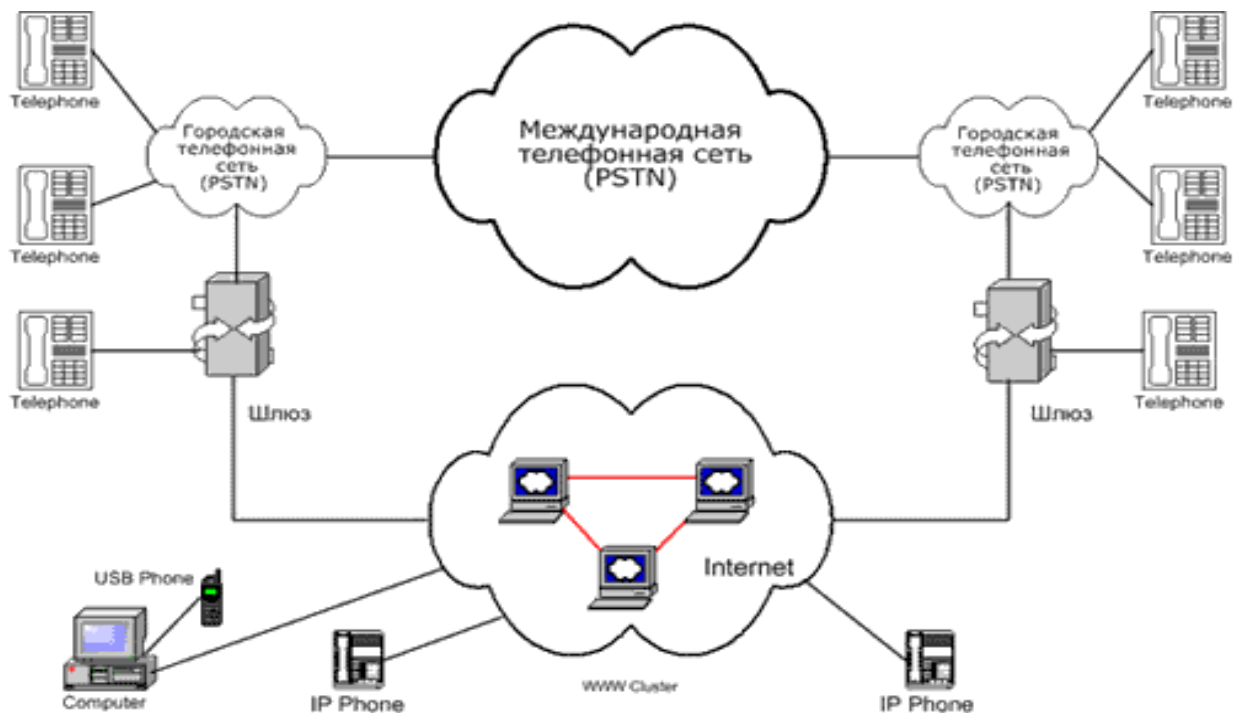


Рисунок 4.13 – Зв'язок "Телефон-комп'ютер", "Комп'ютер-телефон"

Це найбільш економний тип зв'язку – при цій схемі оплачується лише час, проведений в Інтернеті. Проте для проведення розмови обидва співроз-

мовники повинні одночасно перебувати в Мережі, використовувати мультимедійне обладнання та сумісне програмне забезпечення (Інтернет-телефон) і бути зареєстрованими користувачами однієї і тієї ж служби Інтернет-телефонії, що, погодьтеся, не дуже-то зручно. Але якщо ви хочете іноді годінку-другу поговорити з людиною, що знаходиться в іншому місті або країні і мають мультимедійний комп'ютер з доступом в Інтернет, цей метод буде найкращим рішенням.

Оператори, надають послугу Net2Phone, Pc2Call.

Перевага цього варіанта полягає в максимальній економії коштів. Недолік – мінімальна якість зв'язку.

"Комп'ютер – телефон". Варіант "комп'ютер-телефон/факс" (рис.4.13) дозволяє здійснювати – дзвінки, відправляти факси з ПК на будь-який телефонний номер в світі за допомогою спеціальної програми – Інтернет-телефону. В цьому випадку застосовується корпоративна мережа, що обслуговує виклики від комп'ютерів до шлюзу, які вже потім передаються по телефонній мережі загального користування.

Для даного типу зв'язку необхідний персональний комп'ютер, оснащений якісною звуковою картою і підключений до мережі Інтернет. Абоненту досить мати під рукою телефон з можливістю тонального набору. Це потрібно для того, щоб, додзвонившись до оператора й увести свій код у тональному режимі; далі дії абонента нічим не відрізняються від звичайних.

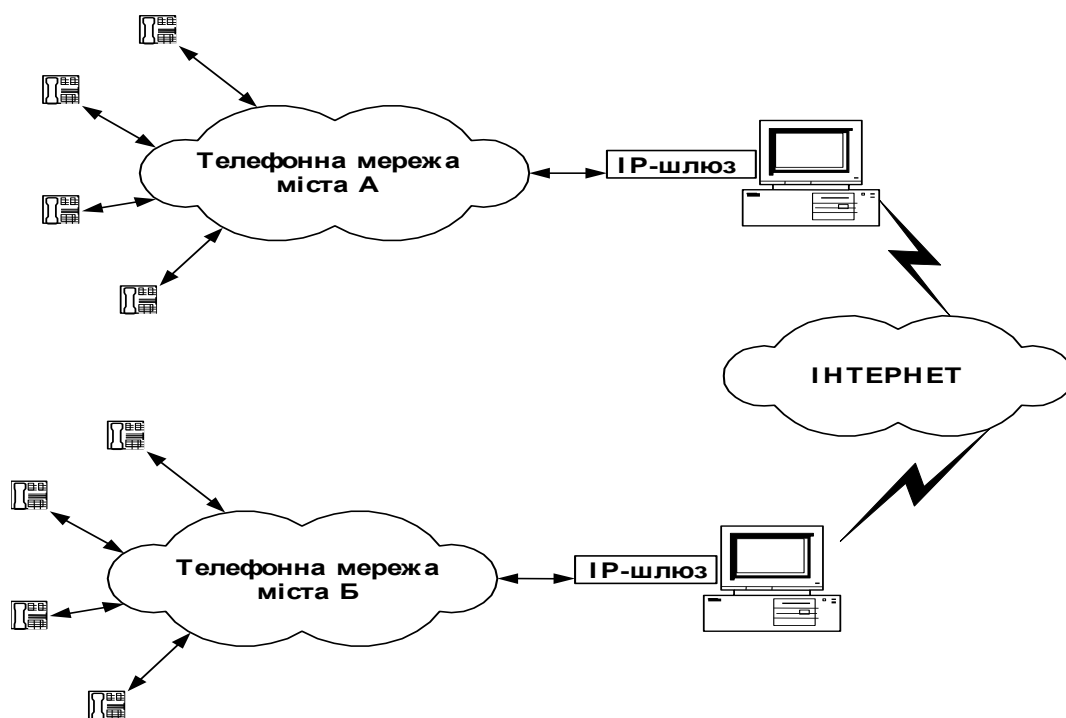


Рисунок 4.14 – Телефонний зв'язок через ІР– (Інтернет-) мережу

"Телефон – телефон" є найбільш дорогим варіантом (рис.4.14), але найбільш простий у використанні. Він дозволяє здійснювати дзвінки зі звичайного стаціонарного або мобільного телефону з тоновим набором на будь-який

стаціонарний або мобільний телефон у світі. Для цього необхідно придбати спеціальну картку одного з місцевих операторів IP-телефонії, подзвонити провайдеру, що обслуговує шлюз, увести з телефонного апарата код і номер абонента й розмовляти так само, як при звичайному телефонному з'єднанні. При наборі номера доступу оператора ви потрапляєте в інтерактивне голосове меню, навігація по якому здійснюється за допомогою тонового набору.

Для організації такого зв'язку необхідна наявність певних мережевих пристроїв і механізмів взаємодії. Пристроями, що організують взаємодію, є шлюзи, підключені, з одного боку, до телефонної мережі загального користування, а з іншого боку – до IP-мережі. Голосовий зв'язок у такому режимі, у порівнянні з варіантом "комп'ютер – комп'ютер", коштує дорожче, однак якість його значно вище й користуватися ним зручніше. Всі необхідні операції по маршрутизації виклику виконає шлюз. Спрощеним варіантом цього зв'язку є зв'язок за допомогою спеціального IP-телефону.

IP-телефон, VoIP-телефон – це телекомунікаційне пристрій (рис.4.15), що забезпечує можливість голосового спілкування віддалених абонентів і використовує як середовище для передачі голосу IP-мережу. Поява IP-телефонів стало наслідком появи і розвитку технології VoIP.

IP- телефонія використовує саму передову технологію стиску наших голосових сигналів, і повністю використовує сміність проводових ліній.



Рисунок 4.15 – Телефон VoIP

До переваг IP-телефонії варто віднести:

- здешевлення телефонних переговорів,
- підвищення якості телефонного і факсимільного зв'язку,
- рішення проблеми зайнятої лінії,
- інтеграцію філій у єдину інформаційну структуру,
- створення віртуальних приватних мереж (VPN),
- глобальний роумінг,
- сполучений доступ в Інтернет,
- мінімальні вкладення в устаткування.

В наш час IP-телефонія повільно, але вірно витісняють традиційну телефонію (PSTN).

4.4.2 Якість IP – телефонії

Телефонна мережа була створена таким чином, щоб гарантувати високу якість послуги навіть при великих навантаженнях, IP – телефонія, навпаки, не гарантує якості, причому при великих навантаженнях воно значно падає.

У нашому випадку використовується компромісний підхід до питання ціни та якості. Якість зв'язку можна оцінити наступними основними характеристиками:

- рівень викривлення голосу;
- частота "провалля" голосових пакетів;

– час затримки (між проголошенням фрази першого абонента й моментом, коли вона буде почута другим абонентом).

По першим двом характеристикам якість зв'язки значно покращилася у порівнянні з першими версіями зв'язків IP-телефонії, які допускали викривлення й переривання мови. Поліпшення кодування голосу й відновлення загублених пакетів дозволило досягти рівня, коли мова розуміється абонентами досить легко.

Затримки впливають на темп бесіди. Відомо, що для людини затримка до 250 мілісекунд практично непомітна. Існуючі на сьогоднішній день зв'язки у IP-телефонії перевищують цю межу, тому розмова схожа на зв'язок по звичайній телефонній мережі через супутник, який переважно оцінюють як зв'язок цілком задовільної якості, що вимагає лише деякого звикання, після якого затримки для користувача стають невідчутні. Відзначимо, що навіть у такому вигляді зв'язки IP-телефонії цілком підходять для багатьох застосувань.

Затримки можна зменшити завдяки наступним трьом факторам:

- по-перше, удосконалюються телефонні шлюзи (їх розробники борються із затримками, поліпшуючи алгоритми роботи);
- по-друге, розвиваються приватні мережі (їх власники можуть контролювати ширину смуги перепускання й, отже, величини затримки);
- по-третє, розвивається сама мережа Інтернет – сучасний Інтернет не був розрахований на комунікації у режимі реального часу. Хоча на відновлення обладнання в усьому світі й на організаційні заходи буде потрібен якийсь час, світ Інтернету, незалежно від вищесказаного, рухається дуже швидко й у правильному напрямку.

Основними перевагами технології VoIP порівняно з аналогами є скорочення необхідної смуги перепускання каналу зв'язку, що забезпечується обліком статистичних характеристик мовного трафіку.

З іншого боку трафік VoIP критичний до затримок пакетів в мережі, але толерантний (стійкий) щодо втрат окремих пакетів. Так втрата до 5 % пакетів не призводить до погіршення розбірливості мови.

Список використаних джерел

1. Багатоканальний електрозв'язок та телекомунікаційні технології: Підручник для проф.-тех. навч. закладів/ За редакцією Поповського В. В.– Харків: "Компанія СМІТ", 2003.– 512 с.

2. Бурлай 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 ДСНС України, 2007 – 224 с.

3. Основы построения телекоммуникационных систем и сетей: Учебник для вузов/В.В.Крухмалев, В.Н.Гордиенко, А.Д.Моченов и др.; Под ред. В.Н.Гордиенко и В. В. Крухмалева.– М.: Горячая линия-Телеком, 2004.– 510 с.:ил.

4. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

5. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони МВС України (додаток до наказу № 755 МВС України від 9.06.1992р).

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Які тенденції розвитку проводового зв'язку у наш час?
2. Призначення, основні критерії класифікації модемів.
3. Як класифікують модеми за типом лінії зв'язку (канала)?
4. Як класифікують модеми за методом передачі та інтелектуальними можливостями?
5. Як класифікують модеми за конструкцією та методами модуляції?
6. Як класифікують модеми за сервісними функціями, швидкістю передачі даних?
7. Улаштування сучасних модемів.
8. В чому особливості софт-, він-, програмних, цифрових, кабельних модемів?
9. Особливості технології IP-телефонії.
10. Архітектура мережі IP-телефонії, призначення основних елементів.
11. Способи та якість голосового зв'язку IP-мережі.

ГЛАВА ДРУГА ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ ПІДРОЗДІЛІВ ДСНС УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 5 РАДІОЗВ'ЯЗОК У ДСНС. ПРОГНОЗУВАННЯ ДАЛЬНОСТІ РОЗПОВСЮДЖЕННЯ РАДІОХВИЛЬ

Розвиток радіозв'язку тісно пов'язаний з розвитком радіотехніки та електроніки у цілому. У 1864 р. видатним англійським вченим Дж. Максвеллом були теоретично передвіщені електромагнітні хвилі, а у 1888 р. видатний німецький фізик Г.Герц на дослідах підтвердив їх існування. 7 травня 1888 року російський вчений О.Попов продемонстрував роботу пристрою, який реєстрував радіохвилі. По суті це був перший у історії радіоприймач. До початку ХХ століття були розроблені основні принципи побудови систем радіозв'язку і почалася будова радіостанцій та розвиток радіомовлення.

5.1 Основні поняття і визначення. Принципи та найпростіша система радіозв'язку

Радіозв'язок – вид електрозв'язку, призначений для передачі на відстань та прийому інформації за допомогою радіохвиль.

Радіовипромінювання (радіохвилі) – електромагнітні випромінювання з довжиною хвилі від 10^{-4} до 10^5 метрів і частотами, відповідно, від 3000 ГГц до 3 кГц ($3 \cdot 10^{12} \div 3 \cdot 10^3$ Гц).

До діапазону частот радіозасобів тісно примикає діапазон лазерних систем (вище за частотою), але ці системи вже працюють в інфрачервоному і видимому діапазонах електромагнітних хвиль (рис.5.1).

Таким чином, радіозв'язок здійснюється для обміну інформацією між двома і більше абонентами за допомогою електричних сигналів, які переносяться електромагнітними коливаннями. Принципова відмінність радіосистем передачі інформації полягає в тому, що умови розповсюдження радіохвиль (РРХ) в радіолінії нестаціонарні, можуть змінюватися залежно від часу та частоти. Однак передача за допомогою радіозв'язку в деяких випадках є єдиним методом зв'язку, як, наприклад, при організації зв'язку з рухомими об'єктами.

Принцип дії системи радіозв'язку можна пояснити, розглядаючи шлях проходження сигналів у однобічній системі радіозв'язку (рис.5.2).

Лінією радіозв'язку називається середовище, через яке відбувається перенесення повідомлення від джерела до адресата. Лінію радіозв'язку утворює область простору над поверхнею землі, в якій розповсюджуються електромагнітні хвилі.

Для передачі повідомлення по лінії радіозв'язку необхідне попереднє перетворення повідомлення в електричні коливання, які називаються *первинним сигналом електрозв'язку*, а потім – у електромагнітні хвилі. Так при передачі мовних повідомлень звуковий тиск повітря перетворюється мікрофо-

ном в електричну напругу (струм), а при передачі телеграм кожний символ (літера, цифра) перетворюється телеграфним апаратом у визначену послідовність електричних імпульсів тощо.

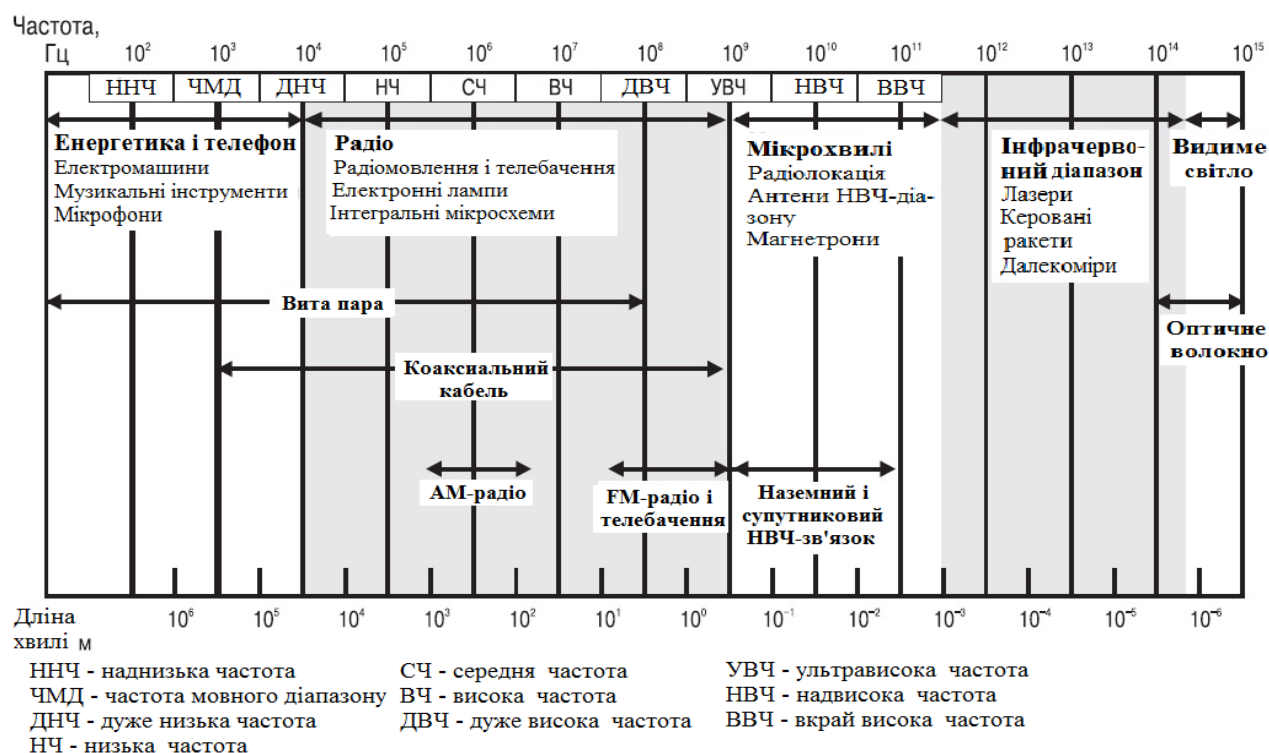


Рисунок 5.1 – Електромагнітний спектр, що використовують телекомунікаційні технології

У передавачі є внутрішній генератор високої частоти (ГВЧ) і модулятор. Посилені коливання низької частоти змінюють у модуляторі один із параметрів (амплітуду, частоту або фазу) високочастотних коливань ГВЧ. Потім промодельовані таким чином високочастотні коливання посиляються, через фідерну лінію (коаксіальний кабель, хвилевід) в антену.

Антенна передавача перетворює енергію коливань високої частоти у енергію радіохвиль, які випромінюються у простір. Конструкція і спеціальна форма антени, яка передає, дозволяють направити радіохвилі у бік радіоприймального пристрою.

У радіоприймальному пристрої електромагнітні коливання приймаються прийомною антеною і посилюються підсилювачем радіочастоти, що настроюється на частоту випромінюваних електромагнітних коливань. Потім цей радіосигнал випробує зворотне перетворення: він детектується, тобто перетворюється в низькочастотну напругу, яка відповідає переданому повідомленню. Отримана після детектування напруга низької (звукової) частоти посилюється і подається на гучномовець (або навушники), що перетворює її в звукові коливання.

Електроакустичний перетворювач (мікрофон) перетворює звукові коливання в електричні коливання низької (звукової) частоти.

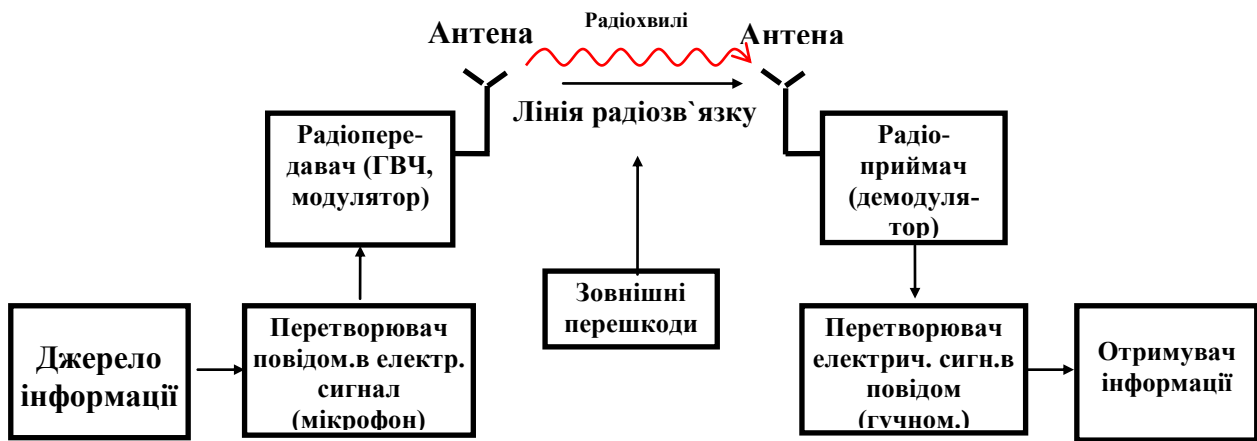


Рисунок 5.2 – Найпростіша система радіозв'язку

Антени, як бачимо, виконують в цій системі дві функції:

- 1) перетворення радіосигналів у радіохвилі і випромінювання радіохвиль у певному напрямку,
- 2) зворотного перетворення радіохвиль, що приходять з певного напрямку, у радіосигнали.

Якщо інформація поступає тільки у один бік (рис.5.3), то такий зв'язок називається *однобічним*. В наведеній системі одна радіостанція є передавальною, інша – приймальною. Так всі трансляючі радіостанції є передавальними (наприклад, – ефірне телебачення).

Якщо інформація може поступати також у протилежний бік, то такий зв'язок буде *двобічним* (рис.5.4). Для організації двобічного зв'язку кожен абонент має використовувати радіостанцію, у складі якої є передавач і приймач. Оскільки радіозв'язок ОРС ЦЗ найчастіше буває двобічним, то на кожному пункті радіозв'язку розміщують і приймальну і передавальну апаратуру: радіостанції на кожному пункті стають прийомо-передавальними (рис.5.5).

Двобічний радіозв'язок може бути *симплексним* (від джерела до адресата) або *дуплексним* (рис.5.5, а)-б)). В останньому випадку кожен радіопередавач і радіоприймач працюють на різних частотах і можуть мати свої антени. Дуплексний радіозв'язок характеризується подвійною пропускною спроможністю.

У *півдуплексному режимі* прийом та передача робиться по черзі на різних частотах. Відмінність півдуплексної радіостанції від дуплексної, яка має різні частоти прийому та передачі, в тому, що вона не може, як правило, включити одночасно приймач і передавач, як це відбувається під час сеансу дуплексного радіозв'язку.

Система радіозв'язку називається *багатоканальною*, якщо їй належить декілька одночасно задіяних каналів, по яких передаються сигнали, що несуть різні або однакові повідомлення. Якщо ні – одноканальна.

Крім мовної інформації радіоканалами можуть передаватися телеграфні сигнали (в тому числі – фототелеграф) або телекодова інформація.



Рисунок 5.3 – Однобічна система радіозв'язку

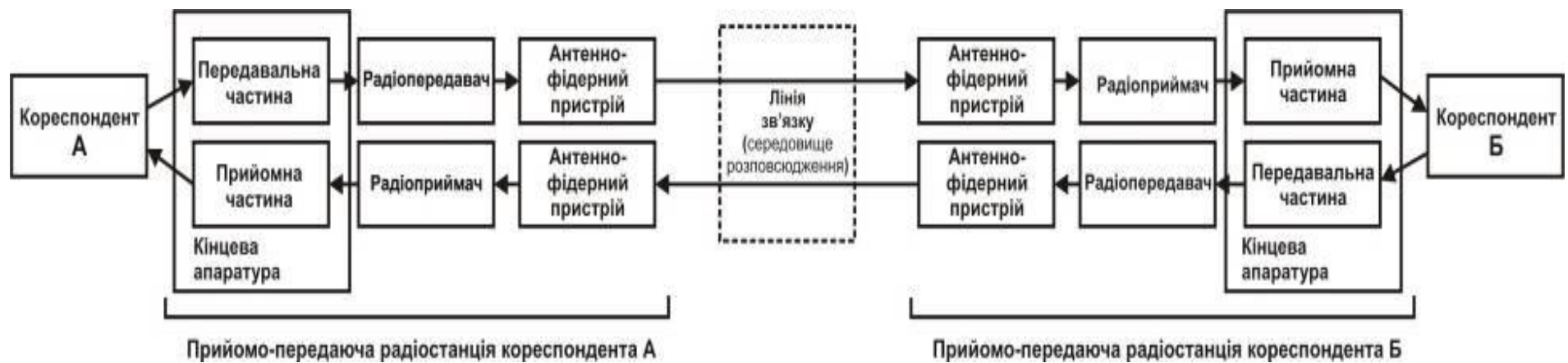


Рисунок 5.4 – Двобічна система радіозв'язку

Таблиця 5.1 – Поділ радіочастотного спектру на діапазони

№ діа-паз. (основний термін)	Найменування діапазону (паралельний термін)			Межі діапазону		Частотна місткість	Спосіб розповсюдження		Поширене застосування у радіозв'язку
	хвиль	застарілий термін	частот	радіохвиль	радіочастот		на близьку відстань	на дальню відстань	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Декамега-метрові хвилі		Крайньо низькі частоти (КНЧ)	100000...10000 км	3...30 Гц	27 Гц			Не застосовується
2	Мегаметрові хвилі		Наднизькі частоти (ННЧ)	10000...1000 км	30...300 Гц	270 Гц			Не застосовується
3	Гектокілометрові хвилі		Інфранизькі частоти (ІНЧ)	1000...100 км	0,3...3 кГц	2,7 кГц			Не застосовується
4	Міріаметрові хвилі	(Наддовгі хвилі)	Дуже низькі частоти (ДНЧ; VLF)	100...10 км	3...30 кГц	27 кГц	Земні та іоно-сферні хвилі	Іоносферні хвилі	Зв'язок с підводними човнами
5	Кілометрові хвилі	(Довгі хвилі)	Низькі частоти (НЧ, LF)	10...1 км	30...300 кГц	270 кГц	Земні та іоно-сферні хвилі	Іоносферні хвилі	Радіомовлення, радіозв'язок
6	Гектометрові хвилі	(Середні хвилі)	Середні частоти (СЧ, MF)	1000...100 м	0,3...3 МГц	2,7 МГц	Земні хвилі	Земні хвилі	Радіомовлення, радіозв'язок
7	Декаметрові хвилі	(Короткі хвилі)	Високі частоти (ВЧ, HF)	100...10 м	3...30 МГц	27 МГц	Земні хвилі	Іоносферні хвилі	Радіомовлення, радіозв'язок, рації
8	Метрові хвилі	(Ультракороткі хвилі)	Дуже високі частоти (ДВЧ, VHF)	10...1 м	30...300 МГц	270 МГц	Земні хвилі	Іоносферні та тропосферні хвилі	Телебачення, радіомовлення, радіозв'язок, рації
9	Дециметрові хвилі	"-"	Ультрависокі частоти (УВЧ, UHF)	10...1 дм	0,3...3 ГГц	2,7 ГГц	Земні хвилі	Тропосферні та прямі хвилі	Телебачення, радіозв'язок, мобільні телефони, рації, мікрохвильові пічки

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Сантиметрові хвилі	-"-	Надвисокі частоти (НВЧ, SHF)	10...1 см	3...30 ГГц	27 ГГц	Земні хвилі	Тропосферні та прямі хвилі	Радіолокація, супутникове телебачення, радіозв'язок, безпроводові комп'ютерні мережі, супутникова навігація
11	Міліметрові хвилі	-"-	Крайньо високі частоти (КВЧ, EHF)	10...1 мм	30...300 ГГц	270 ГГц	Прямі хвилі	Прямі хвилі	Радіоастрономія, високо-швидкісний радіорелейний зв'язок, метеорологічні радіолокатори
12	Дециміліметрові хвилі	-"-	Гіпервисокі частоти (ГВЧ)	1...0,1 мм	0,3...3 ТГц	2,7 ТГц	Прямі хвилі	Прямі хвилі	Окремі випадки застосування

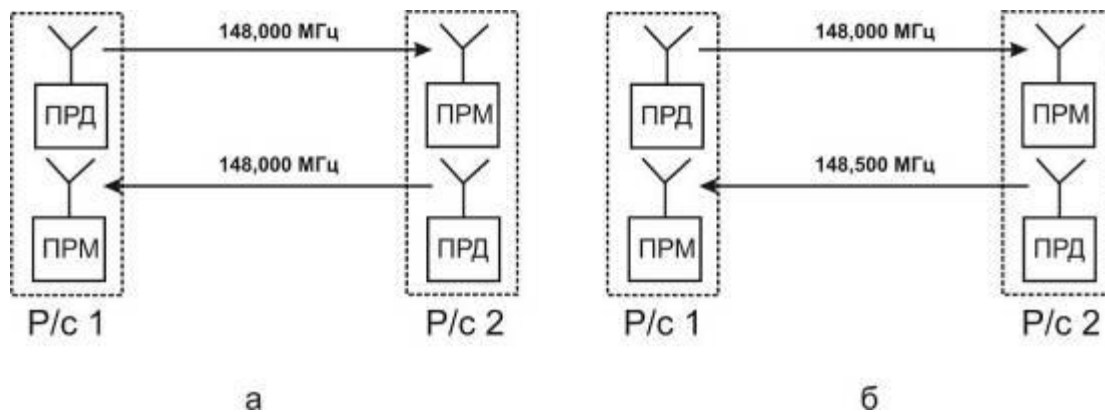


Рисунок 5.5 – Схема симплексного зв'язку (а) та дуплексного зв'язку (б)

У цілому радіозв'язок перед проводовим зв'язком має ряд переваг, до яких відносяться:

- швидке розгортання практично на будь-якій місцевості й у будь-яких умовах;
- можливість передачі різноманітних повідомлень практично будь-якій кількості абонентів;
- можливість зв'язку з рухливими об'єктами;
- висока оперативність і живучість.

5.2 Розподіл спектру радіохвиль

Радіохвилі – це електромагнітні коливання (сукупність взаємозв'язаних електричних і магнітних коливань), що поширюються в просторі зі швидкістю світла (300 000 км/сек). До речі, світло також відноситься до електромагнітних хвиль, що і визначає їх досить схожі властивості (відбиття, інтерференцію, загасання тощо).

Електромагнітне випромінювання характеризується частотою, довжиною хвилі та потужністю енергії, яка переноситься. Характер РРХ визначається їх довжиною.

Довжиною радіохвилі λ називається відстань, що проходить радіохвиля за один період високочастотного коливання. Іншими словами λ – найкоротша відстань між двома точками в просторі, на якій фаза електромагнітної хвилі змінюється на 2π .

$$\lambda = c \times T_{\text{вк}} = c / f_{\text{вк}}, \text{ м}, \quad (5.1)$$

де $T_{\text{вк}} = 1/f_{\text{вк}}$, сек. – період високочастотного коливання;
 $c = 10^8$ м/с – швидкість поширення електромагнітних хвиль (світла);
 $f_{\text{вк}}$, Гц – частота електромагнітних хвиль, коливань струму в антені, або число повних періодів зміни напруженості поля (сили струму) в одиницю часу.

Частота коливання показує скільки разів у секунду змінюється в кожній точці простору величина електричних і магнітних полів. Вимірюється частота в Герцах (Гц) – одиницях названих ім'ям німецького вченого Генріха Рудольфа

Герца. 1 Гц – це одне коливання в секунду, 1 кГц (1 кілоГерц) – 1000 Гц, 1 МГц (1 мегаГерц) – 1000 кГц – 1000000 Гц.

На практиці зручніше користатися формулою:

$$\lambda[\text{м}] = \frac{300}{f[\text{МГц}]} \quad (5.2)$$

З формули видно, що, наприклад, частоті 1 МГц відповідає хвиля довжиною близько 300 м. Зі збільшенням частоти довжина хвилі зменшується, зі зменшенням – збільшується. Знання довжини хвилі дуже важливе при виборі антени для радіосистеми, оскільки від неї прямо залежить розмір антени.

Електромагнітні хвилі (ЕМХ) вільно проходять через повітря або космічний простір (вакуум). Але якщо на шляху хвилі зустрічається металевий провідник, антена або будь-яке інше провідне тіло, то вони віддають йому свою енергію, викликаючи тим самим у цьому провіднику змінний електричний струм. Але не вся енергія хвилі поглинається провідником, частина її відбивається від поверхні. До речі, на цьому ефекті засноване застосування електромагнітних хвиль у радіолокації.

Ще однією корисною властивістю ЕМХ є їх здатність огинати тіла на своєму шляху. Але це можливо лише в тому випадку, коли розміри тіла менші, ніж довжина хвилі, або порівнянні з нею. Наприклад, щоб виявити літак, довжина радіохвилі системи радіолокації повинна бути менше його геометричних розмірів; якщо об'єкт більше, ніж довжина хвилі, він може її відбити.

Енергія, яку переносять ЕМХ, залежить від потужності генератора (передавача) і відстані до нього. Потік енергії, що припадає на одиницю площі, яку перетинає ЕМХ, прямо пропорційний потужності випромінювання й обернено пропорційний квадрату відстані до передавача. Це значить, що дальність зв'язку залежить від потужності передавача, але в набагато більшому ступені від відстані до нього.

Наприклад, потік енергії електромагнітного випромінювання Сонця на поверхню Землі може досягати 1 кіловата на квадратний метр, а потік енергії середньохвильової віщальної радіостанції – всього тисячні й навіть мільйонні частки вата на квадратний метр.

У відповідності з класифікацією Міжнародного комітету електрозв'язку (МКЕ), спектр електромагнітних коливань від 3 Гц і вище поділений на 12 діапазонів $f = (0,3 \dots 3) \cdot 10^N$ ($N=1,2,\dots,12$). Для організації ліній радіозв'язку використовують 4-12 діапазони. Діапазони з 1-го по 3-й іноді використовуються у наукових цілях. Назви діапазонів за довжиною і частотами наведено у табл.5.1.

5.3 Властивості радіохвиль

РРХ в просторі супроводжується наступними явищами:

1. *Розсіювання енергії.* Зі збільшенням відстані від випромінювача (антени) густина потоку енергії у визначеній точці простору зменшується. Для

виявлення цієї залежності припустимо, що вся потужність, яку випромінює антена розповсюджується у всі сторони рівномірно, не поглинаючись. Якщо припустити існування навколо антени деякої сферичної поверхні, то потужність, що буде проходити через одиницю поверхні сфери, в центрі якої знаходиться випромінювач, визначається величиною *щільності потоку енергії* на відстані D від антени (*модуль вектора Умова-Пойтінга*):

$$\Pi = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi D^2}, \text{ Вт/м}^2, \quad (5.3)$$

де P – потужність, що випромінюється антеною, Вт;

D – відстань від випромінювача до точки прийому, м.

Як бачимо, щільність потоку енергії радіохвилі зі збільшенням відстані від антени зменшується пропорційно квадрату відстані.

2. Поглинання енергії. При розповсюдженні радіохвиль частина енергії губиться при утворенні струмів провідності у ґрунті і в інших провідниках, оскільки під дією змінного електричного і магнітного полів у провідниках з'являється електричний струм вихрового характеру, енергія якого частково перетворюється у тепло.

Явище перетворення енергії радіохвиль в інші види енергії отримало назву поглинання енергії.

3. Атмосферна рефракція (викривлення, переломлення). Радіохвилі розповсюджуються у безповітряному середовищі прямолінійно. Якщо шари атмосфери відрізняються один від одного густиною, будуть відрізнятися і їхні електричні характеристики, а саме діелектрична проникненість. Радіохвилі будуть заломлюватись, шлях їх розповсюдження викривляється. Явище викривлення напрямку РРХ у неоднорідному середовищі отримало назву атмосферної рефракції. Якщо діелектричні густини середовищ, в яких розповсюджуються хвилі, сильно відрізняються одна від одної (наприклад, „повітря-ґрунт”, „повітря-вода”), радіохвилі будуть не тільки заломлюватись, але й відбиватись. При цьому, як і в оптиці, кут падіння хвилі рівний куту відбиття.

4. Дифракція радіохвиль. Радіохвилі можуть огинати різні перешкоди, що зустрічаються на шляху розповсюдження; це явище дифракції. Дифракція тим менша чим менша довжина хвилі. На ультракоротких хвилях явище дифракції майже не зустрічається, не помітно на практиці.

5. Інтерференція радіохвиль. У тому випадку коли хвилі від одного й того ж передавача пройшовши різні шляхи приходять у точку прийому, виникає явище інтерференції. Інтерференцією називається явище, що виникає при накладенні двох чи декількох хвиль і означає стійке (у часі) взаємне підсилення в одних точках простору і послаблення в інших – залежно від співвідношення між фазами цих хвиль.

Інтерференція хвиль – взаємне збільшення або зменшення результуючої амплітуди двох або кількох когерентних хвиль при їх накладенні одна на одну. Супроводжується чергуванням максимумів (пучностей) і мінімумів (вуз-

лів) інтенсивності у просторі. Результат інтерференції (інтерференційна картина) залежить від різниці фаз хвиль, які накладаються.

При інтерференції двох хвиль інтерференційні максимуми знаходяться в тих точках простору, в яких коливання, що відповідають обом хвилям, накладаються з різницею фаз, що дорівнює 0 чи кратна 2π . Інтерференційні мінімуми знаходяться у точках, в яких різниця фаз коливань рівна непарному числу π .

5.4 Особливості розповсюдження радіохвиль різних діапазонів

Використання для зв'язку того чи іншого діапазону частот залежить від багатьох факторів, зокрема, від умов РРХ різних діапазонів, необхідної дальності зв'язку, реалізованості величин потужності передавачів в обраному інтервалі частот тощо.

Найбільше застосування в наш час знаходять довгі, середні, короткі (КХ) та ультракороткі (УКХ) хвилі. Підрозділами ДСНС використовуються, переважно, 7-й та 8-й діапазон радіохвиль (КХ та УКХ).

За використанням механізму РРХ лінії радіозв'язку можна класифікувати на лінії, які використовують:

- 1) РРХ в межах прямої видимості (так звані прямі хвилі);
- 2) РРХ вздовж земної поверхні з її огинанням (земні, поверхневі хвилі);
- 3) відбиття радіохвиль від іоносфери (іоносферні, просторові хвилі);
- 4) розсіювання радіохвиль у тропосфері (тропосферні хвилі);
- 5) відбиття радіохвиль від метеорних слідів (метеорний зв'язок);
- 6) відбиття чи ретрансляцію від штучних супутників Землі (супутниковий зв'язок);
- 7) відбиття від штучно створюваних утворень газової плазми, штучно створених провідних поверхонь та ін.

РРХ відбувається в атмосфері і біля поверхні землі. На умови РРХ в просторі між радіопередавачем та радіоприймачем кореспондентів впливає значення провідності Земної поверхні і властивості середовища над Землею. Причому електричні і магнітні характеристики траси РРХ, що змінюються в часі і просторі, сильно змінюють початкову картину випромінювання радіохвиль. На характер РРХ впливають як властивості діапазону частот, так і властивості середовища розповсюдження – атмосфери землі. Цей вплив для різних діапазонів хвиль (частот) різний, тому перш ніж їх розглядати необхідно ознайомитись з будовою атмосфери і впливом поверхні землі на РРХ.

Як відомо, атмосфера Землі не є однорідною. Вона має кілька шарів, що по різному передають електромагнітні коливання. Основними шарами є тропосфера, стратосфера й іоносфера (рис.5.6). *Тропосфера* – це нижній шар атмосфери, що простягається до висоти 8-17 км. *Стратосфера* – частина атмосфери, що знаходиться між тропосферою і іоносферою. *Іоносфера* – іонізована верхня область атмосфери, що починається з висоти приблизно 50-60 км над земною поверхнею і простягається до границі земної магнітосфери.

У тропосфері зосереджена основна маса повітря, що складається з азоту, кисню, водяних парів і деяких інших газів.

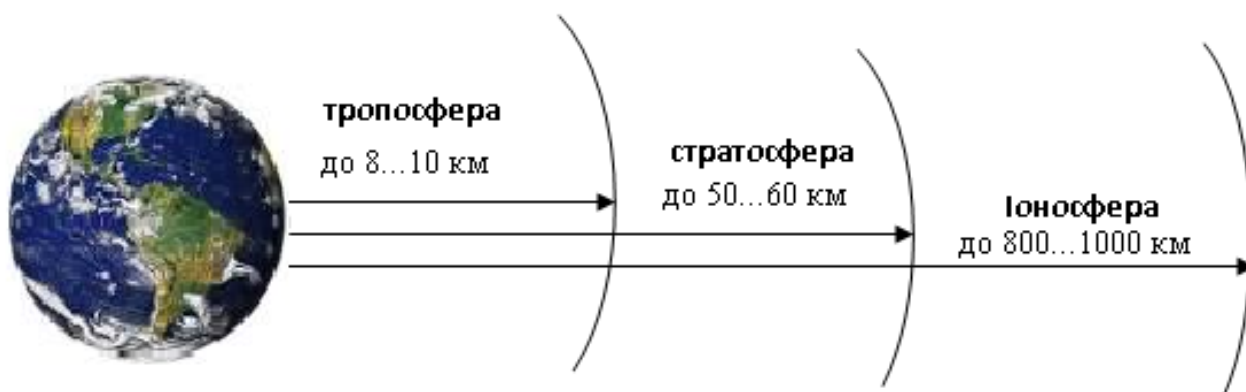


Рисунок 5.6 – Структура земної атмосфери

Електромагнітні характеристики тропосфери і стратосфери залежать від пори року, доби, погодних умов і висоти. Обидві ці області є добрими діелектриками. Іоносфера має деяку провідність. В цій області під дією ультрафіолетового сонячного випромінювання проходить розщеплення нейтральних молекул газу на іони й електрони. Іонізація верхніх шарів атмосфери проходить також завдяки рентгенівському випромінюванню сонячної корони, сонячним корпускулярним потокам і космічним променям. Ступінь іонізації характеризується електронною концентрацією, тобто кількістю вільних електронів в 1 см^3 , і залежить від сонячної активності, пори року і доби.

В іоносфері розрізняють чотири основні шари: D, E, F_1 і F_2 (рис.5.7), які, залежно від сонячної активності, розміщуються відповідно на висотах 60-90, 90-150, 160-220, 220-320 км. Найнижчий шар D існує тільки у денні години і є основним поглинаючим шаром для коротких і середніх хвиль. Шар E має більш постійні властивості: він відбиває середні хвилі (а також довгі хвилі у нічний час) і в деяких випадках короткі хвилі. Шар F вдень і в літні місяці складається, в свою чергу, з двох шарів: F_1 – що має спільні властивості з шаром E і F_2 – є основним відбиваючим шаром для коротких хвиль. У нічний час спостерігаються тільки відбиваючі властивості шару F_2 . Цей шар використовується для забезпечення дальнього радіозв'язку. Його висота і концентрація електронів у ньому змінюються протягом доби і залежать від пори року.

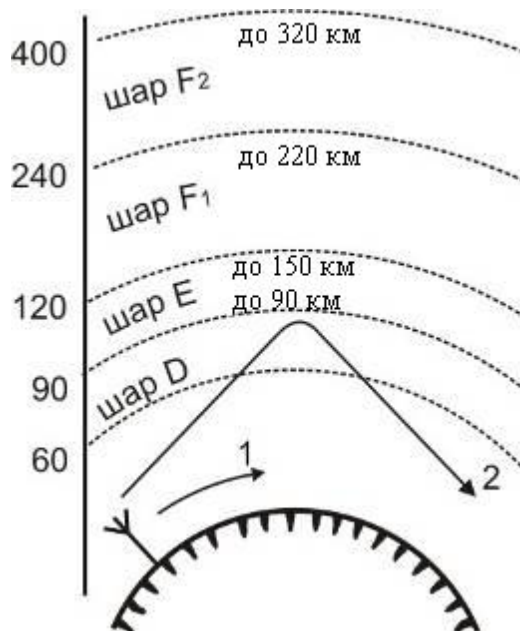


Рисунок 5.7 – Шари іоносфери:

1 – земна хвиля; 2 – просторова хвиля

Іоносфера змінює свої параметри під дією сонячних і космічних променів. Зміна параметрів іоносфери впливає, по-перше, на добові і сезонні зміни умов поширення радіохвиль і, по-друге, на умови поширення радіохвиль різних діапазонів. Радіохвилі заломлюються і поглинаються в іоносфері тим більше, чим вище ступінь її іонізації і чим більше довжина хвилі.

Випромінена передавачем радіохвиля може прийти у місце прийому кількома шляхами: вздовж поверхні землі, чи після відбиття від іоносфери. *Земна (поверхнева) хвиля* (1 на рис. 5.7) викликає у ґрунті появу вихрових струмів, енергія яких частково переходить у тепло, тому дальність зв'язку на цих хвилях незначна. *Іоносферна хвиля* (також називається *просторовою, відбитою*) втрачає частину своєї енергії на збільшення чи зменшення швидкості руху заряджених частинок іоносфери, однак ці енергетичні затрати значно менші ґрунтових, тому дальність дії радіостанцій, що використовують іоносферні хвилі, набагато більша.

При поширенні радіохвиль від передавача до приймача необхідно враховувати також відміни земної та водяної поверхонь,

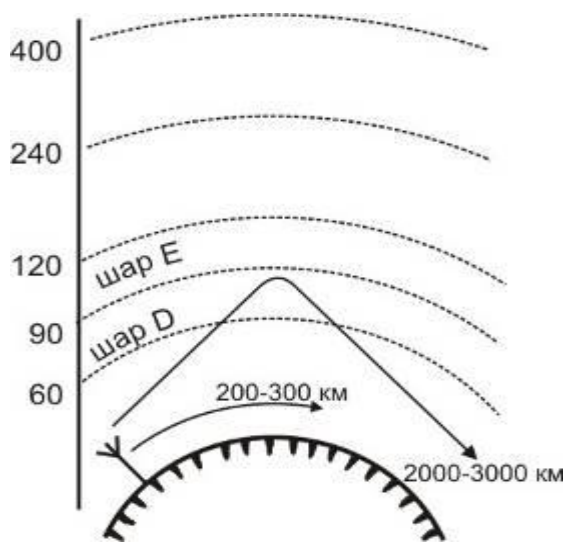


Рисунок 5.8 – Розповсюдження міріаметрових та кілометрових хвиль

Міріаметрові та кілометрові (наддовгі, довгі) хвилі розповсюджуються ніби в природному хвилеводі, слабо поглинаючись в нижніх шарах D та E та добре відбиваючись від цих шарів (рис.5.8). У цих діапазонах хвилі добре огинають земну поверхню і перешкоди на ній, поширюються як земною, так і просторовою хвилею. Дальність зв'язку на відстані до сотень кілометрів звичайно забезпечується земною хвилею за рахунок огинання сферичної поверхні Землі, а на дальності до 2000...3000 км – просторовою (іоносферною) трасою за рахунок спрямовуючої дії сферичного атмосферного хвилевода. Можуть обігнути Земну кулю.

Два суттєвих недоліки, які обмежують практичне використання, властиві радіохвилям цих діапазонів, – громіздкість антен при великих потужностях передавачів та мала частотна ємність (число одночасно працюючих без перешкоджання одна одній радіостанцій).

Гектометрові хвилі (середні хвилі СХ) більше ніж міріаметрові та кілометрові затухають при розповсюдженні земною хвилею внаслідок поглинання земною поверхнею та іоносферою. Ці хвилі можуть розповсюджуватися і відбиванням від шару E (рис.5.9), але лише в нічний час, коли зникає шар D. У денний час зв'язок можливий лише земною (поверхневою) хвилею, оскільки просторова сильно затухає у шарі D.

Чим менше довжина хвилі, тим менше дальність радіозв'язку. У цілому вона значно менша, ніж на ДХ. Проте може складати тисячі км. Частотна ємність цього діапазону на порядок вища частотної ємності попередніх діапазонів. Гектометрові хвилі використовуються для морського та авіаційного зв'язку.

При радіозв'язку на **декаметрових хвилях** знаходять застосування обидва механізми розповсюдження: і земним, і просторовим променем. Хвилі, які розповсюджуються вздовж Землі, згасають в ній ще сильніше, ніж хвилі гектометрового діапазону (дальність зв'язку землею хвилею рідко сягає 150 км).

Різке збільшення дальності зв'язку в декаметровому діапазоні досягається при використанні просторових хвиль: декаметрові хвилі слабо поглинаються нижніми шарами іоносфери D та E і добре відбиваються її верхнім шаром F_2 .

Чим вище розміщено відбиваючий шар, тим більша дальність зв'язку (рис.5.10). Просторові хвилі утворюються, коли передавальна антена випромінює під деяким кутом до горизонту. Випромінені хвилі падають на відбиваючий шар іоносфери, переломлюється у ньому і повертається на Землю. Вони можуть знову відбитися від поверхні Землі і, потрапивши в іоносферу, переломлюватися в ній.

В залежності від кількості відбиттів від іоносфери розрізняють однострибкові, двохстрибкові (рис.5.11) та трохстрибкові радіолінії.

Найбільша довжина одного стрибка (відстань по поверхні Землі) сягає 2500...3500 км, таким чином трохстрибкова лінія дозволяє забезпечити даль-

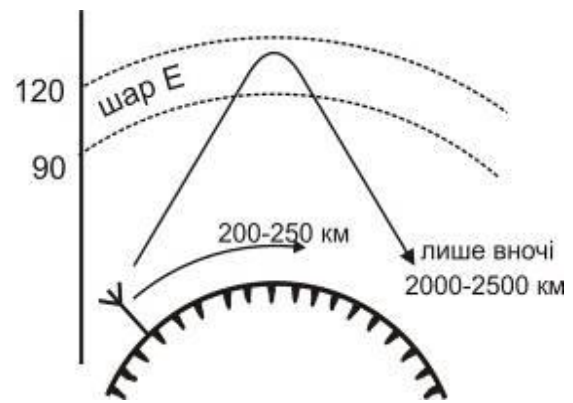


Рисунок 5.9 – Розповсюдження гектометрових хвиль

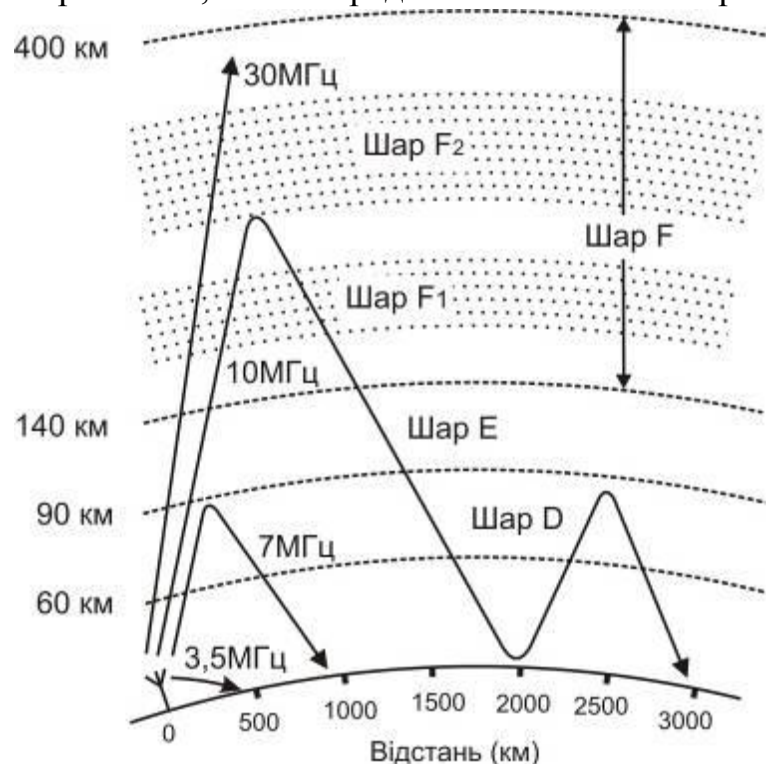


Рисунок 5.10 – Розповсюдження декаметрових хвиль в залежності від частоти в денний час

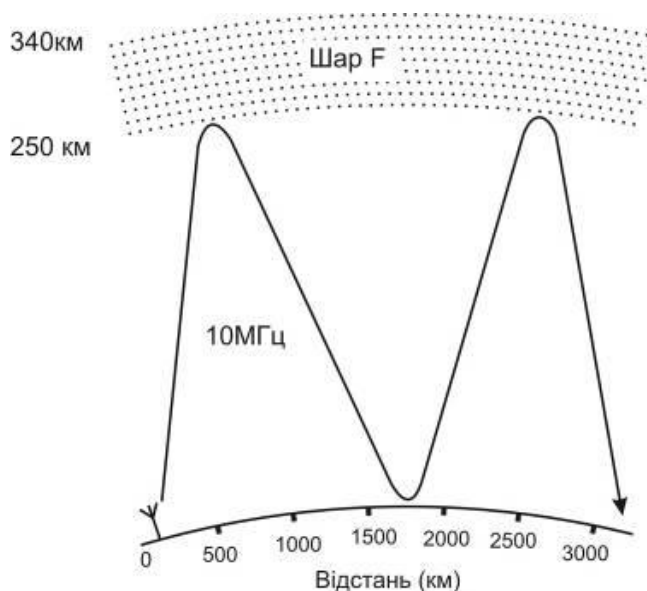


Рисунок 5.11 – Двострибкова радіолінія

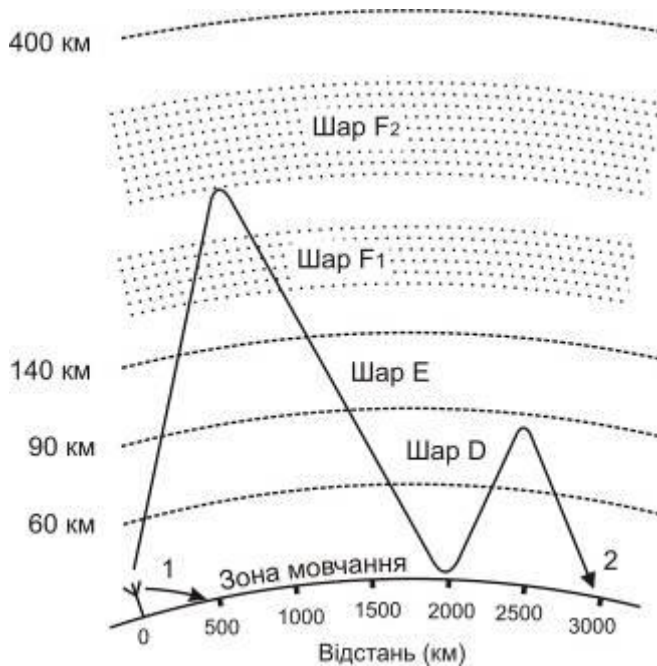


Рисунок 5.12. Зона мовчання:

1 – земна хвиля; 2 – просторова хвиля

поверхнею землі і погодних умов місцевості, що постійно змінюються, і, в свою чергу, змінюють коефіцієнти заломлення, що приводить до викривлення шляху РРХ.

Перевагою КХ є можливість забезпечити радіозв'язок на значні відстані навіть при невеликій потужності передавачів. Багаторазово відбиваючись від іоносфери і земної поверхні, ці хвилі можуть обігнути земну кулю. У залежності від часу доби і року, а також циклів сонячної активності, існують опти-

мість зв'язку близько 10000 км. Більше трьох стрибків (через втрати енергії в іоносфері і розсіювання при відбитті від Землі) досягти не вдається.

Антенні пристрої, які використовуються у діапазоні декаметрових хвиль, мають прийнятні (навіть для зв'язку між рухомими об'єктами) габарити і можуть мати явно виражені направлені властивості, завдяки чому забезпечуються великі дальності зв'язку при малих потужностях передавачів. Хоча частотна ємність декаметрового діапазону у 10 разів перевищує ємність діапазону гектометрових хвиль, велика кількість одночасно працюючих радіостанцій породжує високий рівень взаємних перешкод. Таким чином, перевага даного діапазону перетворилася з часом у свою протилежність.

Недоліком використання коротких хвиль є також наявність зон мовчання (рис. 5.12), тобто такої місцевості на поверхні землі, куди не можуть проникнути земні хвилі, а шлях розповсюдження іоносферних хвиль проходить стороною, не доторкаючись до приймальних антен. Величина зон мовчання постійно змінюється, тому що умови РРХ залежать від інтенсивності іонізації відбиваючих шарів іоносфери, їх висоти над

мальні значення довжин хвиль для збільшення дистанції зв'язку. Так, удень це хвиля довжиною 10...25 м, а вночі – 30...70 м. Взимку звичайно використовуються хвилі більш довгі, ніж влітку.

Суттєвим недоліком декаметрового діапазону є "рухливість" шарів іоносфери: висота розміщення шарів, їх товщина та концентрація іонів у шарах залежить від часу доби, пори року та 11-ти річного періоду сонячної активності. З цієї причини умови забезпечення зв'язку при іоносферному відбитті різко змінюються. При організації радіозв'язку просторовим променем це змушує складати розклад, що рекомендує, які частоти слід переважно використовувати протягом доби. Розклади складаються на основі місячних прогнозів РРХ.

Ультракороткі хвилі практично не відбиваються від іоносфери, а надійний зв'язок у цьому діапазоні можливий переважно на відстані прямої видимості – поверхневою хвилею з дуже слабким огинанням земної поверхні. Цей діапазон дуже активно використовується у ДСНС, тому слід приділити на нього додаткову увагу.

УКХ за умовами розповсюдження мають деякі відмінності від хвиль декаметрового діапазону. При розповсюдженні земним променем дальність зв'язку практично визначається відстанню прямої видимості (якщо на трасі немає перешкод, розміри яких співвідносні з довжиною хвилі). При цьому затухання тим сильніше, чим вища робоча частота. Просторовий промінь від іоносфери практично не відбивається (за виключенням випадків тропосферного та іоносферного розсіювання). Тому зв'язок у діапазонах УКХ здійснюється головним чином земним променем. Для збільшення дальності зв'язку необхідно працювати на високо піднятій антені (рис.5.13,а-б)).

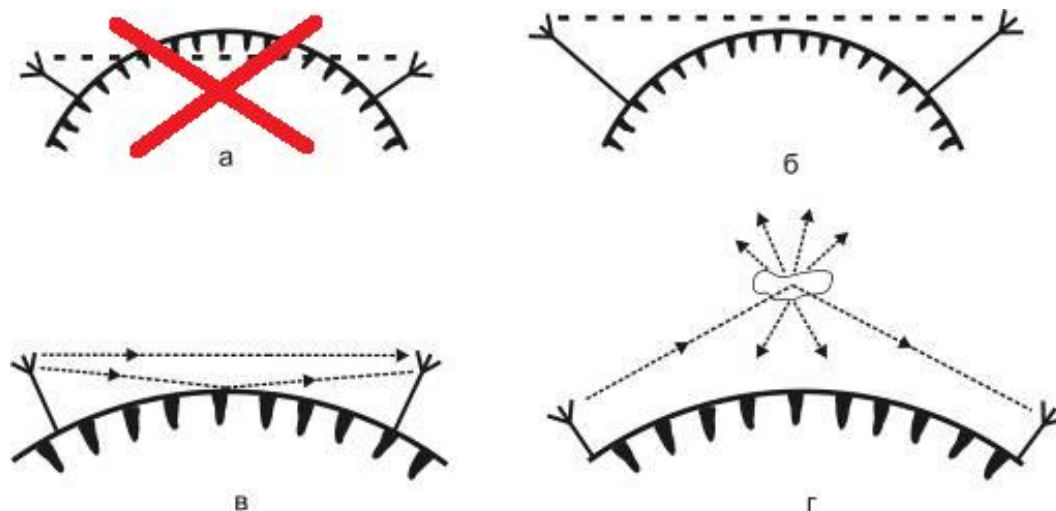


Рисунок 5.13 – РРХ у діапазонах ДВЧ, УВЧ та НВЧ

Збільшення потужності передавача не призводить до пропорційного збільшення дальності зв'язку, тому в даному діапазоні в основному використовуються малопотужні радіостанції. Оскільки хвилі відбиваються від земної

поверхні, у місці прийому, як видно з рис.5.13,в, можлива інтерференція променів, як наслідок виникають інтерференційні завмирання й спотворення переданих повідомлень.

Внаслідок нерівностей земної поверхні й відмінностей ґрунтів на нижніх шарах повітря, відмінності рослинного покриву на окремих ділянках траси РРХ, наявності річок і водойм, а також селищ й інженерних споруджень в атмосфері утворюються зони з різною температурою й вологістю, локальні потоки повітря тощо. У цих зонах на висотах до кількох кілометрів відбувається розсіювання хвиль, як це схематично показано на рис.5.13, г). У цьому випадку частина енергії хвиль доходить до пунктів, що знаходяться від передавальної антени на відстані, у кілька разів більшій за дальність геометричної видимості. При значній потужності передавача, гостро спрямованих антенах і приймачі з високою чутливістю розсіювання хвиль у тропосферних неоднорідностях на висотах 2-3 км дозволяє одержати радіозв'язок на відстанях у сотні кілометрів, що в 5-10 разів більше відстані геометричної видимості.

Неоднорідності є і на більших висотах в іоносфері, де вони проявляються в нерівномірності концентрації вільних електронів і в них також відбувається розсіювання хвиль. При досить великій потужності передавача іоносферне розсіювання хвиль дозволяє одержати стійкий радіозв'язок на відстанях 1-2 тисячі км. Існують й інші види дальнього поширення хвиль переважно діапазонів УВЧ і НВЧ. Вони проявляються при утворенні в атмосфері протяжних і порівняно чітко виражених неоднорідностей у вигляді шарів. Хвилі поширюються всередині подібного шару, послідовно відбиваючись від його границь або між поверхнею землі та нижньою границею шару.

Ще один вид дальнього поширення в мікрохвильових діапазонах – відбиття від слідів метеорів (метеорний зв'язок). В атмосферу беззупинно проникають, згораючи в ній, потоки невеликих метеорів. Цей процес теж спричиняє виникнення неоднорідностей (на відміну від наведених вище – тимчасових), здатних ефективно відбивати хвилі. Оскільки він нерівномірний у часі, умови поширення хаотично змінюються. Із цієї причини метеорне поширення хвиль застосовується в спеціальних системах радіозв'язку, що враховують його специфічні особливості.

Для зв'язку за рахунок тропосферного та іоносферного розсіювання потрібні передавачі значних потужностей.

Хвилі, випромнені під кутом до земної поверхні, йдуть у заатмосферний простір практично без зміни траєкторії, ця властивість дозволила успішно застосувати мікрохвилі (діапазонів ДВЧ, УВЧ і НВЧ) для космічного зв'язку.

Слід зазначити, що межа між діапазонами декаметрових (КХ) та метрових хвиль (УКХ) при зв'язку через іоносферні траси не є строгою. Наприклад, в роки сонячної активності може виявитися неможливим радіозв'язок за рахунок іоносферного відбивання на частотах 20-30 МГц, тобто дана ділянка декаметрового діапазону буде мати властивості метрового.

До переваг діапазону УКХ можна віднести наступні:

1) малі габарити антен, антени можна реалізувати з явно вираженими направленими властивостями;

2) умови розповсюдження переважно не залежать від часу доби, пори року і сонячної активності;

3) обмежена дальність зв'язку дозволяє багатократно використовувати одні й ті самі частоти на ділянках поверхні, відстань між кордонами яких не менше дальності дії радіостанцій з однаковими частотами;

4) малий рівень ненавмисних перешкод (природного та штучного походження);

5) в 10 разів більша частотна ємність, ніж в діапазоні декаметрових хвиль.

5.5 Дальність радіозв'язку

Дуже важливим показником радіостанції є дальність зв'язку. Існує кілька факторів, які визначають цей показник. Напруженість поля, що формується передавачем, убуває із збільшенням відстані від передавальної антени. У межі зони прямої видимості виникають коливання рівня напруженості поля через огинання поверхні землі (явище дифракції) і викривлені траєкторії за рахунок заломлення в атмосфері (явище рефракції). Враховуючи відбиття від поверхні землі і заломлення, обумовлене неоднорідною будовою атмосфери, в точку прийому приходять дві або більше хвиль з випадковими співвідношеннями фаз і амплітуд. На поширення хвиль також впливають метеорологічні умови (температура, вологість, тиск і т.д.), рельєф місцевості та багато іншого. Для правильного прогнозування можливості забезпечення радіозв'язку слід враховувати якомога більш факторів.

5.5.1 Дальність прямої видимості

Як було заявлено, дальність радіозв'язку на УКХ здійснюється у межах прямої видимості. Вона істотно залежить від висоти прийомної і передавальної антен. Існує геометрична формула для розрахунку цієї величини: Оптична дальність видимості R визначається радіусом Землі (рис.5.14). Користуючись теоремою Піфагора та знаючи радіус землі, неважко розрахувати цю величину:

$$R[\text{км}] = 3,57 \times (\sqrt{h_1[\text{м}]} + \sqrt{h_2[\text{м}]}) \quad (5.4)$$

де h_1, h_2 , м-висота антени передавача та приймача відповідно.

Реальна радіовидимість дещо більше оптичної через часткову дифракцію і слабку рефракцію у нижніх шарах

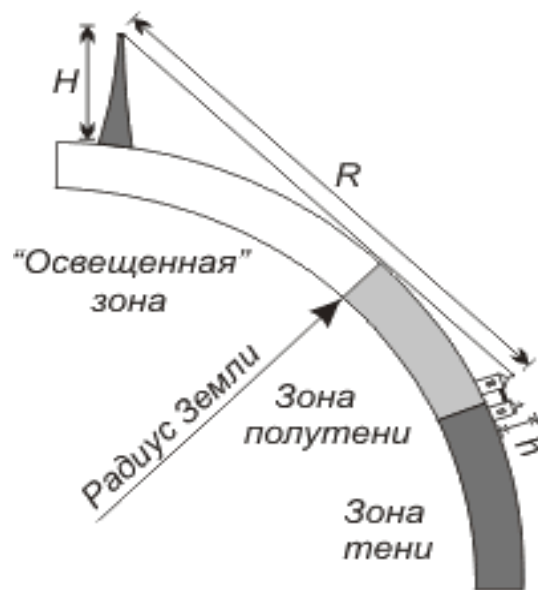


Рисунок 5.14 – Зони розповсюдження радіохвиль

атмосфери, тому на практиці розраховують ДПВ з виразу:

$$D[\text{км}] = 4,12 \times (\sqrt{h_1[\text{м}]} + \sqrt{h_2[\text{м}]}) \quad (5.5)$$

На рис.5.15 представлені обидві залежності дальності від висоти підйому передаючої антени.

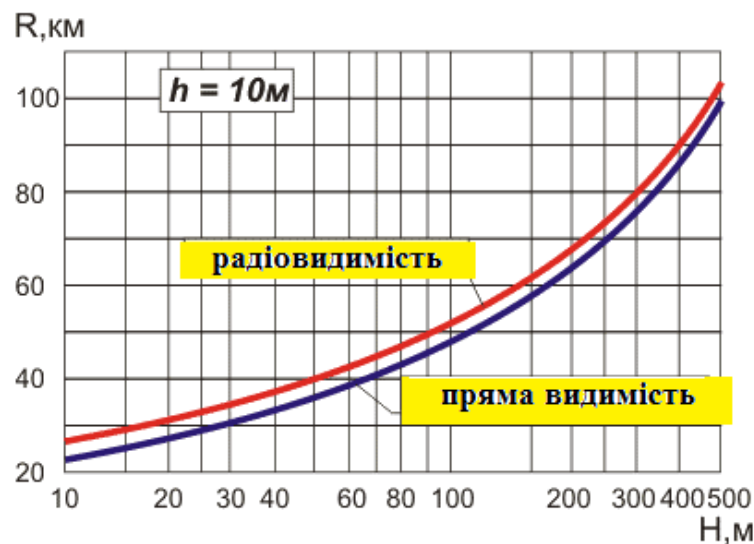


Рисунок 5.15 – Залежності оптичної та радіодальності прямої видимості від висоти підйому передаючої антени

5.5.2 Енергетичні фактори

Припустимо, що в радіолінії використовується довжина хвилі λ , потужність сигналів передавача $P_{\text{пер}}$, коефіцієнт підсилення передавальної антени $G_{\text{пер}}$, чутливість приймача $P_{\text{с min}}$, а коефіцієнт підсилення приймальної антени $G_{\text{пр}}$.

З урахуванням підсилення сигналу передавальною антеною та виразу (5.3) щільність потоку потужності (ЩПП), яка створюється передавачем на відстані D від передавача

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}}}{4\pi D^2}, \text{ Вт/м}^2. \quad (5.6)$$

Потужність сигналу на вході приймача (без урахування втрат у АФТ):

$$P_{\text{с}} = \Pi_{\text{пр}} \cdot A_{\text{еф}} \cdot \delta_{\text{РРХ}} = \frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}} \lambda^2}{(4\pi D)^2} \delta_{\text{РРХ}}, \text{ Вт}, \quad (5.7)$$

де $A_{\text{еф}} = \frac{\lambda^2 G_{\text{пр}}}{4\pi}$ – ефективна площа антени, що приймає, м^2 ,

$\delta_{\text{РРХ}}$ – втрати потужності на шляху розповсюдження радіохвиль (РРХ), разів.

Як видно з (5.7), потужність сигналу на вході приймача зворотно пропорційна квадрату відстані від передавача до приймача. Максимальну дальність дії радіолінії можна визначити з умови дорівнювання потужності сигналу пороговому значенню.

$$P_c = P_{c \min}. \quad (5.8)$$

А з виразів (5.7), (5.8) отримуємо основне рівняння радіозв'язку, що визначає дальність дії радіолінії:

$$D = \sqrt{\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}} \lambda^2}{(4\pi)^2 P_{c \min}}} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} G_{\text{пр}}}{P_{c \min}}}, \text{ м.} \quad (5.9)$$

З іншого боку, напруженість сигналу на вході приймальної антени також має бути достатньою. Амплітудне значення напруженості поля $E_{\text{пр}}$, В/м, пов'язано з ЩПП (5.3) співвідношенням

$$\Pi_{\text{пр}} = \frac{E_{\text{пр}}^2}{240 \cdot \pi}, \text{ Вт / м}^2. \quad (5.10)$$

Використовуючи (5.6) і (5.10) напруженість поля у районі прийомної антени можна подати таким теоретичним виразом:

$$E_{\text{пр}} = \sqrt{240\pi \cdot \frac{P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} \delta_{\text{PPX}}}{4\pi D^2}} = \sqrt{\frac{60 P_{\text{пер}} G_{\text{пер}} \delta_{\text{PPX}}}{D^2}} = \frac{\sqrt{60 P_{\text{пер}} G_{\text{пер}}}}{D} \eta_{\text{PPX}}, \text{ В / м}, \quad (5.11)$$

де $P_{\text{пер}}$ – вихідна потужність передавача, Вт;
 $G_{\text{пер}}$ – коефіцієнт підсилення антени передавача, разів;
 $\eta_{\text{PPX}} = \sqrt{\delta_{\text{PPX}}}$ – втрати по напруженості на шляху РРХ, разів;
 D – дистанція зв'язку, м.

Для інженерних розрахунків цей вираз перетворюють у вигляд, зручний для практичного використання. Наприклад, задаючи дальність у км, потужність у кВт, а напруженість у мВ/м, для діючого (а не амплітудного) значення напруженості $E_{\text{пр Д}}$ отримаємо:

$$\begin{aligned} E_{\text{пр Д}} &= \frac{E_{\text{пр}}}{\sqrt{2}} = \frac{\sqrt{60 P_{\text{пер}} / \text{Вт}} / G_{\text{пер}}}{\sqrt{2} D / \text{м}} \eta_{\text{PPX}} / \text{В / м} = \frac{\sqrt{60 P_{\text{пер}} / \text{кВт}} \cdot 10^3 G_{\text{пер}}}{\sqrt{2} D / \text{км} \cdot 10^3} \eta_{\text{PPX}} 10^3 / \text{мВ / м} = \\ &= \frac{\sqrt{3 \cdot 10^4 P_{\text{пер}} / \text{кВт}} / G_{\text{пер}}}{D / \text{км}} \eta_{\text{PPX}} / \text{мВ / м} = \frac{173 \sqrt{P_{\text{пер}} / \text{кВт}} / G_{\text{пер}}}{D / \text{км}} \eta_{\text{PPX}} / \text{мВ / м}. \end{aligned} \quad (5.12)$$

Використовується також формула, отримана з досвіду практичних спостережень, – відома у радіотехніці формула Введенського:

$$E_{np} = \frac{4\pi\sqrt{60P_{nep}G_{nep}}}{\lambda D^2} h_1 h_2, \text{ мкВ/м}, \quad (5.13)$$

де h_1, h_2 – висоти антен передавача і приймача, м;

λ – довжина хвилі, м;

D – відстань між передавачем та приймачем, км.

Переведення напруженості поля в децибели здійснюється по формулі:

$$E [\text{дБ/мкВ/м}] = 20\lg(E[\text{мкВ/м}]). \quad (5.14)$$

5.6 Радіостанції підрозділів ДСНС України

Радіостанція (трансівер, прийомо-передавач, рація) є комплексом апаратури, призначеним для ведення радіозв'язку. Радіостанція забезпечує симплексний або дуплексний двобічний зв'язок. Ми розглянемо більш розповсюджений випадок симплексного зв'язку.

У ПРС радіостанції підрозділяються на стаціонарні, возимі і носимі. Стаціонарні радіостанції встановлюються у ЦПЗ, ПЗЧ, возимі – на основних і спеціальних пожежно-рятувальних автомобілях, а носимі застосовуються особовим складом ДСНС України для організації зв'язку на місці ліквідування НС.

Узагальнена структурна схема радіостанції подана на рис.5.16. Радіостанція містить передаючу і приймальну частини і складається з:

- радіоприймача;
- радіопередавача;
- антени;
- шумоподавлювача;
- джерела (блока) живлення;
- блока керування та індикації з перемикачем.

У симплексному режимі одна спільна антена використовується по черзі на прийом і передачу.

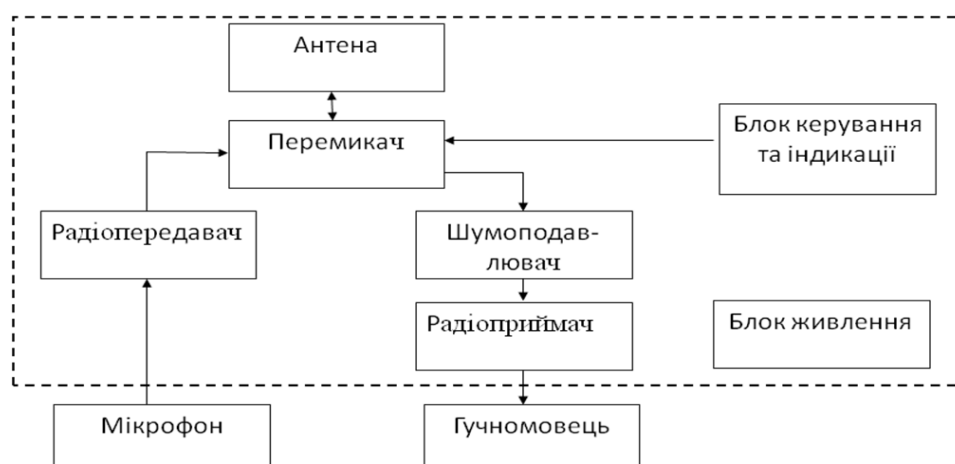


Рисунок 5.16 – Узагальнена структурна схема радіостанції

Пристрій, що перетворює повідомлення у радіосигнал, називається *передавальним пристроєм*, а пристрій, що перетворює прийнятий сигнал у первинний вид, – *приймальним пристроєм*. В техніці радіозв'язку під передавальним пристроєм розуміють технічні засоби, що знаходяться між джерелом повідомлення і середовищем РРХ, а під приймальним пристроєм – технічні засоби, що знаходяться між середовищем та адресатом повідомлення.

На вході радіоприймача, як правило, установлюють спеціальні фільтри (шумоподавлювача), що не пропускають коливання радіочастоти власного передавача. *Шумоподавлювач* зберігає чутливі елементи приймача від потужного сигналу під час передачі.

Блок живлення забезпечує електроживлення всіх елементів радіостанції.

Блок керування синхронізує роботу передавача і приймача, відпираючи або закриваючи по черзі ланцюги цих пристроїв.

Характеристики і параметри радіостанцій складаються з параметрів як передавачів і приймачів, так і власних параметрів. До основних параметрів радіостанції відносяться:

1. *Робоча частота чи діапазон робочих частот, Гц (кГц, МГц, ГГц).*

Діапазон робочих частот визначає діапазон можливих частот настройки радіостанції – область частот настройки, в межах якої радіостанція може плавно або стрибкоподібно перебудовуватися з однієї частоти на іншу. Сучасні радіостанції будуються як зі змінним настроюванням у широкому діапазоні частот (зв'язкові, навігаційні, радіомовні), так і з постійним, фіксованим настроюванням (радіолокаційні, радіотелеметричні). Якщо передавач або приймач жорстко налаштовані на певну частоту – то можна говорити про одну робочу частоту. Якщо в процесі роботи можливо перебудовувати робочу частоту, то як параметр радіостанції слід визначати діапазон робочих частот, у межах якого може здійснюватися перебудова.

Діапазоном робочих частот називається ділянка радіочастотного спектру $f_{\min} \dots f_{\max}$, в межах якого при перебудові зберігаються основні якісні показники приймача та передавача радіостанції.

Діапазон робочих частот визначається призначенням передавача. У пожежній охороні радіозв'язок здійснюється на метрових (КХ) і дециметрових (УКХ) хвилях, а робота ведеться переважно на фіксованих частотах. Швидка зміна робочих частот і безпошукове входження у зв'язок зумовлені специфікою роботи підрозділів ДСНС і тактичними особливостями побудови радіомереж.

Кількісно ширина діапазону робочих частот оцінюється *коефіцієнтом перекриття по діапазону*:

$$K_f = \frac{f_{\max}}{f_{\min}}. \quad (5.15)$$

Вимога перекриття широкого діапазону частот істотно ускладнює конструкцію радіостанцій. Незважаючи на це, в останні роки спостерігається тен-

денція побудови широкодіапазонних радіостанцій декаметрового і метрового діапазону з коефіцієнтом перекриття по частоті до 20 і більше.

Величина K_f в залежності від цільового призначення передавачів може бути і невеликою, порядку 1,2...2, наприклад, для радіорелейних, тропосферних і супутникових передавачів, портативних радіостанцій. Можливі передавачі всього на декілька частот.

Інтервал $\Delta f_{\min} \dots \Delta f_{\max}$ може перекриватися плавно, коли радіостанція може бути налаштована на будь-яку частоту або дискретно з кроком дискретності Δf_c . В останньому випадку частоти фіксовані. Кількість фіксованих частот визначаються як $N = (\Delta f_{\max} - \Delta f_{\min}) / \Delta f_c + 1$. Величина Δf_c може набувати значення 10, 5, 2, 1 інколи 0,1 і навіть 0,001 кГц в декаметровому діапазоні частот. В метровому діапазоні можливий набір величин Δf_c складається з 200, 100, 75, 50, 25, 1 кГц. В дециметровому і метровому діапазонах величина Δf_c може досягати одиниць мегагерців.

Використовуваний діапазон частот сучасних зв'язкових радіостанцій лежить у межах від десятків кГц до сотень ГГц.

Число каналів – це число заздалегідь записаних при програмуванні частот каналів, які може вибрати користувач (від одного до 128 і більше);

Канальне рознесення – відстань по частоті між сусідніми каналами (звичай 12,5; 20; 25, або 30 кГц);

2. *Напруга живлення, В, споживаний струм, А*. Чим більше (за інших рівних умов) – тим більше потужність.

3. *Поточна та середня потужність споживання, Вт*. Чим могутніше передавач – тим далі він може передати сигнал, тим легше цей сигнал буде прийняти. Вимірюється у Ватах (Вт).

Відомо, що потужність, яка споживається радіостанцією у режимі передачі, значно перевищує потужність що споживається у режимі прийому. Потужність споживання радіостанції у змішаному режимі роботи лежить між потужністю в режимі передавача і приймача. Звичайно радіостанція у включеному стані більше працює на прийом. Для визначення параметру "середня потужність" необхідно задати певне співвідношення часу прийому до часу передачі й усереднити споживану потужність для відповідних умов праці.

4. *Дальність радіозв'язку, км*. Дальність, за якої забезпечується обмін повідомленнями з заданими показниками якості.

5. *Тип модуляції сигналу*. Щоб сигнал, який випромінюється передавачем радіостанції, переносив повідомлення, необхідно змінювати один або декілька параметрів сигналу.

Модуляція – це змінювання у часі за заданим законом параметрів сигналу несучої частоти, або накладання низькочастотного інформаційного сигналу на високочастотний сигнал-носіє для передачі на великі відстані.

Широко використовується два типи модуляції: амплітудна (АМ) і частотна (ЧМ) (латиницею АМ і FM). Власне, всіма улюблений частотний діапазон FM отримав назву саме завдяки частотній модуляції, з якою працюють всі радіостанції цього діапазону. Є також фазова модуляція (ФМ).

У випадку *амплітудної модуляції* модулюється (змінюється) амплітуда сигналу несучої. При *частотній модуляції* модулюється частота.

ЧМ, на відміну від АМ, захищеніша від імпульсних перешкод. Взагалі кажучи, на частотах, на яких розташовані радіостанції УКХ-діапазону, застосування ЧМ зручніше, ніж АМ, тому вона там переважно і застосовується. Хоча, телевізійний сигнал також передається з амплітудною модуляцією.

Частотна модуляція буває вузькосмугова і широкосмугова в залежності від параметру девіації.

Девіація частоти, кГц – найбільше відхилення миттєвої частоти модульованого радіосигналу (при частотній модуляції) від значення його несучої частоти.

У широкомовних радіостанціях використовується *широкосмугова ЧМ*; її девіація складає 75 кГц.

У зв'язкових радіостанціях і іншій не мовній радіотехніці частіше застосовують *вузькосмугову ЧМ* з девіацією порядку 3 кГц. Вона більш захищена від перешкод, оскільки допускає гостріше настроювання приймача на несучу частоту.

Демодуляція – процес зворотний модуляції: зчитування закону модуляції параметру сигналу несучої частоти, або перенесення низькочастотного інформаційного сигналу з високої частоти сигналу-носія на низьку частоту.

6. *Стабільність частоти* – характеристика передавача або приймача, що показує відхилення (відхід) частоти від первинного значення.

Стабільність частоти визначається відносною нестабільністю (відносною стабільністю) частоти – відношенням

$$\delta = \Delta f / f, \quad (5.16)$$

де Δf – величина відходу частоти,

f – первинне (номінальне) значення частоти. Чим ближче відношення до нуля, тим вище стабільність.

7. *Ширина спектру сигналу, Гц* – інтервал частот, який використовується для роботи радіостанції без перебудови несучої.

8. *Надійність* характеризується припустимою зміною показників якості приймача у процесі його експлуатації. Це особливо важливо для радіоприймачів, що повинні працювати при значних змінах температури, і інших параметрів.

Кількісно, надійність устаткування є величина, зворотна інтенсивності відмов на заданому інтервалі часу.

9. *Тривалість роботи від акумуляторної батареї*. Для портативної радіостанції ця тривалість зазвичай не менше 8 годин при співвідношенні прийом/передача 10/1.

10. *Хвильовий опір антенного роз'єму* (зазвичай 50, 75 ом).

11. *Наявність систем індивідуального виклику, системи шумоподавлювача*.

12. *Масо-габаритні параметри, робочий діапазон температур* (у гр., см, град). Чи задовольняє по стійкості до кліматичних впливів, вібрацій і ударів певним стандартам.

Є також ряд специфічних параметрів антен, передавачів і приймачів, які будуть розглянуті далі.

Список використаних джерел

1. Бурлай 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 ДСНС України, 2007 – 224 с.

2. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони. Наказ № 755 від 19.07.2001 р.

3. Чудинов В.Н., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники: Учеб. Пособие для пожарно-технических училищ. – М.: Радио и связь, 1986. – 272 с.: ил.

4. І.А.Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Надайте визначення радіозв'язку, радіохвиль, ліній та сигналів електрозв'язку.

2. Склад та призначення елементів найпростішої системи радіозв'язку.

3. Відміни двобічної та двобічної, симплексної та дуплексної (пів дуплексної) систем радіозв'язку.

4. Як розподіляється радіочастотний спектр на діапазони?

5. Як пов'язана частота коливання і довжина радіохвилі?

6. Основні властивості радіохвиль.

7. Як відрізняється розповсюдження радіохвиль різних діапазонів?

8. Як розраховується дальність радіозв'язку в УКХ-діапазоні?

9. Що входить в узагальнену структурну схему радіостанції?

10. Основні параметри радіостанції.

РОЗДІЛ 6

ОСНОВНІ ТТХ ТА КОНСТРУКЦІЇ АНТЕННО-ФІДЕРНОЇ ТЕХНІКИ СИСТЕМ РАДІОЗВ'ЯЗКУ

Антенні системи є обов'язковим елементом будь-якої радіостанції і забезпечують передачу енергії високочастотних струмів вихідного каскаду радіостанції електромагнітній хвилі чи навпаки. Від якості антенної системи у значному ступеню залежить ефективність роботи радіостанції в цілому.

6.1 Утворення та параметри електромагнітної хвилі

Хвиля – це явище зміни деякої сукупності фізичних величин (характеристик фізичного поля або матеріального середовища), яке здатне переміщатися, віддаляючись від місця виникнення, або коливатися всередині обмежених областей простору

Відомо, що змінний струм у провіднику (струм провідності) створює навколо себе змінне магнітне поле, яке, у свою чергу, породжує електричний струм (явище електромагнітної індукції, завдяки якому працюють всі генератори змінного струму).

Однак змінний електричний струм може проходити не тільки по провіднику, але й через діелектрик (як, наприклад, через обкладинки у звичайного конденсатора). Такий струм називається струмом зсуву. Тобто через будь-який діелектрик (включаючи вільний простір) може протікати струм зсуву.

Дуже важливо, що в частині утворення навколо себе магнітного поля струм зсуву має ті ж властивості, що й звичайний струм провідності, що тече по провіднику.

Нехай у якомусь провіднику протікає змінний струм провідності. Він створює змінне магнітне поле, що у свою чергу утворить (але вже у вільному просторі, поряд із провідником) струм зсуву, який знову створює змінне магнітне поле (але вже в іншій точці простору, віддаленій від вихідного провідника). Надалі процес циклічно повторюється в областях простору, все більш віддалених від вихідного провідника. Це і є електромагнітна хвиля (ЕМХ).

Графічно радіохвилі зображають у вигляді двох синусоїд, що розміщені у взаємно перпендикулярних площинах (рис.6.1). Вектори напруженості електричного поля E розміщені у вертикальній площині, а вектори напруженості магнітного поля H – в горизонтальній, причому ці вектори перпендикулярні до вектора Π , який називається вектором Умова-Пойтінга. Напрямок вектора Π співпадає з напрямом розповсюдження енергії хвиль, а його довжина в прийнятому масштабі відповідає кількості електромагнітної енергії, яку переносять радіохвилі.

Будь-який неекраниваний провідник зі змінним електричним струмом завжди випромінює ЕМХ. ККД випромінювання залежить від розмірів і розташування провідника й може коливатися від незначних часток відсотка (для провідника, у якого випромінювання ЕМХ є паразитним ефектом) до майже 100% (для високоефективних антен).

ЕМХ може поширюватися в будь-якому діелектрику (у тому числі і у вільному просторі). Діелектрик описується провідністю середовища σ , яка визначає активні втрати, магнітною μ та діелектричною проникністю ϵ .

Якщо параметри середовища, у якому поширюється ЕМХ, не залежать від напрямку, то таке середовище називають *ізотропним* (однаковим у всіх напрямках). А якщо залежать – *анізотропним*.

Якщо параметри середовища залежать від частоти, то таке середовище називають *дисперсним* (розсіюючим).

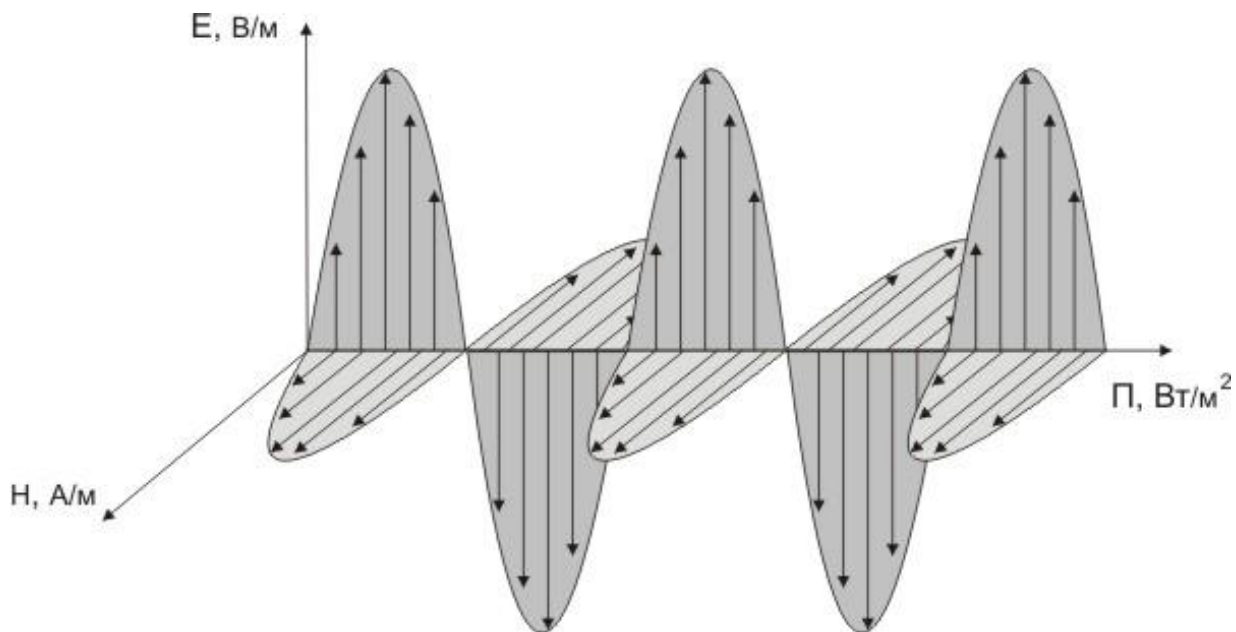


Рисунок 6.1 – Графічне зображення радіохвилі

Іоносфера, яка суттєво впливає на розповсюдження радіохвиль, є анізотропним, дисперсним середовищем, параметри якого також змінюються у часі. Це забезпечує все різноманіття механізмів проходження радіохвиль, розглянуті вище.

У вільному просторі *швидкість поширення ЕМХ* v дорівнює швидкості світла $c=299,793$ тисяч км/с. У діелектрику ця швидкість зменшується:

$$v = c / \sqrt{\mu\epsilon}. \quad (6.1)$$

Відповідно змінюється й довжина хвилі λ – мінімальна відстань між двома точками вздовж руху ЕМХ, у яких коливання мають однакову фазу:

$$\lambda = v/f. \quad (6.2)$$

В чисельнику формули (6.2) не швидкість світла, а швидкість поширення ЕМХ (6.1), яка змінюється у залежності від параметрів середовища. Тому довжина хвилі однієї й тієї ж частоти в різних середовищах різна.

Властивості середовищ із втратами (а це всі середовища, де поширюється ЕМХ):

– в середовищі із втратами швидкість руху хвилі залежить від частоти. Це явище називається дисперсією й приводить до "розсіпання" радіосигналів, що мають широкий спектр. Оптичним аналогом є призма, що розщеплює світлову хвилю (ЕМХ) на кольори веселки;

– одне й те ж середовище (наприклад, ґрунт або іоносферний шар), при різних довжинах хвиль може поводитися і як діелектрик, і як провідник.

Саме цим і пояснюється явище відбиття від іоносфери середніх і коротких хвиль і майже повна відсутність такого відбиття для УКХ. Вище певної, так званої критичної, частоти (звичайно у межах 20...50 МГц) іоносфера поводить себе вже не як відбиваючий провідник, а як діелектрик, що пропускає УКХ в космос.

Орієнтація в просторі вектора напруженості електричного поля E щодо напрямку руху ЕМХ називається *поляризацією хвилі*. Розрізняють вертикальну (V), горизонтальну (H) і обертову (кругову) поляризації. У випадку V-поляризації вектор E коливається лише у вертикальній площині (рис.6.2), у випадку H-поляризації – лише в горизонтальній. Якщо присутні одночасно V й H компоненти поляризації, але з фазовим зміщенням, то вектор E буде описувати коло або еліпс. Обертова поляризація нерідко використовується на УКХ при зв'язках через супутники.



Рисунок 6.2 – Площини поляризації електромагнітної хвилі

При відбитті від ідеальної плоскої провідної поверхні площина поляризації повертається на 90° (наприклад, з V на H). При відбитті від реальних нерівномірних за формою й параметрами середовищ поворот площини поляризації буде довільним.

6.2 Основні параметри і властивості антен

Анени (рис.6.3) використовуються для випромінювання або прийому електромагнітних хвиль. Відповідно до виконуваних функцій вони поділяються на передавальні, приймальні та приймально-передавальні.

До передавальної антени фідером підводиться змінний струм високої частоти від радіопередавача. В наслідок її роботи у навколишньому просторі збуджуються ЕМХ.

Принцип дії прийомної антени зворотний: під дією радіохвиль в антені наводиться ЕРС (явищі електромагнітної індукція), внаслідок чого на вихід антени (вхід приймача) подається змінна напруга високої частоти.

По направленості дії розрізняють *антени ненаправлені* й *антени спрямованої дії*. Перші випромінюють електромагнітну енергію в усіх напрямках однаково, другі у певному напрямку дають найбільше випромінювання, а в інших – послаблене. Строго кажучи, антен зовсім ненаправленої дії не існує, в тому чи іншому ступені будь-яка антена має спрямовані властивості.



Рисунок 6.3 – Різновиди антен зв'язку

Важливим поняттям в антенній техніці є *ізотропний випромінювач*. Це антена, що випромінює рівномірно в усі сторони всю підведену до неї потужність. Такий випромінювач забезпечить однакове випромінювання через будь-яку точку сфери постійного радіуса навколо нього. Ізотропний випромінювач прийнято вважати теоретичною абстракцією. Однак можна виготовити й фізично антену з досить близькими до ізотропного випромінювача параметрами. Напруженість електричного поля, створеного ізотропним випромінювачем у середовищі без втрат на відстані r :

$$E \approx \frac{5500\sqrt{P}}{r}, \text{ мкВ/м,} \quad (6.3)$$

де P – потужність випромінювача, Вт;
 r – відстань, км.

Але все-таки переважна більшість антен мають нерівномірне випромінювання залежно від напрямку.

6.2.1 Діаграма направленості антени (ДНА)

Пройшовши по всій поверхні сфери (рис.6.4) й записавши в кожній точці її поверхні значення напруженості поля, що створює антена передавача, можна побудувати в полярній системі координат об'ємну фігуру, що демонструє розподіл енергії випромінювання у просторі. У полярній системі координат для цього задаються три параметри точки виміру: радіус (тобто відстань від початку координат до потрібної точки), зенітний кут θ і азимутальний кут ϕ .

ДНА приймача – це графічне представлення залежності коефіцієнта підсилення антени від напрямку прийому антени у заданій площині. ДН прийомної антени також відображає залежність ЕРС, яка наводиться в ній від кута між напрямком приходу радіохвиль і віссю антени.

Об'ємна ДН, хоча й містить всю інформацію про розподіл випромінювання антени, але незручна для практичного використання. Тому звичайно використовують її плоскі зображення.

Діаграмою направленості (ДН) передавальної антени називається графічне зображення залежності напруженості електричного поля E від напрямку випромінювання у точках, рівновіддалених від антени. Напрямок випромінювання визначається кутом, який відкладається, наприклад, від осі антени.

Площинна ДНА є перетином об'ємної горизонтальною, вертикальною або будь-якою іншою площиною. Зрозуміло, що вони не можуть нести всієї інформації про об'ємну фігуру, вид перетину залежить від того, під яким кутом розташована сікуча площина.

Наприклад, перетин об'ємної ДНА горизонтальною площиною, що проходить через початок координат і напрям максимального випромінювання, називається *ДНА у горизонтальній площині*.

Якщо не оговорено особливо, *ДНА у вертикальній площині* будується для азимутального кута, що відповідає максимальному випромінюванню антени по азимуту.

На рис.6.6 подано вигляд горизонтальної ДНА радіорелейної УКХ радіостанції, яка має головну, багато бокових, а також зворотніх пелюсток.

Ширина головної пелюстки визначається у вертикальній і горизонта-

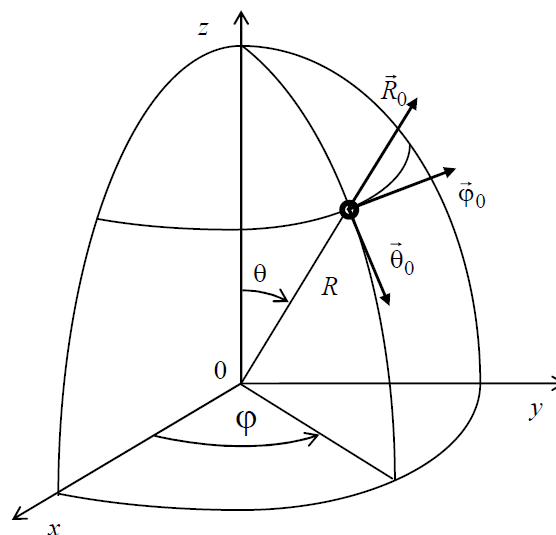


Рисунок 6.4 – Умови визначення напруженості поля у просторі

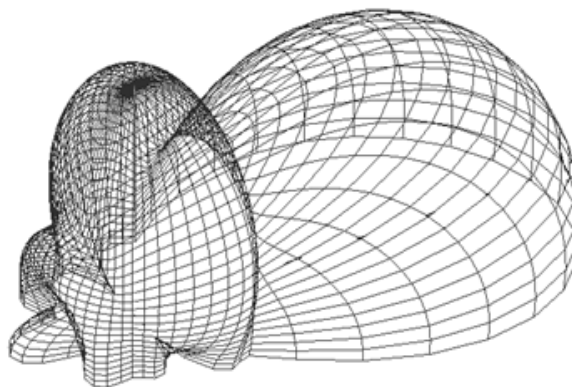


Рисунок 6.5 – Об'ємна діаграма направленості антени

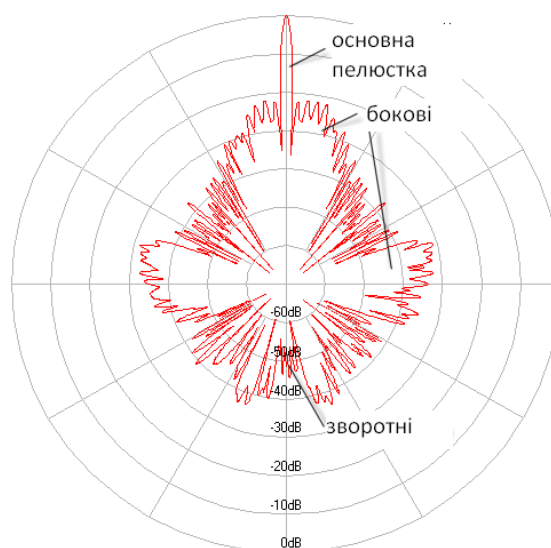


Рисунок 6.6 – Площинна ДНА

льній площинах ДН як сектор, на краях якого рівень потужності знижується вдвічі від максимального випромінювання (за рівнем -3 дБ).

Діаграма направленості ізотропного випромінювача – кругова у всіх перетинах (по векторах E і H зокрема).

6.2.2 Коефіцієнт підсилення антени по потужності

Коефіцієнт підсилення антени по потужності (КПА, G_a) – відношення потужності на вході ізотропної антени $P_{iz}[Вт]$ до потужності, що підводиться до входу даної антени $P_x[Вт]$ за умови, що ці антени створюють у даному напрямі на однаковій відстані рівні значення напруженості поля.

$$G_a = P_{iz}/P_x \text{ [разів по потужності]}. \quad (6.4)$$

Підсилення антени показує у скільки разів більше/менше енергії випромінює досліджувана антена в даному напрямку у порівнянні з ідеальним ізотропним випромінювачем, до якого підведена така ж потужність, або у скільки разів необхідно збільшити/зменшити потужність на вході антени (вихідну потужність передавача) при заміні даної антени ідеально ненаправленою антеною, щоб значення щільності потоку потужності, випромінюваного антеною електромагнітного поля в точці спостереження, не змінилося.

Крім форми ДНА G_a залежить і від ККД антени. Очевидно, що оскільки реальна антена випромінює в ефір не всю підведену до неї потужність (частина втрачається марно), то чим нижчий ККД, тим менша потужність випромінюється, і менше G_a :

$$G_a = \eta_A \cdot K_D, \quad (6.5)$$

де $\eta_A = P_{\Sigma}/P_A$ – коефіцієнт корисної дії (ККД) антени, відношенню потужності P_{Σ} , що випромінюється, до потужності P_A , що підводиться до антени;

K_D – коефіцієнт спрямованої дії антени (не враховує ККД).

Як було зазначено, ізотропний випромінювач – уявна (ідеальна) антена, яка випромінює в усі напрямки електромагнітну енергію однакової інтенсивності. ККД ізотропної антени дорівнює одиниці.

Звичайно, говорячи про підсилення, мають на увазі максимальне G_a в напрямку основного випромінювання антени. Чим більш вузька ДН в антени (тобто чим в більш вузькому секторі вона концентрує випромінювання), тим вище підсилення (при однаковому ККД). Аналогія – прожектор із дзеркальним рефлектором: концентруючи світло у вузький промінь, досягається яскравість набагато вища, ніж при тій же лампі, що світить в усі сторони.

Існують антени, які, незважаючи на досить вузьку ДН, проте, через низький ККД мають негативне (тобто менше, ніж в ізотропного випромінювача) підсилення.

Для *напівхвильового вібратора* (рис.6.7) коефіцієнт спрямованої дії $K_D \approx 1,6$ у напрямках максимального випромінювання; ККД такого вібратора

близький до одиниці; коефіцієнт підсилення в напрямку максимуму дорівнює приблизно 1,5...1,6.

В звичайних радіостанціях підрозділів ДСНС використовуються слабо напрямлені антени типу "штир" з приблизно круговою ДНА і КПА у 1,5-2 рази.

Звичайно одиницею виміру коефіцієнта підсилення є дБ. Для перерахунку коефіцієнта підсилення по потужності з разів у дБ/Вт використовують формулу:

$$K [\text{дБ/Вт}] = 10 \lg(K[\text{разів по потужності}]). \quad (6.6)$$

Щоб підкреслити, що йде порівняння саме з ізотропним (isotrop) випромінювачем, до децибелів додають букву "і", тобто G_a вимірюється в дБі (в англійській літературі dBi).

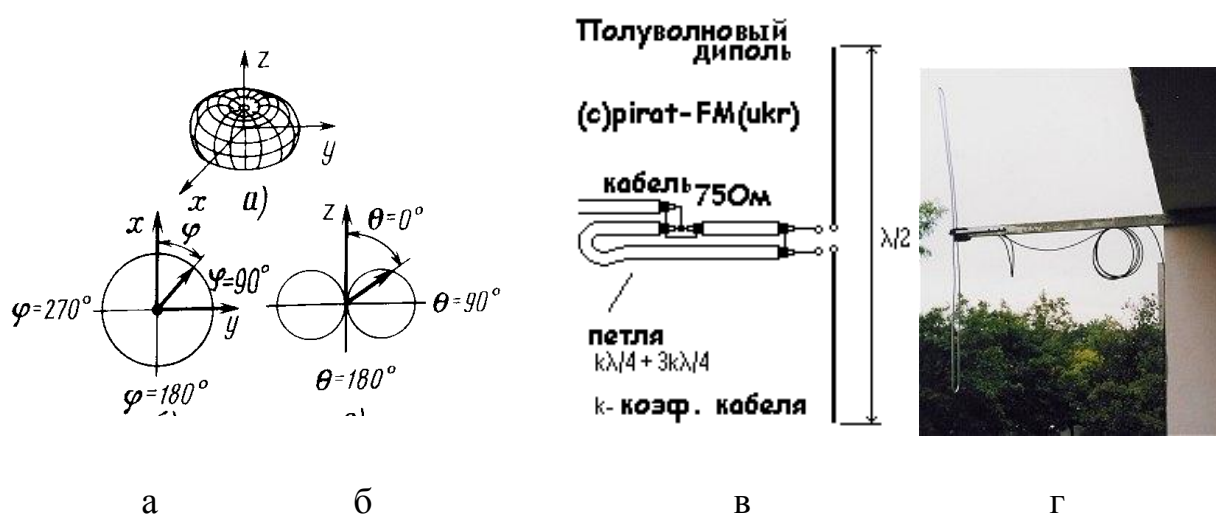


Рисунок 6.7 – Діаграма направленості напівхвильового вібратора (диполя):

а) просторове зображення; б) у горизонтальній площині; в) у вертикальній площині, г-д) зовнішній вигляд

В КХ діапазоні як зразок для порівняння іноді використовують напівхвильовий диполь. Причому цей зразковий диполь вважають ідеальним (без втрат) і таким, що перебуває у вільному просторі. Посилення відносно напівхвильового диполя позначається G_h .

Щоб не створювати плутанини з G_a , розмірність посилення відносно диполя (dipole) позначається дБд (в англійській літературі dBd). Оскільки напівхвильовий диполь у вільному просторі має некругову ДН і слабо концентрує випромінювання, то його $G_a = 2,15 \text{ dBi}$. Тобто G_a й G_h виражають одне й те ж і відрізняються лише фіксованим зміщенням: G_h на 2,15 дБ менше.

6.2.3 Опори випромінювання і втрат. Вхідний імпеданс

Оскільки антена споживає від джерела певну потужність (випромінюючи її в ефір), то за аналогією з будь-якою електричною схемою, яка споживає

потужність, вводять опір, на якому ця потужність виділяється. Він називається *опором випромінювання* $R_{\text{випр}}$. Потрібно підкреслити, що фізично цього опору не існує. Це лише математичний коефіцієнт, який зв'язує випромінювану антеною потужність із квадратом максимальної амплітуди струму в антені. Але $R_{\text{випр}}$ досить наочний параметр, що характеризує ефективність випромінювання, тому часто використовується.

$R_{\text{випр}}$ складним образом залежить від розмірів антени, її геометрії і розподілу струму. Цікава графічна залежність $R_{\text{випр}}$ від довжини штирьової антени. На рис.6.8. показано як залежить $R_{\text{випр}}$ симетричного диполя, що перебуває у вільному просторі від його розміру.

При використанні простого диполя бажано вкорочувати його довжину для зручності експлуатації. Відомо, що для вкорочених антен при однаковій фізичній довжині ефективніше випромінює (тобто має більш високий $R_{\text{випр}}$) та антена, по якій протікає більший струм і по якій він розподілений більш рівномірно.

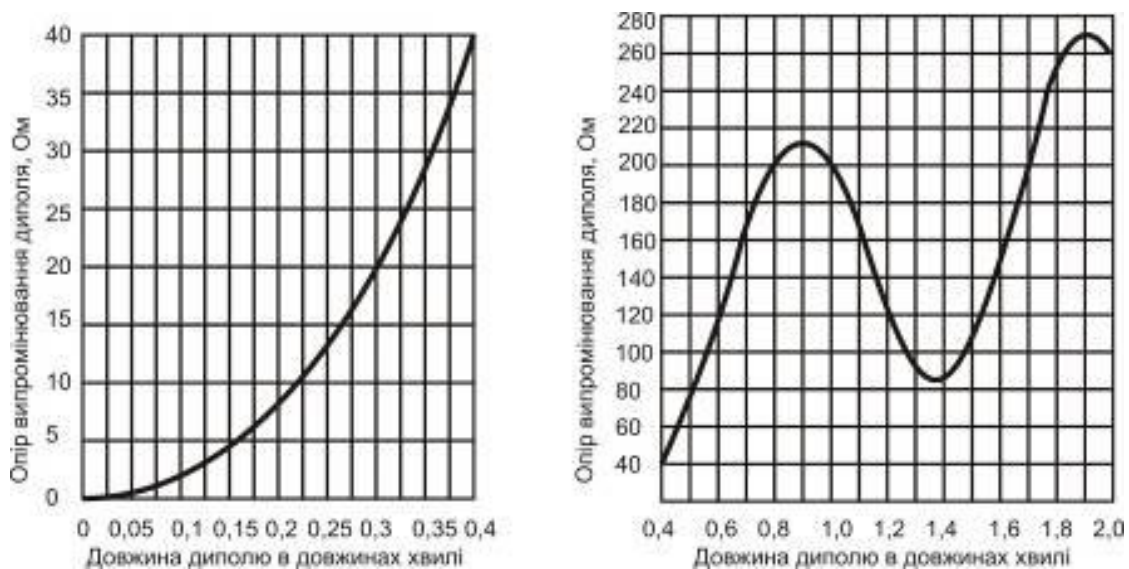


Рисунок 6.8 – Залежність $R_{\text{випр}}$ симетричного диполя, що перебуває у вільному просторі від його розміру

Як будь-який реальний пристрій, антена має $\text{ККД} < 100\%$, тобто частина споживаної потужності не випромінюється, а перетворюється у тепло в антені і навколишніх предметах. Ця частина потужності описується опором втрат антени $R_{\text{втр}}$ (потужність теплових втрат, поділена на квадрат максимального струму в антені). $R_{\text{втр}}$ існує реально, для його опису потрібні декілька різних частин. $R_{\text{втр}}$ складається з: R_s -омічних (теплових) втрат у провідниках і елементах антени. R_s росте із частотою внаслідок так званого поверхневого (скін-ефекту) – змінне магнітне поле витискає струм із центра провідника на його краї. Тому ВЧ струм протікає лише по тонкому поверхневому шарі провідника, не проникаючи вглиб.

Глибина проникнення струму у провідник (товщина шару провідника по якому проходить ВЧ струм) σ описується формулою:

$$\sigma = K / \sqrt{F}, \text{ мкм}, \quad (6.7)$$

де F – частота струму у МГц;

K – коефіцієнт, що дорівнює 67 для міді, 83 для алюмінію, 127 для бронзи.

Як видно з формули, σ становить кілька десятків мікронів на частоті 1,8 МГц і зменшується до кількох мікронів на УКХ. Тому для антени дуже важлива якість поверхні використовуваних металів. Шорсткості, плівки окисла різко збільшують $R_{\text{втр}}$. Через поверхневий ефект фактором, який визначає опір втрат на ВЧ, є не площа перетину провідника, а периметр його перетину. Наприклад, тонка, але широка фольга може мати помітно менші втрати на ВЧ, ніж товстий провідник. Тому немає сенсу використати товсті суцільні провідники; тонкостінна труба рівного діаметру буде нічим не гірша.

- R_i – втрати в ізоляції антени/фідера. Будь-який ізолятор у складі антени має витікання струму i , відповідно, втрати. Для правильного врахування опір ізоляції перераховується з паралельного опору витікання у послідовний R_i . Очевидно, що чим краща ізоляція, тим менше втрат і менший послідовний опір втрат R_i .
- R_z – опір втрат у землі; існує для антен, за схемою яких частина струму від джерела проходить безпосередньо через землю. Наприклад, вертикальні антени із противагами, що лежать на землі. Це, звичайно, призводить до додаткових втрат на нагрівання землі.
- R_o – характеризує теплові втрати у навколишніх предметах, що знаходяться у ближній зоні антени. У ближній зоні антени існує реактивне поле, напруженість якого різко зростає з вкороченням антени. Якщо в ближній зоні антени всі предмети не мають активних втрат (тобто або ідеальні діелектрики, або ідеальні провідники), то ця реактивна енергія (строго говорячи, – добротність антени) повернеться в антену без втрат. Але як тільки в реактивне поле потрапляє предмет з омичними втратами, він негайно переводить частину енергії поля у теплові втрати.

У практичних конструкціях КХ антен часто у ближній зоні (її радіус становить $\lambda/2\pi$) перебувають предмети із втратами – будинки, дерева, металоконструкції, дахи, земля, які нагріваються ближнім полем антени.

Отже, опір втрат:

$$R_{\text{втр}} = R_s + R_i + R_z + R_o. \quad (6.8)$$

Підведена до антени потужність виділяється як на $R_{\text{випр}}$ так і на $R_{\text{втр}}$. Тому *ККД антени* η_A визначається з наступної формули резистивного дільника:

$$\eta_A = \frac{R_{\text{випр}}}{R_{\text{випр}} + R_{\text{втр}}} \quad (6.9)$$

Для одержання прийняттого ККД потрібно намагатися, щоб $R_{\text{випр}}$ був у кілька разів вищий $R_{\text{втр}}$. При використанні вкорочених антен $R_{\text{випр}}$ падає до одиниць Ом (рис.6.8). Тому доводиться усіма доступними заходами знижувати $R_{\text{втр}}$ – використовувати провідники з більшим периметром перетину, з якісною ізоляцією. І навіть при цих умовах $R_{\text{втр}}$ вкороченої антени часто виходить вищим ніж у повнорозмірної. Справа в тому, що у вкороченої антени (внаслідок підвищеної добротності) завжди більш потужніше реактивне поле, і відповідно вища складова R_0 .

На практиці $R_{\text{втр}}$ залежно від конструкції антени становить одиниці (у складних випадках – десятки) Ом і збільшується зі збільшенням частоти, зменшенням висоти над землею та з вкороченням антени. Тому ККД антени різко падає з її вкороченням.

Навпаки, при використанні повнорозмірних антен з високим $R_{\text{випр}}$ (рис.6.8) ККД отримується високим. У порівнянні з високим $R_{\text{випр}}$ (десятки-сотні Ом) частка втрат $R_{\text{втр}}$ невелика, і не має особливого сенсу боротися за зниження опору втрат. Але навіть повнорозмірну антену небажано розташовувати поблизу до поглинаючих місцевих предметів (радіус ближньої зони $0,16\lambda$) через небезпеку помітного зростання $R_{\text{втр}}$.

Вхідний імпеданс антени – це опір на робочій частоті на вхідних затисках антени у точках підключення антени до фідера, що з'єднує її з передавачем або приймачем:

$$Z_A = R_A + jX_A, \quad (6.10)$$

де R_A – активний опір антени;
 X_A – реактивний опір антени.

Вхідний опір передавальної антени є опором навантаження для фідера. У загальному випадку він може мати активну R_A й реактивну (jX_A) складові.

З метою передачі в антену максимальної потужності вхідний опір антени повинен бути активним і рівним хвильовому опору фідера.

В літературі досить часто не розрізняють активну частину вхідного імпедансу антени R_A та опір випромінювання $R_{\text{випр}}$. Але опір випромінювання $R_{\text{випр}}$ (який визначає ККД) відрізняється від вхідного опору антени R_A . У деяких окремих випадках вони можуть збігатися але, як правило, $R_{\text{випр}}$ менше, ніж R_A . $R_A = R_{\text{випр}}$ лише в єдиному випадку – коли точка живлення відповідає точці максимального струму в антені, а опір втрат $R_{\text{втр}}$ або відсутній, або надзвичайно малий. В інших випадках R_A більший ніж $R_{\text{випр}}$.

6.2.4 Площа розкриття антени

Згадаємо ізотропний випромінювач. Зрозуміло, що через кожен квадратний метр сферичної поверхні навколо нього буде проходити енергія, що дорівнює потужності випромінювача поділений на площу цієї поверхні. Ця величина має назву *щільності потоку потужності електромагнітної хвилі*:

$$\Pi = \frac{P_{\Sigma}}{4\pi D^2}, \text{ Вт/м}^2, \quad (6.11)$$

де P_{Σ} – потужність, що випромінюється антеною, Вт;
 D – відстань від випромінювача до точки прийому, м.

Прийомна антена на поверхні сфери перетворює енергію ЕМХ в електричну енергію прийнятого сигналу. Зрозуміло, що чим більше ця антена "виробляє" потужності для вхідних ланцюгів приймача $P_{\text{вх}}$, тим з більшої площі сфери вона повинна для цього зібрати енергію ЕМХ.

Ефективна площа розкриття (апертури) антени визначається як:

$$A_{\text{еф}} = \frac{P_{\text{вх}}}{\Pi}. \quad (6.12)$$

Ця величина показує еквівалентну площу сфери, з якої антена має "збирати" енергію, щоб у районі розташування приймача виділити і подати на його вхід відповідну потужність сигналу.

Звичайно, краща антена, яка "збирає" більшу потужність і виділяє потужніший сигнал, має більшу $A_{\text{еф}}$. Найпростіше зрозуміти це на прикладі дзеркальної параболічної антени – із площі, рівної площі дзеркала рефлектора, енергія ЕМХ перехоплюється й направляється в приймач. Але важливо відзначити, що у загальному випадку $A_{\text{еф}}$ не є фізичною площею антени або її частин. Це площа простору, з якого антена відбирає енергію ЕМХ. Для певного класу антен на УКХ, до якого входять антени з металевим рефлектором (параболічні, кутові), $A_{\text{еф}}$ майже збігається із площею рефлектора антени. Але таке буває рідко і лише у діапазоні УКХ. Для більшості антен $A_{\text{еф}}$ набагато більше площі самої антени. Наприклад, для простого напівхвильового диполя його ефективна площа розкриття це еліпс, витягнутий вздовж диполя. Ширина цього еліпса $3/4 \lambda$, висота $1/4 \lambda$, площа $A_{\text{еф Диполя}} = 0,13 \lambda^2$.

$A_{\text{еф}}$ збільшується з ростом підсилення G_a антени. Зрозуміло, що якщо антена направлена, приймає сигнал більший, ніж ізотропний випромінювач, то вона повинна отримати більше енергії ЕМХ. А шлях для цього лише один – зібрати цю енергію з більшої площі. Тому спрямовані антени мають значну площу розкриття, яка може набагато перевищувати $A_{\text{еф Диполя}}$. Для цих антен $A_{\text{еф}}$ визначається співвідношенням:

$$A_{\text{еф } G} = \lambda^2 \frac{10^{\frac{G_a}{10}}}{4\pi}. \quad (6.13)$$

де G_a – посилення антени не в логарифмічній, а в лінійній мірі (в разях);
 4π – тілесний кут, що відповідає повній сфері.

З формули (6.13) випливає важливий для практики висновок – $A_{\text{еф}}$ (і прийнята антеною потужність сигналу) прямо пропорційна λ^2 . Тобто антени з однаковим підсиленням (наприклад, $\lambda/2$ диполі) різних діапазонів дають зовсім різний сигнал. Чим вища частота (менша довжина хвилі), тим з меншої площі збирається енергія ЕМХ. Тому на УКХ необхідно застосовувати антени з високим підсиленням. І тому на УКХ практично завжди (за винятком місцевого зв'язку) використовуються спрямовані антени з великим G_a . Ненаправлена антена на УКХ має дуже малу площу розкриття $A_{\text{еф}}$ й, відповідно, дає відносно малий сигнал.

Ефективна площа розкриття антени – це параметр, який показує ефективність відбору антеною потужності ЕМХ із простору й перетворення в електричний струм у провідниках. Якщо частина енергії ЕМХ із простору вилучена, то за антеною утвориться область "тіні", де напруженість поля ЕМХ нижча. Тобто антена діє як поглинаючий екран.

Справедливе й зворотне – щоб антена могла зібрати енергію зі своєї площі розкриття, у межах цієї площі не повинно бути поглинаючих та екрануючих предметів. Фізичний зміст цього твердження дуже простий – електромагнітна хвиля повинна падати на всю площу розкриття антени, а не поглинатися або екрануватися навколишніми предметами. При виборі місця установки антени має сенс порахувати $A_{\text{еф}}$ (знаючи довжину хвилі й G_a) по формулі (6.13). І в межах цієї площі навколо антени (у напрямку основної пелюстки ДН) повинен бути чистий простір. Крім того, ніщо (наприклад будинки або інші антени) не повинно "затінювати" ЕМХ, що потрапляє на $A_{\text{еф}}$. Інакше посилення антени впаде. Причому ступінь цього зменшення буде визначатися тим, яка частина $A_{\text{еф}}$ закрыта або екранована.

Оскільки узгодження системи антена-приймач залежить від частоти, то відповідно залежить від частоти і $A_{\text{еф}}$. Досягаючи максимуму на робочій частоті, (там, де антена погоджена, тобто там, де вона може максимально передати перехоплену потужність ЕМХ у приймач) ефективна площа розкриття швидко і у багато разів падає при неузгодженості й відході від робочої частоти.

Використовуючи поняття $A_{\text{еф}}$ можна дуже просто зв'язати випромінену передавачем потужність P_{Σ} , Вт, з максимальною потужністю, яка надійшла до приймача P_{np} :

$$P_{np} = P_{\Sigma} \frac{A_{\text{еф}1} A_{\text{еф}2}}{\lambda^2 R^2}, \text{ Вт}, \quad (6.14)$$

де $A_{\text{еф}1}$, $A_{\text{еф}2}$ – ефективні площі передавальної й приймальної антен відповідно, м²;

R – відстань між антенами, м.

Формула не враховує втрати на реальній радіотрасі, при відбитті від іоносфери, які є завжди і можуть бути досить значними. З іншого боку не враховує можливий (хоча й досить рідкісний) ефект росту напруженості ЕМХ,

що виникає, якщо відбиваючий іоносферний шар, значно ввігнутий і діє як параболічне дзеркало. Тобто точність наведених розрахунків при стрибковому поширенні на КХ невелика і залежить від стану іоносфери. Для одержання відносно достовірних результатів потрібно вимірювати рівень сигналу кілька разів у різний час, а потім брати середній результат. При багатострибковій трасі на КХ точність розрахунку різко знижується – заздалегідь невідомий вплив стану іоносфери. При прямій видимості потужність сигналу можна обчислити досить точно.

Таким чином, використовуючи формули (6.13) і (6.14) та знаючи дійсні рівні сигналу на вході приймача й відстань до кореспондента, можна оцінити яку потужність насправді випромінює антена.

Параметр $A_{\text{еф}}$ відіграє важливу роль при розташуванні поруч кількох антен. Нехай необхідно розмістити кілька антен на одну частоту (наприклад, окремі елементи синфазних решіток). Це потрібно робити так, щоб їх ефективні площі розкриття окремих елементів не накладалися одна на одну і щоб кожен елемент решітки збирав енергію ЕМХ зі своєї, окремої ділянки простору. Тому є мінімальна відстань між антенами (вона визначається $A_{\text{еф}}$ одиночної антени), ближче якої розташовувати антени небажано, оскільки через часткове перетинання їхніх апертур буде падати загальне посилення антенної системи.

Якщо ж дві приблизно однакові антени на один діапазон розташувати зовсім близько, то їхні $A_{\text{еф}}$ накладуться одна на одну. Антени будуть збирати енергію ЕМХ з однієї ділянки простору, тому прийнята кожною антеною потужність відповідно впаде. Це прямий наслідок закону збереження енергії – не можна із заданої площі простору отримати енергії більше, ніж через неї проходить.

Якщо площі розкриття розташованих впритул телевізійних антен (таке можна побачити на багатоквартирних будинках) перекриваються, енергія ЕМХ з однієї площі ділиться на відповідну кількість антен. Якщо ж розташовувати поруч антени на різні діапазони, то в цьому випадку припустиме досить близьке розташування майже без погіршення параметрів. Справа у значній залежності $A_{\text{еф}}$ від частоти. Наприклад, розташовуючи на одному траверсі тридіапазонну антену "подвійний квадрат" (14-21-28 МГц), можна не побоюватися помітного погіршення – на частоті 21 МГц ефективні площі розкриття антен діапазонів 14 і 28 МГц будуть дуже малими й майже не зменшать прийнятий антеною 21 МГц сигнал цієї частоти.

6.2.5 Діюча висота антени

Під діючою висотою прийомної антени h_g , розуміють таку висоту, яка будучи помноженою на напруженість електричної складової у місці розташування антени E_a дає ЕРС U_a , одержувану на вихідних затисках цієї антени:

$$h_g = U_a / E_a. \quad (6.15)$$

Можна прийняти, що чинна висота антени фізично дорівнює довжині однопровідної антени, розташованої в залежності від прийнятої поляризації вертикально або горизонтально.

Діюча висота (довжина) антени дозволяє порівнювати різноманітні антени і визначається за формулами:

– для напівхвильового вібратора:

$$h_g = \frac{\lambda}{\pi}; \quad (6.16)$$

– для чвертьхвильового вібратора:

$$h_g = \frac{\lambda}{2\pi} \operatorname{tg} \frac{\pi l}{\lambda}, \quad (6.17)$$

де l – відносна довжина самої антени.

6.2.6 Смуга перепускання антени

Смугою перепускання антени, або її робочим діапазоном, називається інтервал частот, в якому ширина головної пелюстки діаграми спрямованості і рівні бічних пелюсток не виходять із заданих меж, коефіцієнт підсилення залишається досить високим, а узгодження з фідерним трактом істотно не погіршується. У дециметровому діапазоні хвиль смуга перепускання антени звичайно складає біля 15 ... 20% від середньої частоти.

Для зниження перехідних шумів у каналах через наявність попутного потоку в антенно-фідерному тракті (АФТ) коефіцієнт відбиття у точці з'єднання антени з фідером повинен бути малий. У сучасних АФТ намагаються отримати коефіцієнт стоячої хвилі нижче 1,1 ... 1,2.

6.2.7 Поляризація антени

У діапазоні коротких хвиль поляризація електромагнітного поля антени має другорядне значення. Так, радіохвиля, випромінювана антеною з вертикальною поляризацією, може бути без особливого ослаблення прийнята за допомогою антени, що має горизонтальну поляризацію.

Зовсім інакше поляризація радіохвилі розглядається у діапазоні УКХ. Для одержання максимального рівня прийнятого сигналу обов'язково, щоб поляризація передавальної й приймальної антен була однаковою.

Якщо говорити про поляризацію електромагнітних хвиль у вільному просторі, то горизонтальна й вертикальна поляризації не мають яких-небудь переваг одна над одною, через те, що в місці прийому вони дають поле однакової напруженості. Однак у реальних умовах внаслідок близькості Землі, наявності природних і штучних об'єктів, різних джерел перешкод горизонтальна й вертикальна поляризації стають нерівноцінними.

Так, вертикально поляризовані хвилі при поширенні поблизу поверхні Землі (на висотах, рівних декільком довжинам хвиль) у місці прийому забезпечують трохи більший рівень напруженості електромагнітного поля, особливо якщо поверхня на трасі має гарну провідність (наприклад, морська вода). Однак зі збільшенням висоти підвісу передавальної й приймальної антен ця перевага вертикальної поляризації зменшується, а при значних висотах практично не проявляється зовсім. У той же час радіохвилі з горизонтальною поляризацією краще проникають через перешкоди й за межі зони прямої видимості, забезпечуючи в цих умовах порівняно більшу величину напруженості електромагнітного поля. Крім того, у містах, де є велика кількість вертикальних об'єктів, що можуть відбивати ЕМХ (стіни будинків, промислові вежі, труби, стовпи тощо), при горизонтальній поляризації отримується менше відбитих інтерферуючих хвиль, які викликають помітні завмирання сигналу.

Слід відзначити, що при відбитті радіохвиль від різних предметів поляризація може змінюватися. Інтенсивність відбиття хвиль із різною поляризацією також різна. Тому у деяких випадках може виявитися корисною відмова від звичайного горизонтального розташування прийомної антени, нахиливши її в ту або іншу сторону для поліпшення умов прийому.

Таким чином, на УКХ горизонтальна поляризація має ряд переваг у порівнянні з вертикальною.

6.2.8 Принцип взаємності антен

Одна й та ж антена може бути використана як для передачі, так і для прийому. Ця властивість називається *властивістю взаємності*.

Нехай є дві антени (рис.6.9). До першої з них (передавальної) прикладена ВЧ напруга U і через входні клеми другої антени (приймальної) протікає струм I від прийнятого сигналу. Якщо тепер до другої антени (включивши її як передавальну) прикласти ту ж напругу U , то через входні клеми першої антени (тепер вона приймальна) буде проходити струм I .

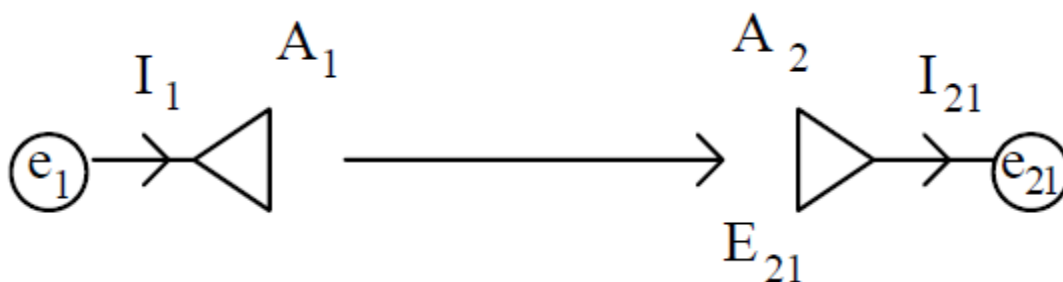


Рисунок 6.9 – Пояснення щодо принципу взаємності антен.

Це повне формулювання принципу взаємності. Із нього випливає декілька важливих практичних слідств:

– коефіцієнт передачі сигналу між двома антенами не залежить від того, яка антена є приймальною;

– ДНА і всі опори (вхідний, випромінювання, втрат) не залежать від того, чи використовується антена як приймальна або як передавальна. Це один із найважливіших наслідків принципу взаємності;

– вид ДНА не залежить від того, погоджена антена з лінією живлення чи ні. Цей наслідок дозволяє при вивченні форми ДНА не турбуватися про узгодження – форма ДНА не змінюється при узгодженні з лінією живлення (передбачається, що лінія живлення не випромінює).

Експлуатуючи передавальні антени, можна бути впевненим, що в режимі прийому вони будуть мати ті ж характеристики. Тобто байдуже чи йде мова про передавальну, чи про прийомну антену – її параметри незмінні.

Розрізняють два режими роботи прийомної антени. Перший – коли напруга шумів на вході приймача набагато вища його чутливості. Це ситуація СХ та КХ діапазонів нижче 10 МГц у нічний час (цифра умовна і змінюється залежно від часу доби та проходження). У цьому випадку ККД прийомної антени і, відповідно, G_a не важливі (справді, навіть при дуже низькому ККД прийняті антеною шуми ефіру будуть вищі чутливості приймача). Вирішальну роль грає форма ДНА – якщо вона має направлені властивості, то можна покращити відношення сигнал/шум (С/Ш) або сигнал/перешкода (С/П) на вході приймача за рахунок просторової вибіркової антени. Тому можливе застосування окремих спрямованих прийомних антен з низьким ККД і малим посиленням G_a (маленькі рамки, навантажені петлі тощо), які в якості передавальних використовувати нерозумно через низький ККД.

Другий режим – коли напруга шумів від повнорозмірної антени порівняна або менша чутливості приймача. Це ситуація верхньої частини КХ діапазону (від 20 МГц) та УКХ діапазону. В такому випадку вирішальну роль грає посилення антени G_a (цей параметр входить до ККД). Необхідно в першу чергу не припустити, щоб прийнятий сигнал виявився нижче чутливості приймача, і зниження ККД неприпустиме. Спрямовані властивості призводять до росту прийнятого сигналу й досить бажані. Однак не за рахунок зниження ККД. Тому у верхній частині КХ діапазону і на УКХ ефективна прийомна антена завжди може бути використана і як передавальна.

6.3 Антени УКХ-діапазону та їх розрахунок

6.3.1 Напівхвильовий вібратор.

Одним із найпростіших і розповсюдженіших типів антен для УКХ діапазону є напівхвильовий вібратор (рис.6.7). Являє собою прямий провідник, електрична довжина якого рівна половині довжині хвилі. Фізична довжина диполя дещо менша $\lambda/2$ через необхідність враховувати коефіцієнт вкорочення.

Коефіцієнт вкорочення. Фактично електрична й геометрична довжини вібратора рівні тільки в тому випадку, коли провідник стає нескінченно тонким. Швидкість поширення електромагнітних хвиль у провіднику менша, ніж швидкість поширення світла. У зв'язку із цим, особливо на кінцях антени, виникає ємнісний струм, що еквівалентний збільшенню довжини антени. Тому

дійсна довжина вібратора (геометрична довжина) повинна бути трохи зменшена стосовно його електричної довжини. У дійсності коефіцієнт вкорочення важко точно визначити, тому що на нього впливають висота підвісу антени, оточуючі предмети (будинки, дерева) тощо. В УКХ діапазоні, крім того, коефіцієнт укорочення залежить і від відношення λ/d .

На рис.6.10 зображена залежність коефіцієнта вкорочення k напівхвильового вібратора в УКХ діапазоні від довжини хвилі й діаметра провoda вібратора.

Наприклад, якщо потрібно знайти геометричну довжину вібратора (напівхвильового) для частоти 144 МГц діаметром 2,5 см.

Частота 144 МГц відповідає довжині хвилі приблизно 208 см. Звідси одержуємо співвідношення $208\text{см}/2,5\text{см}\approx 80$. За графіком (рис.6.10) знаходимо, що відношенню $\lambda/d = 80$ відповідає коефіцієнт укорочення $k \approx 0,90$. Таким чином, необхідна довжина

вібратора дорівнює: $\frac{\lambda}{2}k = \frac{208}{2} \cdot 0,90 = 93,6$ см

Для розрахунку УКХ вібраторів часто застосовують спрощену формулу $l = \frac{141}{f}$, де l – довжина вібратора, м, f – частота, МГц. Ця формула не враховує вплив відношення λ/d і тому дає лише наближені значення.

При використанні симетричної антени і несиметричного коаксіального кабелю без симетруючого пристрою у фідера з'являється антенний ефект. Цей ефект полягає в тому, що фідер випромінює і приймає електромагнітні хвилі вертикальної поляризації. Внаслідок цього при передачі відбувається втрата потужності, а при прийомі зростають перешкоди. Для того, щоб усунути антенний ефект, застосовують пристрої, що симетрують. Вони виконуються з відрізків коаксіального кабелю або металевих трубок. Симетруюча петля (рис.6.11), виготовляється із відрізка коаксіального кабелю, електрична довжина якого дорівнює $\lambda/2$.

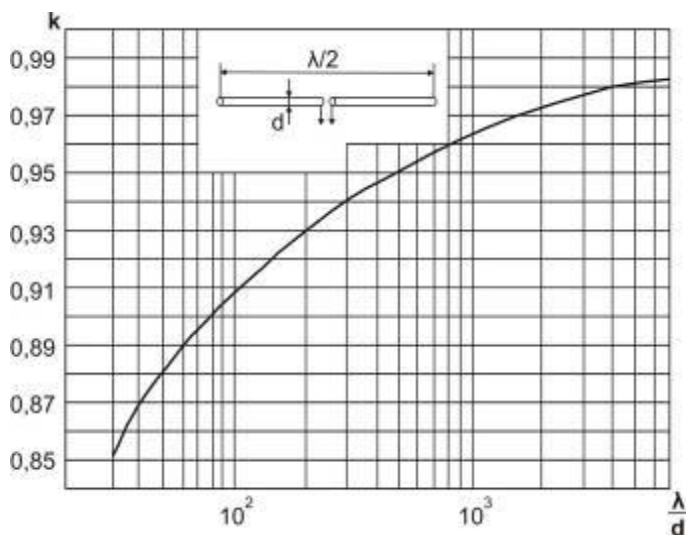


Рисунок 6.10 – Коефіцієнт вкорочення напівхвильового вібратора в залежності від відношення λ/d

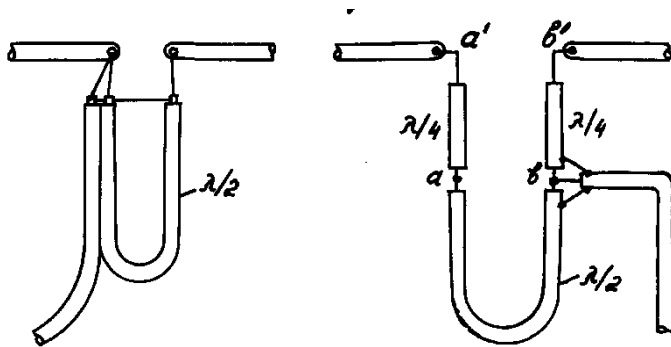


Рисунок 6.11 – Петля, що симетрує, для усунення антенного ефекту

Довжину петлі знаходять за формулою:

$$l = \frac{\lambda}{2\sqrt{\varepsilon}}, \quad (6.18)$$

де ε – діелектрична проникність ізоляції кабелю (для сучасних коаксіальних кабелів $\varepsilon=2.25$).

6.3.2 Петльовий вібратор

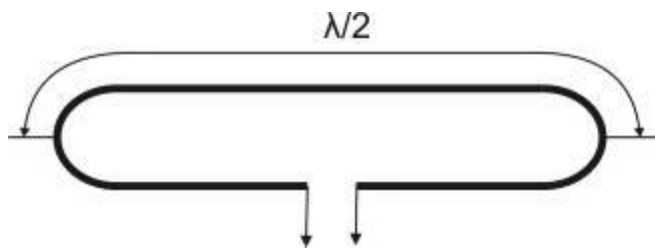


Рисунок 6.12 – Петльовий вібратор

Напівхвильові вібратори можуть бути з'єднані у вигляді шлейфа (петлі), при цьому утвориться петльовий вібратор (рис.6.12).

Діаграма направленості петльового вібратора майже нічим не відрізняється від діаграми направленості простого вібратора.

При паралельному з'єднанні двох простих вібраторів загальна індуктивність зменшується відповідно до формули

$$L_{\text{заг}} = \frac{L_1 L_2}{L_1 + L_2}, \quad (6.19)$$

а ємності підсумовуються. Отже відношення L/C , у петльового вібратора менше, а смуга перепускання більша, ніж у простого вібратора.

Для розрахунку опору випромінювання напівхвильового вібратора використовується формула:

$$R_{\text{випр}} = \frac{P_{\text{випр}}}{I_{\text{макс}}^2}. \quad (6.20)$$

При паралельному з'єднанні двох однакових напівхвильових вібраторів, що утворюють петльовий вібратор, антенний струм, який проходить по двох відгалуженнях, розділяється на дві частини. Таким чином, при тій же потужності випромінювання антенний струм петльового вібратора дорівнює половині антенного струму простого вібратора; опір випромінювання петльового вібратора приймає вигляд:

$$R'_{\text{випр}} = \frac{P_{\text{випр}}}{(I/2)^2}. \quad (6.21)$$

Таким чином, для простого вібратора одержуємо:

$$P_{\text{випр}} = R_{\text{випр}} I^2 \quad (6.22)$$

а для петльового вібратора:

$$P_{\text{випр}} = R'_{\text{випр}} (I/2)^2. \quad (6.23)$$

Так як в обох випадках випромінювана потужність однакова, можна зробити висновок, що $R'_{\text{випр}} = 4R_{\text{випр}}$, тобто опір випромінювання петльового вібратора в 4 рази більший опору випромінювання простого вібратора й складає 240-280 Ом.

6.3.3 "Хвильовий канал"

Анени з великим числом пасивних елементів широко застосовуються як антени спрямованої дії. Якщо, наприклад, порівнювати антену "хвильовий канал" (рис.6.13) і багатовібраторну антену з однаковим числом елементів, то антена "хвильовий канал" при менших розмірах і меншій витраті конструктивних матеріалів дає більший коефіцієнт підсилення.

Довжина й відстань від пасивних елементів до вібратора впливають на вхідний опір і коефіцієнт підсилення антени "хвильовий канал". Звичайно рефлектор обирається на 5% довшим, ніж випромінювач, а перший директор – на 5% коротшим. Якщо антена має декілька директорів, їхня довжина зменшується з віддаленням: 2-й – на 6%, 3-й – на 7% тощо. В антени, яка має велику кількість директорів, їхню довжину часто обирають однаковою.

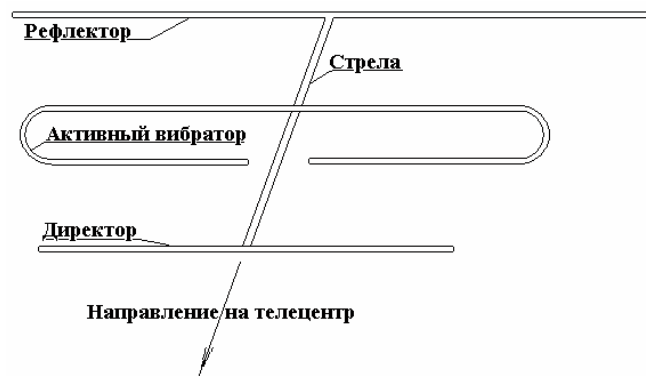


Рисунок 6.13 – Трьохелементна антена "Хвильовий канал"

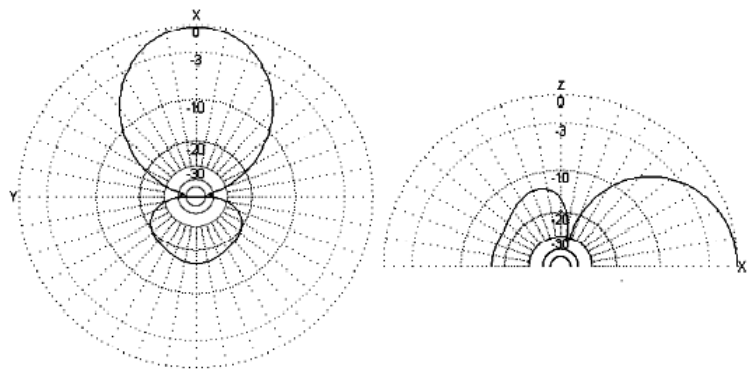


Рисунок 6.14 – Діаграма направленості чотирьохелементної антени типу "хвильовий канал"

На рис.6.14-6.15 наведено діаграми направленості антени "хвильовий канал".

Якщо антена складається з вібратора й тільки одного рефлектора або директора то визначення коефіцієнта підсилення й вхідного опору антени досить просте. Але вже у випадку трьохелементної антени вхідний опір і коефіцієнт підсилення залежать від кількох змінних: відстані вібратор-директор і відстані вібратор-рефлектор. При цьому вхідний опір антени може зменшитися до 10 Ом при оптимальній

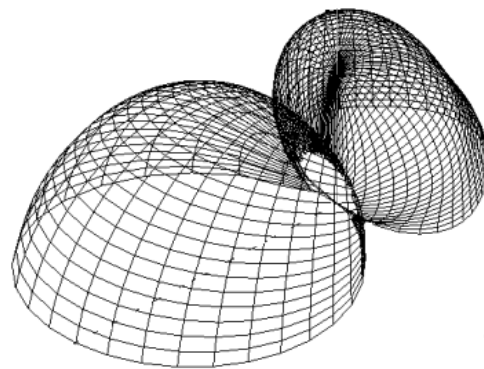


Рисунок 6.15 – Об'ємна діаграма направленості чотирьохелементної антени типу "хвильовий канал"

з погляду отримання максимального коефіцієнта підсилення відстані між елементами. Таке зниження вхідного опору антени вкрай небажане, тому що воно супроводжується зменшенням смуги перепускання антени, збільшенням струму, що протікає по елементах антени (а, отже, при недостатньо товстих і погано провідних провідниках і до збільшення втрат); крім того, виникають додаткові труднощі узгодження антени з лінією передачі. Тому звичайно відмовляються від досягнення найбільшого коефіцієнта підсилення на користь досить великого вхідного опору антени.

Антени "хвильовий канал" з великим числом елементів не можуть мати точно заздалегідь розрахованих електричних параметрів, тому що всі елементи взаємно зв'язані й незначна зміна довжини або відстані до хоча б одного елемента змінює електричні властивості всієї системи. Тому настроювання антени "хвильовий канал" завжди проводиться методом "проб і помилок" і при ретельному здійсненні, незважаючи на значні витрати часу, завжди приводить до бажаних результатів.

Трьохелементна антена "хвильовий канал" у суцільнометалевому виконанні має вхідний опір 240 Ом і дає підсилення 6-7 дБ.

6.3.4 "Несиметричний вібратор"

В ультракороткохвильовому радіозв'язку поряд із симетричним вібратором знаходить достатньо широке застосування і несиметричний вібратор.

Такий вібратор утвориться, якщо одну частину симетричного вібратора прибрати, а кінець, що звільнився, (вихід генератора) з'єднати з землею.

При цьому довжина вібратора буде дорівнювати чверті власної довжини хвилі: $l = \lambda/4$, а самий вібратор одержав назву заземленого або несиметричного. Розподіл струму і напруги в несиметричному вібраторі показано на рис.6.16,а). Діаграми спрямованості в горизонтальній і вертикальній площині чвертьхвильового вібратора зображені на рис.6.16, б), в).

У горизонтальній площині несиметричний вібратор являє собою неспрямовану антену.

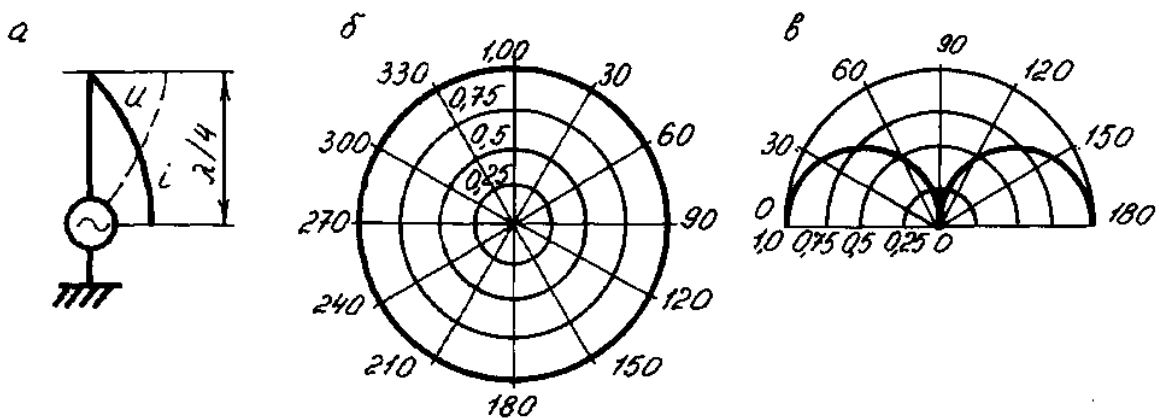


Рисунок 6.16 – УКХ антенна, яка діє за принципом несиметричного вібратора:

- а) чвертьхвильовий симетричний вібратор; б) ДНА у горизонтальній площині; в) ДНА у вертикальній площині

6.3.5 $5/8\lambda$ -вібратор

При збільшенні довжини штирьової антени більше $\lambda/2$ в діаграмі випромінювання з'являються пелюстки, спрямовані під більшими кутами до поверхні землі, і одночасно збільшуються пелюстки діаграми направленості, спрямовані під плоскими кутами. Ці останні пелюстки будуть максимальними при довжині штиря $5/8\lambda$. При подальшому збільшенні довжини штиря інтенсивність випромінювання під плоскими кутами зменшується, а інтенсивність випромінювання під кутами збільшується. Коефіцієнт підсилення при довжині штиря $5/8\lambda$ дорівнює 3дБ.

Однак $5/8\lambda$ не є резонансною довжиною антени. Тому $5/8\lambda$ -штир подовжують додатково до $3/4\lambda$ за допомогою подовжувальної котушки індуктивності.

Недостатня для напівхвильового резонансу $\lambda/4$ довжина у цьому випадку додається за рахунок радіальних провідників, як у випадку антени "граунд-плейн".

Зміна резонансної частоти антени може бути досягнута за рахунок зміни розмірів котушки.

Випромінювання вертикально або горизонтально поляризованих хвиль на УКХ здійснюється за допомогою випромінювачів, розташованих відповідним чином. У зв'язку із цим передавальні й прийомні антени іноді класифікують як антени з вертикальною або горизонтальною поляризацією.

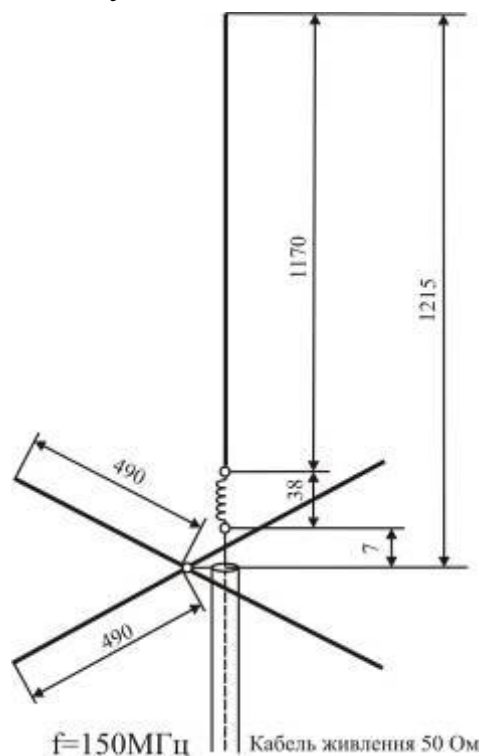


Рисунок 6.17 – $5/8\lambda$ вібратор для діапазону 2 м

6.4 Антени КХ – діапазону та їх розрахунок

6.4.1 Напівхвильова антена (диполь)

Напівхвильовий диполь є найбільш розповсюдженою КХ антеною. Він являє собою провідник, електрична довжина якого рівна половині довжині хвилі (рис.6.18). Фізична довжина диполя дещо менша.

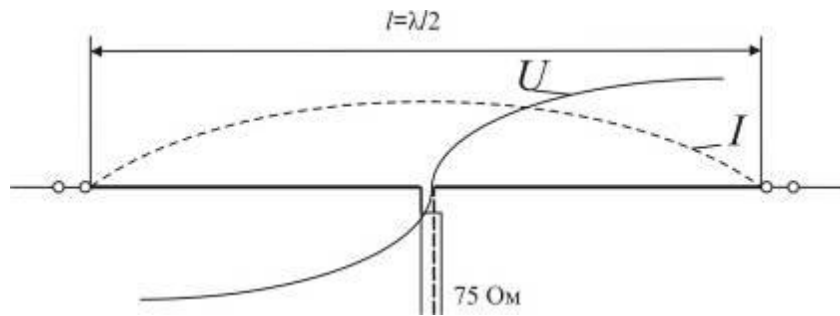


Рисунок 6.18 – Напівхвильова антена (диполь) на КХ

Довжина антени, м, з врахуванням необхідного вкорочення:

$$l = 142500 / f ,$$

де f – середня частота робочого діапазону, кГц.

Діаграма направленості напівхвильового диполю показана на рис.6.19.

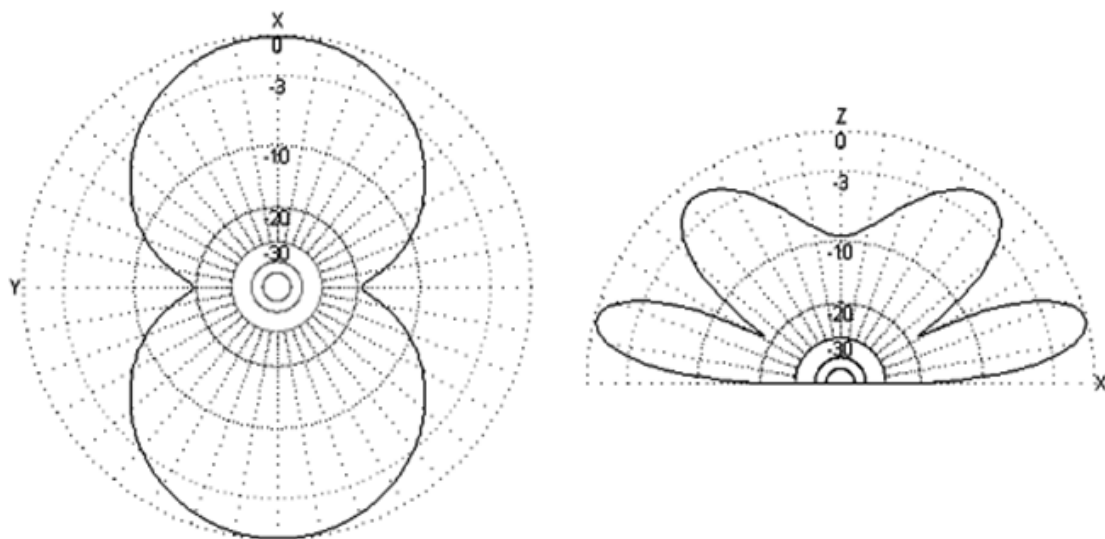


Рисунок 6.19 – Діаграма направленості напівхвильового диполю на частоту 14,050 МГц підвішеного на висоті 20 м (за результатами комп'ютерного моделювання)

Вхідний опір диполю, якщо живлення підводиться до його середини, лежить в межах 60-80 Ом у залежності від товщини провідника і висоти під-

вісу антени h над землею (при $h > 1/4\lambda$). Використовується коаксіальний кабель з хвильовим опором 75 Ом.

6.4.2 "Перевернута V" (інвертед V)

Різновидом диполу є антена "перевернута V" (інвертед V) (рис.6.20), яка часто використовується для роботи на 40– і 80-метровому діапазонах. Перевага такої антени – наявність лише однієї опори посередині антени; кінці антени наближені до землі. Довжина антени обирається коротше довжини диполя на 5-10% через значну ємність кінців антени по відношенню до землі. Вхідний опір антени менший ніж у диполя і наближається до 50 Ом, тому застосовується 50-омний коаксіальний кабель.

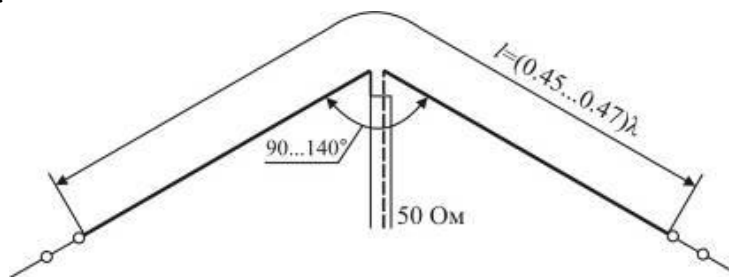


Рисунок 6.20 – Антена "перевернута V"

6.4.3 Довгопровідні антени (long wire)

Найбільш проста антена – відрізок проводу, довжина якого більше $\lambda/2$ (рис.4.21).

Діаграма направленості в горизонтальній площині таких антен і вхідний опір залежать від співвідношення довжини антени і довжини хвилі. Зі збільшенням довжини антени по відношенню до довжини хвилі діаграма направленості все більше відрізняється від характерної для диполя вісімки, кількість пелюсток діаграми збільшується, і головні з них стають все більш притиснутими до осі антени. Антена набуває все більше виражених напрямлених властивостей.

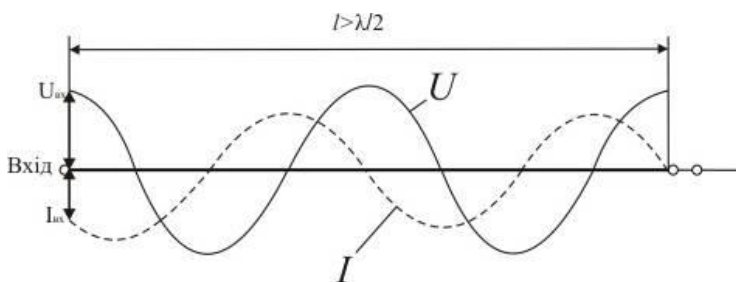


Рисунок 6.21 – Антена типу "long wire"

В загальному випадку вхідний опір такої антени зростає зі збільшенням її довжини, розпочинаючи з 90 до 170 Ом при живленні антени в пучності струму. При живленні антени в пучності напруги опір антени може досягати 2 кОм.

Антену підключають безпосередньо до виходу передавача (якщо передбачено узгодження вихідного контуру з антеною у вказаному діапазоні опорів) або через узгоджувачий коливальний контур. При цьому необхідно забезпечити добре заземлення передавача, оскільки земля відіграє роль іншого антенного проводу.

6.4.4 Вертикальні антени

Серед вертикальних антен найбільш часто використовуються антени висотою $\lambda/4$ чи $\lambda/2$. Вертикальні антени такої довжини мають притиснуте до землі випромінювання у вертикальній площині при розміщенні антен безпосередньо над землею. У горизонтальній площині діаграма направленості являє собою окружність, такі антени є всенаправленими. ККД вертикальної антени високий, якщо провідність землі поблизу антени достатньо висока. При неможливості встановлення антени на поверхню добре провідної землі використовують "штучну землю" – ряд провідників, які радіально розходяться з-під основи антени довжиною не менше $\lambda/4$ кожний. Антена зі "штучною землею" має назву Groud Plane.

Для радіозв'язку і радіомовлення на значні відстані (тисячі кілометрів) використовуються декаметрові радіохвилі. Особливості їх розповсюдження такі, що антени повинні формувати направлене випромінювання з максимумом випромінювання під деяким кутом до поверхні Землі. Найпоширенішими типами передавальних антен, що відповідають цим вимогам, є дротяні антени: вібраторні, ромбические і синфазні у вигляді решітки з вібраторів, порушених певним чином. Найпростіша з цих антен – горизонтальний симетричний вібратор.

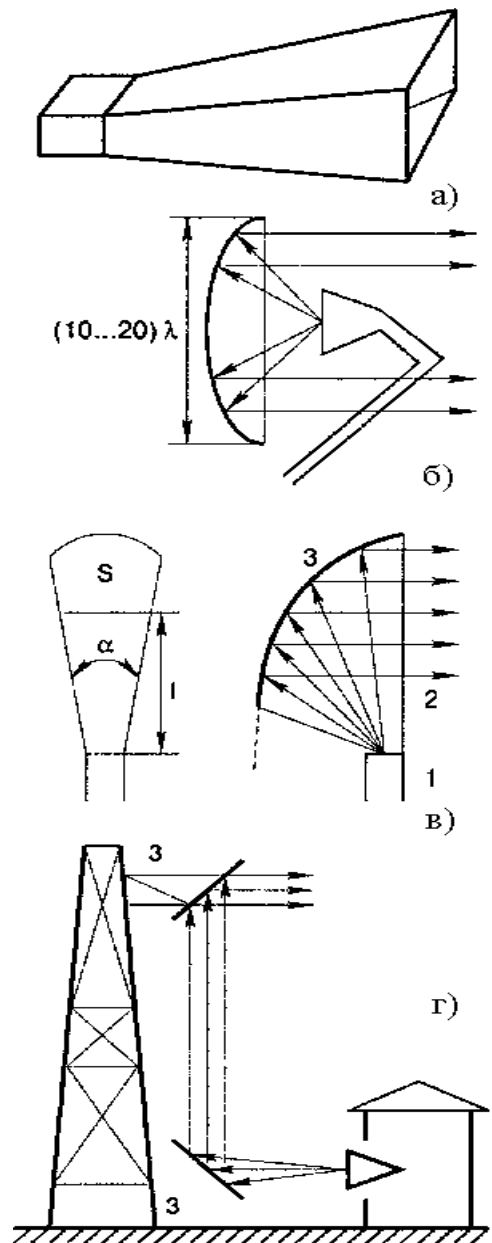


Рисунок 6.22 – Конструкції антен НВЧ:

а) рупорна; б) дзеркальна; в) рупорно-параболична; г) перескопична.

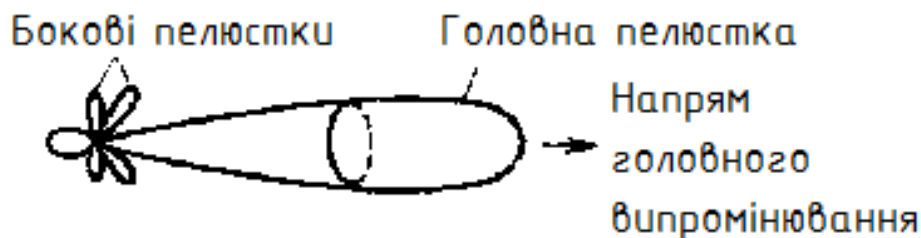


Рисунок 6.23 – Голчаста ДНА

Список використаних джерел

1. 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 ДСНС України, 2007 – 224 с.

2. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони. Наказ № 755 від 19.07.2001 р.

3. Чудинов В.Н., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники: Учеб. Пособие для пожарно-технических училищ. – М.: Радио и зв'язок, 1986. – 272 с.: ил.

4. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Призначення антенних систем радіостанцій.
2. Основні параметри антенних систем.
3. В чому полягає принцип взаємності антен?
4. Чим відрізняється конструкція та властивості напівхвильовий вібратора?
5. Які антен переважно використовуються для УКХ діапазону радіозв'язку?
6. Які антен переважно використовуються для КХ діапазону радіозв'язку?

РОЗДІЛ 7

РАДІОПЕРЕДАВАЛЬНІ ПРИСТРОЇ РАДІОСТАНЦІЙ ДСНС

Невід'ємним елементом будь-якої радіостанції є передавач, характеристики і параметри якого у значному ступені визначають характеристики радіостанції. Метою розділу є розгляд основних різновидів і особливостей побудови передавачів професійних засобів радіозв'язку ДСНС.

7.1 Призначення, загальні вимоги та класифікація радіопередавальних пристроїв

Радіопередавач системи телекомунікації може функціонувати окремо, або входити до складу радіостанції та виконує три основні функції:

- формує несучу частоту передавача з заданого переліку робочих частот чи частотного діапазону радіовипромінювань, на яких може передаватися радіосигнал;

- перетворює первинний електричний сигнал інформаційного повідомлення у високочастотний сигнал, відповідно виду і способу модуляції;

- підсилює радіосигнал до заданої потужності і передає в антену.

Головною функцією радіопередавального пристрою є створення модульованих електромагнітних коливань ВЧ (з якими проведено маніпуляцію). Так, при ручному телеграфному радіозв'язку електромагнітні коливання повинні змінюватись відповідно натисканню і відпусканню ключа (або клавіш датчика коду Морзе), при телефонному радіозв'язку – у відповідності з коливаннями, що створюються мікрофоном, для літеродрукуючого радіозв'язку – у відповідності з роботою передавального телеграфного апарату.

Детальна класифікація зв'язкових радіопередавачів наведена на рис.7.1. Основними критеріями, за якими здійснюється класифікація радіопередавачів, є: призначення, потужність, діапазон радіочастот, умови роботи, вид модуляції. При цьому розрізняють:

- по виду модуляції: АМ, ЧМ, ФМ та ін.;
- по призначенню: віщальні, телевізійні, передавачі перешкод, зв'язкові, радіолокаційні, радіонавігаційні, радіокерування, телеметричні та ін.
- по частотному діапазону, роду роботи, місцю розміщення;
- по умовам роботи: наземні (стаціонарні і переносні), літакові, супутникові (космічні), автомобільні, танкові, корабельні (судові) і ін.;
- по типу електронного приладу, який використовується у генераторі: електровакуумні (на тріодах, тетродах та ін.), напівпровідникові генератори (біполярні чи полеві транзистори, діоди (тунельні, Гана, лавинно-пролітні), мікросхеми), клістроли, лампи біжучої хвилі, магнетрони;
- по потужності: малої ($P_{cp} \leq 1...10$ Вт), середньої ($P_{cp} = 0,1...1$ кВт) та передавачі великої потужності ($P_{cp} > 1$ кВт));

Приведена класифікація – невичерпна, оскільки не охоплює всі характеристики передавачів та радіостанцій.

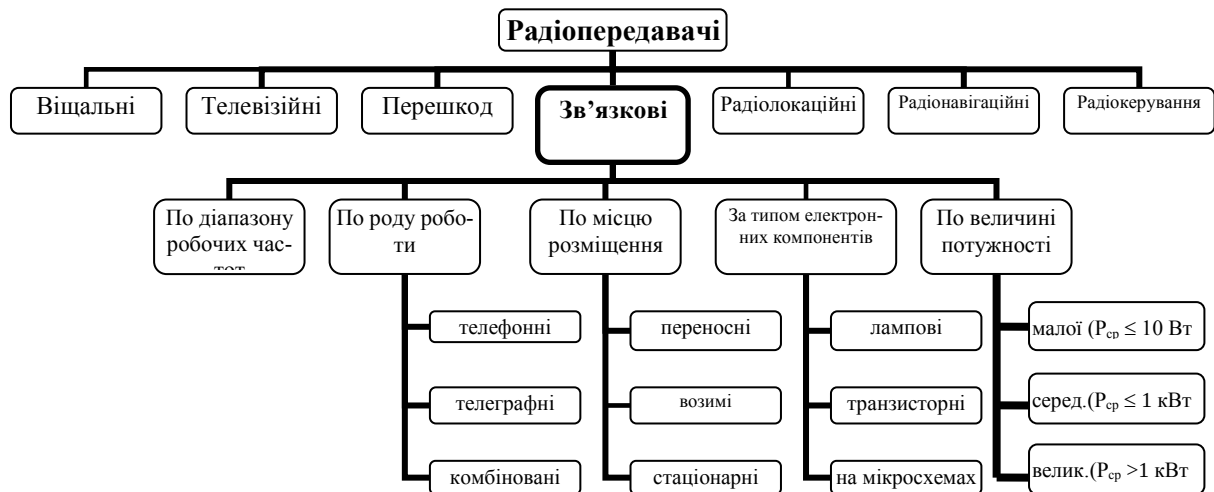


Рисунок 7.1 – Класифікація зв'язкових передавачів

7.1.1 Вимоги до передавачів

Для успішної роботи будь-якого радіопередавального пристрою при розробці необхідно правильно обґрунтувати і чітко сформулювати технічні вимоги до нього. Всі вимоги, що висуваються до радіопередавачів ділять на дві групи:

- вимоги загального характеру;
- вимоги до електричних характеристик (діапазон частот, потужність, ККД тощо).

а) *маса і габарити* – особливо серйозні при проектуванні переносних радіопередавачів і передавачів, які встановлюються на літальних апаратах (літаках, космічних станціях), в пересувних об'єктах тощо. В цьому випадку використовуються більш прості схемні рішення, застосовуються спеціальні матеріали і конструкції, продумується компактність монтажу з одночасним застосуванням, у випадку необхідності, заходів примусового охолодження. Все це повинно здійснюватися за рахунок зниження надійності.

б) *надійність* – завжди одні з важливіших, і особливо для мобільних передавачів. Їх виконання досягається таким чином:

- електричною і механічною стійкістю компонентів і всієї конструкції;
- застосуванням високоякісних матеріалів;
- недопущенням складних режимів (недостатній відвід теплоти, робота електронних приладів зі струмами і напругою, що досягають максимально можливих величин тощо);
- спрощення схеми і конструкції.

в) для пересувних і переносних передавачів важливе практичне значення має виконання *кліматичних і механічних* вимог. Ці передавачі повинні зберігати свою працездатність в діапазоні температур від -40 до $+50^{\circ}\text{C}$ при відносній вологості до 98% і зниженні атмосферного тиску до 350 мм. рт. ст. Незалежність від кліматичних умов досягається герметизацією деталей, використанням вологонепроникних ущільнень матеріалів з малими температурними

коефіцієнтами, а також термокомпенсуванням. Для цих передавачів надзвичайно суворими є механічні вимоги, задоволення яких забезпечує надійну роботу в умовах вібрацій і тряски.

Для стаціонарних передавачів наведені вимоги звичайно значно послаблені.

г) в показник надійності входить і *ремонтпридатність*. За необхідності повинна бути передбачена система резервування.

д) в зв'язку з ускладненням апаратури більш суворими стають *ергономічні вимоги* до передавачів. До них, зокрема, належать:

- кількість органів управління, необхідних оператору для виконання перерахованих операцій;

- наявність і простота вмонтованої системи контролю працездатності (справності);

- час готовності до роботи після ввімкнення живлення;

- час переходу (перестройки) з однієї частоти на іншу;

- час переходу з телефонної роботи на телеграфну і навпаки.

Наприклад, тривале перестроювання неприпустиме для передавачів, в яких за умовами експлуатації доводиться часто змінювати робочі частоти, наприклад, у випадку роботи в так званих адаптивних системах радіозв'язку. Адаптивна система автоматично пристосовується до умов зв'язку, які змінюються, наприклад, швидко переходить на нову робочу частоту (адаптація по частоті).

Перераховані вимоги в значній мірі задовольняються використанням систем автоматики. В зв'язку з цим ускладнюється схема і більш актуальним стає показник надійності передавача.

З ергономічними вимогами пов'язані вимоги забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу, операторів. Чим більша потужність передавача, тим більш високі градації напруг живлення в ньому використовуються. В лампових передавачах вони досягають декількох десятків кіловольт і представляють суттєву небезпеку для людини. Тому всі деталі і дроти передавача розташовуються всередині шаф (блоків), металеві екрани (кожухи) яких повинні мати надійне заземлення (в наземних передавачах) або з'єднання з корпусом корабля, або літака (в корабельних передавачах і на літаках). В передавачах з наругами вище 300 В технічні умови вимагають використання двох незалежних один від одного блокувань – електричного і механічного. При відкриванні дверцят (вийманні блоків) повинна автоматично вимикатись висока напруга; доступ до потужних випрямлячів можливий тільки після того як буде здійснено розрядження фільтрувальних конденсаторів на корпус тощо. У багатьох випадках використовується додаткова сигналізація, спеціальні написи та інше. Чим потужніший передавач, тим розгалуженіша система його управління, блокування та сигналізації (УБС).

7.2 Узагальнена структурна схема радіопередавача

Первинні електричні сигнали $s(t)$ звичайно займають відносно вузьку смугу низьких частот, в той час як в якості носія повідомлення використовуються високочастотні коливання, що випромінюються антеною. Для передачі повідомлення один із параметрів високочастотного несучого коливання необхідно змінювати за законом сигналу $s(t)$. Цей процес отримав назву модуляції в передавачах і здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв – модуляторів. Отже, несуче високочастотне коливання повинне відображати властивості повідомлення, яке передається, і за допомогою антени перетворюватись в електромагнітні хвилі, що розповсюджуються у навколишньому середовищі в напрямі приймача.

Відповідно, в кожному радіопередавачі, незалежно від виду повідомлень що передаються, обов'язково повинні здійснюватися три фізичні процеси, які складають основу його роботи:

- створення (генерування) коливань несучих радіочастот гармонічного характеру;
- управління (модуляція) несучими коливаннями для зміни їх параметрів за законом первинного електричного сигналу $s(t)$;
- перетворення отриманих в процесі модуляції високочастотних сигналів в електромагнітні хвилі (радіохвилі).

Реальна структура схеми передавача визначається цільовим призначенням і вимогам, які висуваються до нього. Останні формуються на основі вимог до радіостанції у цілому. Узагальнена структурна схема передавача включає наступні основні елементи (рис.7.2):

- збудник (генератор);
- пристрій формування НЧ сигналу;
- модулятор;
- проміжні та вихідний (підсилювач радіочастоти) каскади;
- антена з узгоджувальним пристроєм;
- пристрій керування;
- джерело живлення.

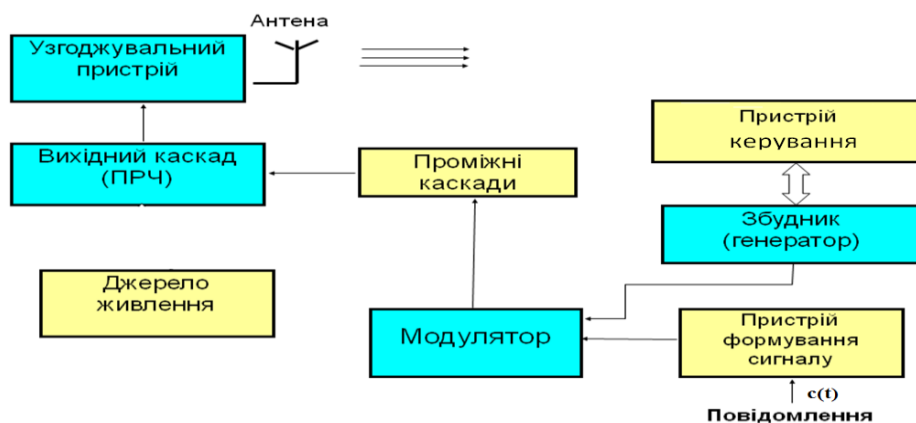


Рисунок 7.2 – Узагальнена структурна схема передавача

На *пристрій формування НЧ сигналу* подається сигнал перетворювача повідомлення (передавальна частина кінцевої апаратури – мікрофон, телефонний апарат, телеграфний ключ, телеграфний апарат тощо), який перетворює повідомлення у первинний електричний сигнал $s(t)$.

Задаючий генератор (збудник) є джерелом несучих коливань. Генератор збудника формує гармонійний сигнал несучої частоти.

В *модуляторі* здійснюється модуляція, тобто зміна певного параметру несучої у відповідності з формою низькочастотного сигналу повідомлення.

З метою часткової компенсації остаточного згасання на трасі радіозв'язку коливання задаючого генератора підсилюються до отримання необхідної потужності, яка потім передається в передавальну антену. *Антену* перетворює ВЧ електросигнал в електромагнітну хвилю і випромінює у потрібному напрямку.

Функція підсилення реалізується в тракті підсилення. *Проміжні, вихідні та узгоджувальні каскади* забезпечують підсилення, формування спектру сигналу і передачу сигналу в антену з мінімальними втратами потужності. Каскади, що включені між збудником і вихідним каскадом (проміжні каскади), називаються каскадами попереднього підсилення. Особлива увага звертається на вихідні каскади, які забезпечують задану величину вихідної потужності передавача.

Найкращі умови для передачі вихідної потужності від кінцевого каскаду до антени створюються завдяки ввімкненню в схему так званого узгоджувального пристрою. Необхідність цього пристрою (в деяких передавачах він має назву антенного контура) зумовлюється недостатньою пристосованістю електричних параметрів антени, головним чином – її вхідного опору, до електричної схеми вихідного каскаду.

Пристрій керування забезпечує включення та запирання передавача на час прийому повідомлень.

Антенно-фідерна система (в деяких випадках антена підключається до передавача без фідера) забезпечує передачу сформованих в радіопередавачі сигналів в антену, а остання випромінює ці сигнали в навколишній простір. Створення антен, розміри яких перевищували б декілька сотень метрів, є складним завданням, недоцільним для мобільних радіостанцій. Тому для мобільних радіостанцій широке застосування отримали антени з розмірами, що не перевищують десятки та одиниці метрів. Для таких антен частоти збуджуваних коливань перевищують сотні кілогерц.

Формування радіосигналів заданої потужності в передавачах здійснюється за рахунок енергії первинних та вторинних джерел електроживлення.

7.3 Основні параметри радіопередавачів

7.3.1 Вихідна потужність передавача

Вихідна потужність передавача – це величина потужності високочастотних електричних коливань, що передаються передавачем в антену або фі-

дерну лінію, що з'єднує з антеною. Потужність, що випромінюється антеною у простір, залежить від її типу і параметрів. Як відомо, частина потужності передавача антеною втрачається.

Вихідна потужність передавача є найбільш важливим параметром передавача, що визначає дальність дії і надійність радіозв'язку. Необхідне значення потужності передавача визначається з енергетичного розрахунку лінії радіозв'язку з врахуванням її затухання, чутливості радіоприймача, класу випромінювання і умов приймання, зокрема, обстановки з перешкодами, можливості використання тих чи інших антен і направлених властивостей антен, які використовуються. Від вихідної потужності передавача залежить дальність зв'язку.

Вихідна потужність вимірюється у Ватах на антенному гнізді радіостанції при номінальній напрузі живлення. Її величина обмежена нормами безпечного впливу на організм людини, для портативних станцій до 4-5 Вт, для автомобільних до 40-60 Вт. Випускаються станції і з меншою потужністю. У деяких станціях можливо переключення в режим з малою потужністю.

В радіостанціях, що застосовуються в пожежній охороні, радіопередавачі мають потужність: стаціонарні – 8-40 Вт, мобільні – 8-10 Вт, носимі – 0,1-3,5 Вт.

7.3.2 Діапазон робочих частот (розглядався вище)

7.3.3 Коефіцієнт корисної дії радіопередавача

ККД передавача визначається як відношення вихідної потужності передавача P_{Σ} до всієї потужності, що споживається передавачем від джерела живлення $P_{\text{спож}}$:

$$\eta = \frac{P_{\Sigma}}{P_{\text{спож}}}, [\%]. \quad (7.1)$$

Вимірюється у %. ККД передавача визначає його економічність.

Ця величина у залежності від потужності передавача і його складності (а також елементної бази) може змінюватись від одиниць відсотків до декількох десятків відсотків. Передавачі малої потужності мають ККД 10-20%, а великої – 40-60%.

Так, для 200-ватних передавачів $\eta=20-30\%$, для 30-50-кіловатних передавачів декаметрового діапазону $\eta=40-50\%$. Для мережевих радіопередавачів ККД складає близько 5%, для мобільних – 20%, а для носимих – 12-15%.

На рис.7.3 приведено орієнтовні шляхи втрат споживаної потужності лампового передавача $P_{\text{спож}}$.

Величина P_{Σ} та η істотно впливають на потужність (або ємність) первинних джерел електроживлення. В цьому відношенні особливо актуальним є підвищення ККД передавачів портативних і носимих радіостанцій, оскільки

енергоємність джерел живлення жорстко обмежена вагою та габаритами радіостанцій. Підвищення ККД важливе в будь-якому передавачі ще й тому, що при заданій споживаній потужності зменшуються втрати всередині передавача у вигляді тепла. В зв'язку з цим, полегшується тепловий режим (що особливо важливо в транзисторних передавачах), спрощується система охолодження, що дозволяє зменшити габарити і масу передавача та покращити його експлуатаційні характеристики.

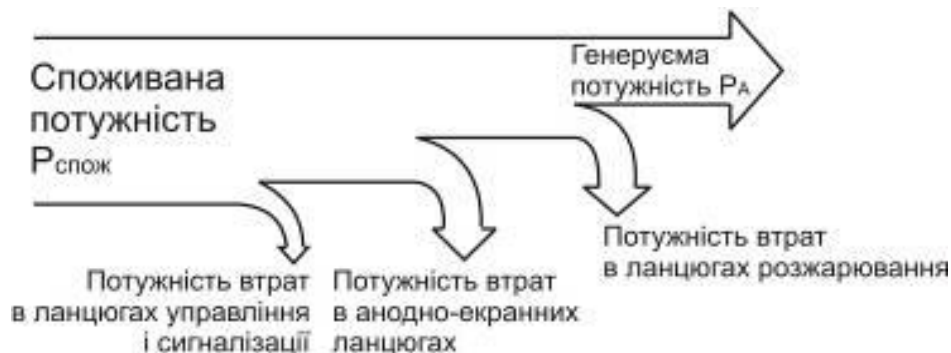


Рисунок 7.3 – Шляхи втрат потужності, яка споживається ламповим передавачем $P_{\text{спож}}$.

7.3.4 Рівень позасмугових випромінювань

Рівень позасмугових випромінювань – це величина відношення потужності випромінювань за межами робочої смуги до потужності основного випромінюваного сигналу (в децибелах). Типове значення 55-65дБ.

При веденні радіозв'язку на виході радіопередавального пристрою повинні бути лише основні випромінювання, випромінювання в необхідній смузі частот; необхідна смуга частот – це мінімальна смуга частот сигналу, достатня при даному класі випромінювання для передачі повідомлень в системі з необхідною швидкістю та якістю.

Однак, внаслідок недосконалості радіопередавача, останній є джерелом неосновних випромінювань, спектр яких знаходиться за межами необхідної смуги частот. З цього випливає, що на частотах цих випромінювань передавач є джерелом перешкод. В умовах прогресуючого росту кількості одночасно працюючих радіоелектронних засобів різного призначення цілком природною є потреба боротьби з неосновними випромінюваннями, зокрема, шляхом нормування рівня цих випромінювань.

Починаючи з 1962 р. рівень неосновних випромінювань радіопередавачів нормується. Дотримання норм на рівні бокових випромінювань передавальних пристроїв контролюється відповідними органами.

7.3.5 Коефіцієнт гармонійних спотворень

Коефіцієнт гармонійних спотворень (коефіцієнт гармонік – КГ) – величина, яка виражає ступінь нелінійних спотворень передавача, дорівнює ві-

дношенню середньоквадратичної напруги суми вищих гармонік сигналу до напруги першої гармоніки при дії на вхід пристрою синусоїдального сигналу. Вимірюється у %. Говорить нам про те, наскільки випромінюваний передавачем сигнал "синусоїдальний". Чим менше КГ – тим більше сигнал схожий на синус. Характеристика дуже впливає на ступінь електромагнітної сумісності передавача з оточуючими РЕЗ – ступінь створюваних перешкод.

7.3.6 Стабільність частоти передавача

Стабільність частоти передавача – максимально припустиме відхилення (у відсотках) при зміні температури і напруги живлення в припустимих межах, а також з плином часу.

Стабільність частоти визначається відхиленням частоти коливань на виході радіопередавача f_{Π} за визначений проміжок часу від частоти, яку встановлено (номінального значення $f_{\text{НОМ}}$). Вимірюється:

абсолютна нестабільність частоти радіопередавача:

$$\Delta f = |f_{\text{НОМ}} - f_{\Pi}|, \quad (7.2)$$

відносна нестабільність частоти (відносна стабільність) частоти:

$$\delta_f = \Delta f / f_{\text{НОМ}}, \quad (7.3)$$

де Δf – величина відходу частоти,

$f_{\text{НОМ}}$ – первинне (номінальне) значення частоти.

Чим ближче це відношення до нуля, тим вище стабільність. Типові значення +0,00025 – 0,0005%.

Хоча в наш час точна кількість передавачів, що працюють на земній кулі (включаючи передавачі спеціальних служб) невідома, орієнтовна їх кількість обчислюється мільйонами. В зв'язку з обмеженням радіочастотних діапазонів кожна радіостанція повинна випромінювати спектр необхідної ширини, яка визначається характером повідомлення, що передається. Крім того, для зменшення взаємних перешкод слід підтримувати обрану робочу частоту коливань, що випромінюються постійною з високим ступенем точності.

Висока стабільність частоти коливань, які випромінюються, обумовлена також вимогами безпошукового входження у зв'язок і ведення зв'язку без підстроювання. Найбільш жорсткі вимоги по стабільності частоти пред'являються до односмугових передавачів та передавачів з можливістю багатоканальної роботи. Найбільш важко вирішуються задачі стабілізації частоти в передавачах з великим значенням K_f і на високих частотах.

Реалізація вимог по стабільності частоти ускладнюється, якщо ці вимоги стають більш жорсткими. В зв'язку з цим вони є компромісними між бажаним та тим, що реалізується на даному етапі розвитку техніки або є економічно доцільним. Ці вимоги завжди конкретизуються та застосовуються до визначених категорій радіостанцій.

Вони завжди більш жорсткі для наземних стаціонарних пристроїв та послаблюються при переході до масової апаратури, до мобільних радіостанцій, які працюють в складних умовах експлуатації.

Високі вимоги, що висуваються до стабільності частоти передавачів, визначаються, крім всього іншого, прагненням зменшити до мінімуму необхідну смугу перепускання приймача кореспондента з метою зменшення рівня шумів і завад при радіоприйомі. Мінімальна ширина смуги перепускання приймача не може бути менше величини $\Delta F_{\text{пов}} + \Delta F_{\text{відх}}$, де $\Delta F_{\text{пов}}$ – смуга частот, яку займає сигнал, $\Delta F_{\text{відх}}$ – максимально можливе відхилення частоти радіопередавача, яке пов'язане з її неточністю.



Рисунок 7.4 – Схематичне зображення смуги перепускання радіоприймача

Смугу $\Delta F_{\text{пов}}$ можна вважати корисно використаною смугою, всередині якої утримується основна частина потужності передавача (близько 95...99%). Величина $\Delta F_{\text{відх}}$ (рис.7.4) є непотрібним розширенням смуги частот приймача, за рахунок якої збільшується рівень перешкод. З цього випливає, що зменшення $\Delta F_{\text{відх}}$ еквівалентно виграшу по потужності передавача. Цей виграш тим більший, чим краще нерівність $\Delta F_{\text{відх}} < \Delta F_{\text{пов}}$. Ця умова показує, що вимоги до стабільності частоти підвищуються при використанні вузькосмугових видів радіо-

сигналів (коли $\Delta F_{\text{пов}}$ набуває малих значень) і знижується при використанні широкосмугових видів передачі.

Крім того, підвищені вимоги до стабільності частоти інколи пов'язують з іншими факторами, наприклад, спотвореннями інформації, яка приймається за рахунок асинхронізму несучого коливання при односмуговій радіопередачі.

Оскільки нестабільність частоти вихідних коливань передавача повністю визначається нестабільністю частоти збудника, то основною вимогою до задаючого генератора (збудника) є висока точність і стабільність частоти коливань, які генеруються.

Таблиця 7.1 – Класифікація радіовипромінювань за ознаками модуляції несучих коливань

Клас випромінювання	Характеристики сигналу, що випромінюється по ознакам керування високочастотними коливаннями
A0	Немодульована несуча
A1	Сигнал телеграфного радіозв'язку при амплітудній маніпуляції
A2	Сигнал телеграфного радіозв'язку при амплітудній тональній маніпуляції
A3	Сигнал телефонного радіозв'язку при амплітудній модуляції
A3A	Сигнал односмугової радіопередачі з послабленою несучою
A3H	Сигнал односмугової радіопередачі з повною несучою
A3I	Сигнал односмугової радіопередачі з подавленою несучою (ОМ)
A3B	Сигнал радіопередачі з двома незалежними боковими смугами

Клас випромінювання	Характеристики сигналу, що випромінюється по ознакам керування високочастотними коливаннями
A4	Сигнал факсимільного (фототелеграфного) радіозв'язку при модуляції шляхом зміни амплітуди
F1	Сигнал телеграфного радіозв'язку при частотній маніпуляції
F2	Сигнал телеграфного радіозв'язку при частотній тональній маніпуляції
F3	Сигнал телефонного радіозв'язку при частотній модуляції
F6	Сигнал двоканального телеграфного радіозв'язку при частотній маніпуляції
F9	Сигнал телеграфного радіозв'язку при фазовій (відносній фазовій) маніпуляції
P0	Імпульсні сигнали з високочастотним заповненням без використання модуляції (наприклад, в радіолокації)
P3D	Сигнал телефонного радіозв'язку при амплітудній модуляції імпульсів
P3E	Сигнал телефонного радіозв'язку при модуляції імпульсів по ширині (протяжності)
P3F	Сигнал телефонного радіозв'язку при модуляції імпульсів по фазі (положенню)
P4	Сигнали радіозв'язку при кодово-імпульсній модуляції

7.3.7 Класи сигналів, що випромінюються

Використання того чи іншого класу випромінювання визначається перешкодозахищеністю системи радіозв'язку з даним видом модуляції, а також цільовим призначенням передавача (радіостанції). Зокрема, радіостанція, що проектується повинна забезпечувати можливість роботи з радіостанціями попередніх розробок.

Зв'язкові малопотужні передавачі частіше за все працюють одним, двома, рідше – трьома видами сигналів (табл.7.1). Радіопередавачі середньої та великої потужності, як правило, універсальні по видам випромінювань: вони мають великий набір як телефонних, так і телеграфних видів сигналів.

Кожному класу випромінювання відведено свою смугу радіочастот. Відповідно рекомендаціям МККР потужність випромінювання поза смугою, яку займає випромінювання не може перевищувати 0,5% від середньої потужності на кожну (верхню і нижню) смугу. Якщо основне випромінювання в межах необхідної смуги частот містить 99%, а позасмугові випромінювання – 1% всієї середньої потужності передавача, то говорять про досконале випромінювання (рис. 7.5,а).

Частіше за все має місце перевищення ширини випромінювання над необхідною смугою, тобто передавач має недосконале

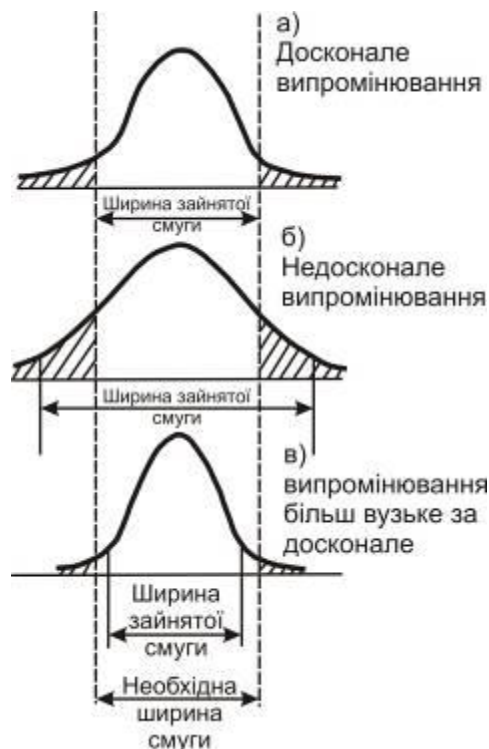


Рисунок 7.5 – Взаємне розташування необхідної та наявної смуги випромінювання

випромінювання (рис.7.5,б). Інколи за рахунок зменшення якості сигналу, що передається, вдається реалізувати випромінювання більш вузке, ніж досконале (рис.7.5, в).

З метою покращення використання спектру радіочастот і зменшення позасмугових випромінювань МККР радить використовувати вузькосмугові сигнали, які забезпечують мінімально можливу смугу випромінювань, зокрема, максимально використовувати односмугові сигнали і забезпечувати заокруглення фронтів телеграфних сигналів при телеграфному радіозв'язку.

7.4 Принципи побудови генераторів, параметри сигналу, що модулює

Для передачі засобами радіозв'язку повідомлення перетворюється в електричні сигнали, що представляють собою деяку функцію часу. Електричні коливання, створювані в радіопередавачах, а також випромінювані антеною електромагнітні хвилі не несуть у собі інформації про повідомлення, яке передається, якщо вони не піддаються модуляції за законом цього повідомлення. Умовою можливості відновлення повідомлення із сигналу в місці прийому є однозначна відповідність між ними, обумовлена вибором методу модуляції (а іноді й кодування) повідомлення.

Перетворення повідомлення в сигнал у більшості випадків здійснюється в два етапи. На першому етапі неелектричні величини або символи, що визначають повідомлення, замінюються електричними за допомогою якого-небудь перетворювача, що входить до складу кінцевого пристрою (мікрофона, телеграфного ключа тощо). Після подібного перетворення формується так званий первинний електричний сигнал (струм, напруга). Спектр первинного електричного сигналу найчастіше складають коливання порівняно низьких частот.

Для систем електропровідного зв'язку (наприклад, провідних систем) може виявитися достатньо лише одного перетворення повідомлення в електричний сигнал. Для систем радіозв'язку додатково здійснюється ще одне перетворення – *модуляція*. Процес модуляції будь-якого виду вимагає участі, принаймні, двох електричних коливань. Одне з них містить у собі інформацію про передане повідомлення й називається *модулюючим сигналом*. Як модулюючий сигнал виступає первинний електричний сигнал. Друге коливання являє собою *високочастотне несуче коливання*.

Найбільш часто як несуче коливання використовується гармонійне:

$$U_c(t) = U_c \cos \varphi(t) = U_c \cos(\omega_c t). \quad (7.4)$$

В деяких випадках переносником інформації виступають й інші незатухаючі коливання, наприклад, періодична послідовність імпульсів. У кожному разі модулюючий сигнал певним чином змінює один або кілька параметрів несучого коливання. Високочастотне коливання, промодульоване первинним електричним сигналом, називається радіосигналом. Воно передається в анте-

ну і потім випромінюється у навколишнє середовище. Таким чином, радіосигнал є матеріальним носієм повідомлення, яке передається.

Збудник передавача забезпечує генерацію стабільних за частотою радіо коливань. Коливання виникають в LC-контурі (рис.7.6) з частотою, яка визначається за формулою:

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}, \quad (7.5)$$

де L – індуктивність, C – ємність контуру.

Для того щоб в контурі виникли автоколивання і не згасали, треба в цей контур постачати енергію від джерела струму. Ця енергія повинна подаватись в таких дозах, щоб компенсувати втрати, які виникають при протіканні струму, і ця подача повинна відбуватись вчасно, в такі моменти, які співпадають з фазою коливань. Іншими словами: повинні бути виконані умови балансу амплітуд і балансу фаз.

Наведемо два різновиди схеми автогенераторів, виконані на основі біполярних транзисторів. На рис.7.7 та 7.8 наведені схеми, що відрізняються лише варіантом виконання коливального контуру $L_k C_k$. Першу з них називають індуктивною триточкою, другу – ємнісною триточкою, у відповідності з тим, де береться середня точка (с). Радіосхеми треба аналізувати з двох точок зору: за постійним струмом живлення та за змінним, за радіосигналом.

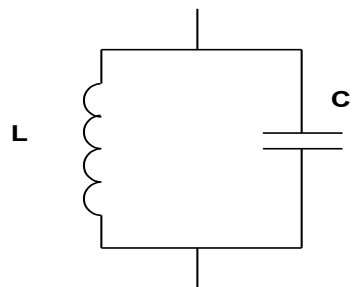


Рисунок 7.6 – Схема коливального LC контуру

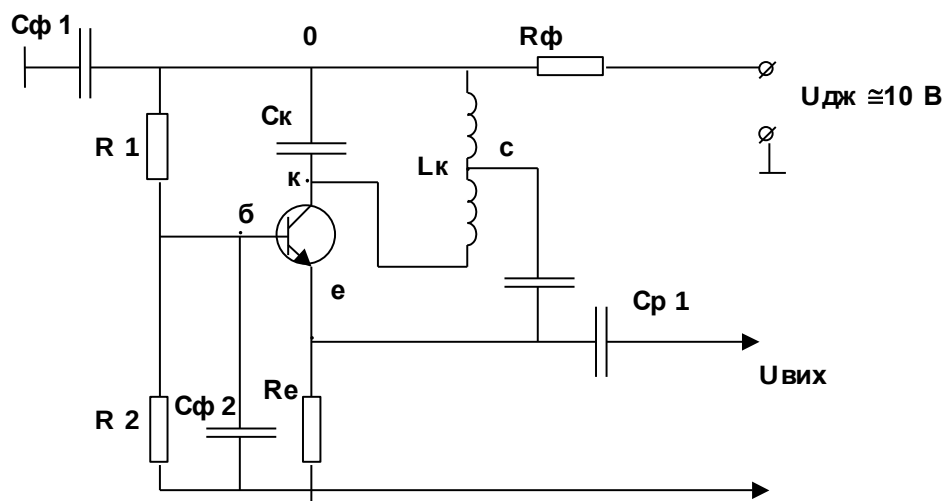


Рисунок 7.7 – Електрична схема автогенератора з використанням індуктивної триточки

За постійним струмом ведеться аналіз того, що забезпечується відповідний режим живлення активних елементів (транзисторів) від джерела $U_{дж}$. Транзистор має три електроди: емітер (е), базу (б) і колектор (к). Між колек-

тором і емітером повинна бути досить висока напруга $U_{ке} < U_{дж}$, наприклад $U_{ке} \approx 10$ В. База відіграє роль регулятора струму через транзистор і тому на ній повинен бути дещо вищий потенціал, ніж на емітері, наприклад, $U_{бе} \approx 1-3$ В. Таким чином, на колектор поступає потенціал від $U_{дж}$ через R_{ϕ} і індуктивність L_k . На емітері, який з'єднаний через R_e з нульовим потенціалом землі, потенціал трохи вищий від нуля і сягає близько 1-2 В. Потенціал бази визначають опори R_1 та R_2 , їх вибирають досить значними (десятки – сотні кілоом).

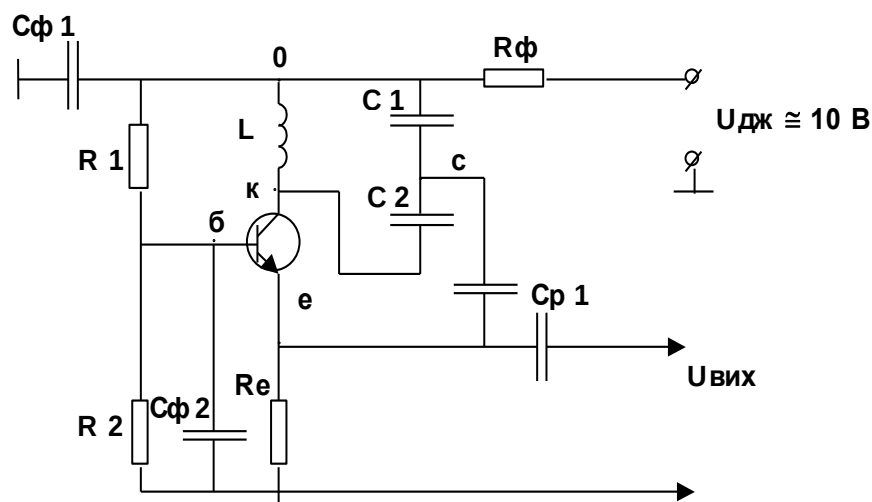


Рисунок 7.8 – Електрична схема автогенератора з використанням ємнісної триточки

За змінним струмом середня точка контура (с) з'єднана з емітером, а точка (0) повинна бути з'єднана з базою. Це з'єднання відбувається через C_p та $C_{\phi 2}$. Така схема з'єднань забезпечує відповідний баланс фаз і амплітуд.

Деякі параметри несучого коливання в процесі модуляції залишаються незмінними й, отже, є постійними ознаками радіосигналу. Вони можуть бути використані в місці прийому для відокремлення сигналу від перешкод.

У процесі модуляції повинна зберігатися однозначна відповідність між модулюючим сигналом і змінами керованого параметру несучого коливання. Найпростішим і найпоширенішим випадком подібної відповідності є пряма пропорційність між відхиленням керованого параметру (від його значення для немодульованих коливань) і миттєвими значеннями модулюючого сигналу. При виконанні цієї умови має місце неспотворена модуляція.

Оскільки передана інформація заздалегідь невідома її одержувачеві, то з точки зору теорії передачі сигналів модулюючі сигнали відносяться до випадкових процесів (випадкових функцій часу). На відміну від детермінованих процесів, які однозначно визначаються функціональною залежністю від часу, випадкові процеси можна представити у вигляді сукупності детермінованих функцій часу, що виникають із певними ймовірностями. Інакше: випадковий модулюючий сигнал не може бути представлений аналітично тобто заздалегідь відомою функцією часу.

Випадковий процес, у якості якого виступає модулюючий сигнал (наприклад, напруга) $S(t)$, звичайно відносять до числа так званих стаціонарних

процесів. Властивості (і параметри, що характеризують ці властивості) модулюючих сигналів можуть бути виявлені протягом деякого кінцевого проміжку часу T і в подальшому можуть вважатися незмінними. Чим більше час спостереження T , тим менше виміряні значення цих параметрів відрізняються від постійних величин. Знання параметрів модулюючого сигналу необхідне для того, щоб правильно проектувати технічні пристрої, які дозволяють здійснити модуляцію без спотворення (з припустимими спотвореннями).

З цих міркувань нижче розглядаються найбільш важливі параметри стаціонарних випадкових процесів.

7.4.1 Параметри сигналу, що модулює

Для забезпечення роботи передавача необхідно враховувати ряд параметрів модулюючого сигналу. Оскільки модулюючі сигнали $U_{\Omega}(t)$ є випадковими процесами, для їх опису використовують апарат теорії імовірності. Випадкова величина $U_{\Omega}(t)$ у різні моменти часу може приймати з деякою ймовірністю те або інше значення з інтервалу $[U_{\Omega_{\min}} - U_{\Omega_{\max}}]$. Оскільки амплітуда модулюючого сигналу завжди обмежена, то ймовірність появи миттєвих значень, які перевищують $U_{\Omega_{\max}}$ дорівнює нулю. Якщо величина $U_{\Omega_{\max}}$ невідома, то не можна правильно сформулювати вимоги до амплітудної характеристики тракту передачі модулюючих і модульованих коливань.

Середнє квадратичне значення сигналу визначається з виразу:

$$U_{\Omega_{CK}} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T U_{\Omega}^2(t) dt} . \quad (7.6)$$

З цього співвідношення видно, що квадрат величини $U_{\Omega_{CK}}$ пропорційний середній потужності модулюючого сигналу за час спостереження T .

Для оцінювання ефективності систем радіозв'язку важливий похідний параметр, так званий *пик-фактор*:

$$P_{\Phi} = \frac{U_{\Omega_{\max}}}{U_{\Omega_{CK}}} . \quad (7.7)$$

Для первинного аналогового телефонного електричного сигналу величина P_{Φ} звичайно лежить у межах 3,0...6,0. Так, у системах радіомовлення для симфонічної музики $P_{\Phi} \approx 6$, для естрадного і духового оркестру $P_{\Phi} \approx 3$, для хорового співу й мови $P_{\Phi} \approx 4$. Для систем професійного радіозв'язку (у тому числі систем радіозв'язку ДСНС) величина $P_{\Phi} = 3,3$.

Енергетичний спектр $W(F)$ та *полоса частот* характеризують розподіл середньої потужності первинного сигналу як випадкового процесу у смузі частот передавача.

На рис.7.9 подано залежність $W(F)$ для української мови.

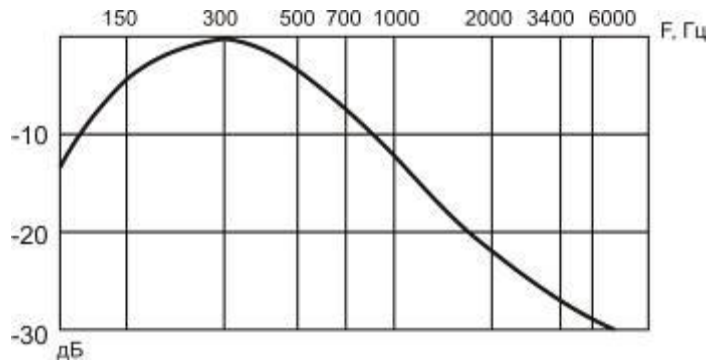


Рисунок 7.9 – Залежність $W(F)$ для української мови

З рисунку видно, що енергетично щільною є низькочастотна частина спектру: основна частина потужності модулюючого мовного сигналу зосереджена в смузі від 100 до 700 Гц. Однак ширину смуги ефективно переданих частот не можна обмежувати тільки вказаним інтервалом, оскільки області, у межах яких знаходиться енергія, характерна для кожного окремого звуку й відрізняє його від

інших, можуть бути розташовані на більш високих частотах.

Строго кажучи, енергетичний спектр випадкового процесу займає нескінченно широку смугу частот. Однак основна частина енергії виявляється зосередженою у смузі цілком обмеженої ширини. Це дозволяє обмежити смугу перепускання модуляційного тракту інтервалом частот $F_{c \min}$ - $F_{c \max}$. Сигнал у смузі $[F_{c \min}, F_{c \max}]$ буде дещо відрізнятися від сигналу, пропущеного через тракт із нескінченною смугою перепускання. Величина смуги обирається залежно від вимог до якості каналу радіозв'язку й ряду інших міркувань.

Для сучасних систем професійного радіотелефонного зв'язку (у тому числі ДСНС) ширина спектра модулюючих сигналів прийнята в межах 300-3400 Гц (у деяких випадках 300-2700 Гц). При цьому забезпечується висока розбірливість і в значному ступені зберігається натуральність мовлення. Для міжнародного зв'язку відповідно до рекомендацій МККР смуга ефективної передачі частот модулюючого сигналу лежить в інтервалі 250-3000 Гц.

7.5 Формування сигналів ОМ

Відомо, що несуче коливання виду (7.4) можна модулювати по амплітуді, частоті й фазі. Якщо за законом модулюючої функції $U_{\Omega}(t)$ змінюється тільки один із цих параметрів, то буде мати місце відповідно амплітудна, частотна або фазова модуляція. Знаходять застосування також і комбіновані види модуляції коли за законом модулюючої функції одночасно змінюється кілька параметрів несучого коливання. Для того, щоб мала місце неспотворена амплітудна модуляція несучого коливання, необхідна лінійна залежність "амплітуди" (точніше: огибаючої; поняття амплітуди властиве лише гармонійним коливанням; промодульоване коливання не є гармонійним) несучого коливання від $U_{\Omega}(t)$:

$$U_c(t) = U_c + U_{\Omega}(t). \quad (7.8)$$

Вираз для амплітудно-модульованого сигналу (випромінювання класу А3) має вигляд:

$$U(t) = U_c(t) \cos \omega_c t = U_c \left(1 + \frac{U_{\Omega}(t)}{U_c}\right) \cos \omega_c t. \quad (7.9)$$

Для цього випадку отримано наочні спектральні (рис.7.11,а), векторні (рис.7.11,б) та часові (рис.7.11,в) діаграми.

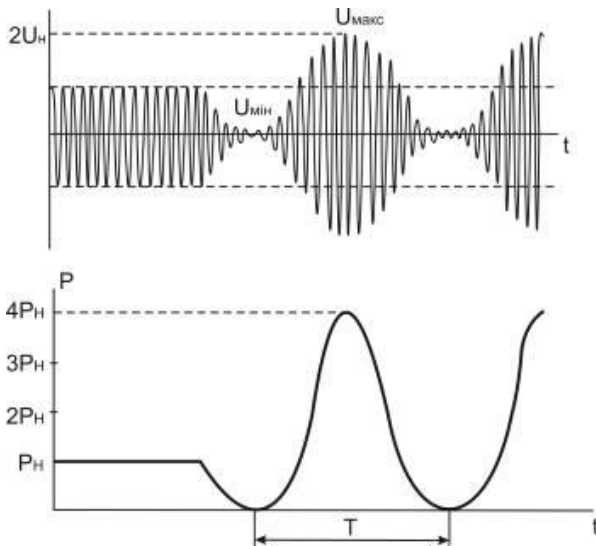


Рисунок 7.10 – Зміна значень огинаючої амплітудно-модульованого сигналу

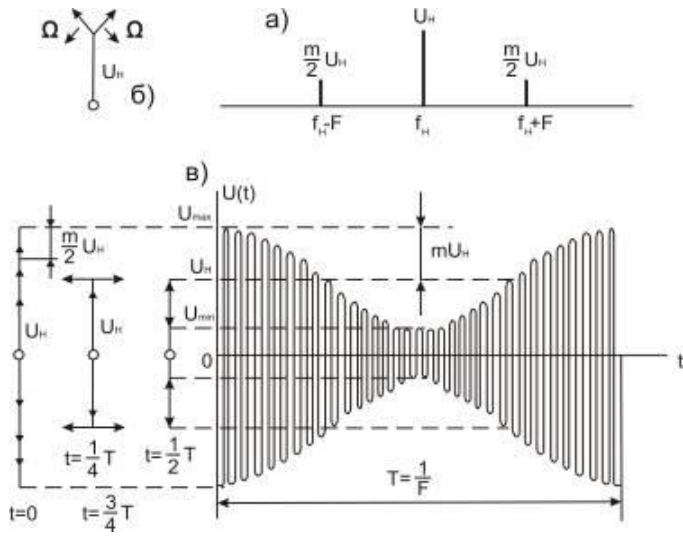


Рисунок 7.11 – Діаграми для амплітудно-модульованого сигналу

На векторній діаграмі складова несучої частоти представлена нерухомим вектором U_H , а коливання бокових – двома векторами mU_H , які обертаються відносно вектора U_H у взаємно протилежних напрямках з кутовими швидкостями Ω . Таким чином, результуючий сумарний вектор пульсує з частотою Ω , завжди збігаючись по фазі з вектором коливання несучої частоти.

У модуляторі (рис.7.12) в якості нелінійного елемента використовується транзистор (VT1), включений за схемою з загальним емітером. Навантаженням транзистора є коливальний контур C2L1, який використовується як смуговий фільтр і налаштовується на частоту першої гармоніки несучого коливання ω_c . Також модулятор містить дільник напруги R1R2, що подає напругу зміщення для вибору положення робочої точки транзистора, резистор R3 забезпечує температурну стабілізацію робочої точки, розділові конденсатори C1, C3, C4 розділяють струм живлення від струму сигналу. Несуче коливання $S(t)$ разом з напругою зміщення надходять на базу VT1. Модулюючий сигнал $u(t)$ подається на емітер транзистора. Модульований сигнал $S_{AM}(t)$ знімається з колектора.

На рис.7.13 подано зображення спектра модулюючого й модульованого коливань для більш загального випадку (зі складним спектром, що займає смугу $F_{min}-F_{max}$).

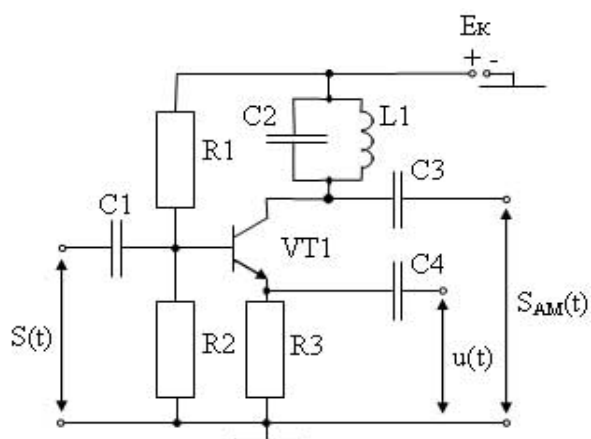


Рисунок 7. 12 – Приклад схеми амплітудного модулятор передавача

Смуга частот від $f_H - F_{\max}$ до $f_H - F_{\min}$ називається нижньою боковою смугою (НБ або НБС). Відповідно верхня бокова смуга (ВБ або ВБС) розташовується в інтервалі частот від $f_H + F_{\min}$ до $f_H + F_{\max}$.

Повний спектр випромінювань класу А3 займає смугу близько $2F_{\max}$.

Спектр НБС виявляється інвертованим у порівнянні зі спектром модулюючого сигналу.

Без втрат повідомлення можна передавати лише НБС чи ВБС. Односмуговим сигналам з повністю подавленою несучою (відповідно до рекомендацій МККР) привласнено клас А3І.

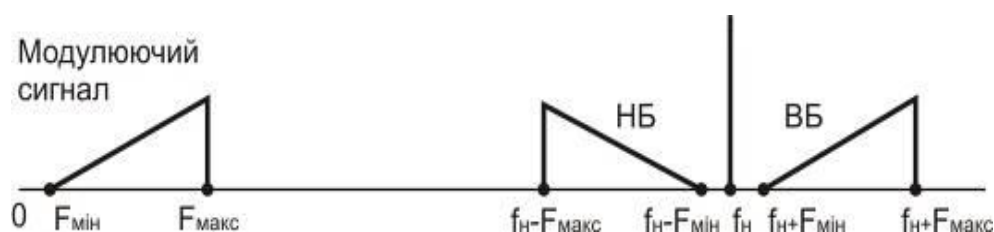


Рисунок 7.13 – Зображення загального випадку спектрів модулюючого і модульованого коливань

При односмуговій передачі вся випромінена передавальною антеною потужність витрачається на передачу інформації у мінімально можливій смузі, близькій по величині до смуги частот первинного електричного сигналу $F_{\min} - F_{\max}$. Таким чином, при односмуговій передачі раціонально витрачається і потужність передавача і частотний спектр.

Найважливіша вимога до схем формування односмугових сигналів – високий ступінь подавлення невикористовуваної бокової смуги і несучого коливання.

Якщо односмуговий передавач є одноканальним, тобто призначений для передачі тільки однієї бокової смуги, то (як установлено згідно ГОСТ) використовується тільки верхня смуга (ВБ).

В одноканальних односмугових передавачах подавлення нижньої бокової смуги повинне бути не гірше 40 дБ, а для двох- і багатоканальних односмугових передавачів з передачею різної інформації по всіх каналах – не гірше 60 дБ.

З викладеного вище зрозуміло, що спектри модулюючого та односмугового сигналів відрізняються лише розміщенням на частотній осі. Розподіл енергії всередині частотних смуг обох спектрів однаковий. Таким чином, при односмуговій передачі спектр модулюючого сигналу переноситься в область високих частот без зміни його абсолютної ширини і при повному збереженні

закону розподілу енергії між окремими складовими коливання. Завдяки цьому передача лише однієї бокової смуги, що містить всю необхідну інформацію, яка передається, дає істотний енергетичний виграш у порівнянні з роботою передавача сигналами амплітудної модуляції.

Скорочення смуги частот випромінюваних коливань в два рази дозволяє звузити смугу пропускання приймача, що забезпечує додатковий виграш у співвідношенні сигнал/перешкода (чим ширша смуга пропускання приймача, тим більше позначаються перешкоди прийому, що приводить до зниження якості відтвореного сигналу, тобто до погіршення його завадостійкості). Крім того, звуження вдвічі смуги спектру односмугового сигналу знижує імовірність його схильності до селективних завмирань, що теоретично еквівалентно енергетичному виграшу ще у два рази.

Сумарний ефект заміни звичайної амплітудної модуляції на односмугову еквівалентний енергетичному виграшу в 16 разів (12 дБ). Реальний виграш трохи нижчий – 9...12 разів.

Ще однією перевагою односмугової роботи є більш високий промисловий ККД односмугового передавача, оскільки у паузах передачі інформації потужність несучої не генерується і, отже, знижується споживання енергії від джерел живлення. Чим більш потужніший передавач, тим більший виграш у споживанні енергії. Так, витрата електроенергії при амплітудній модуляції становить 3,5...4.5 кВт на 1 кВт корисної потужності, а при односмуговій передачі – всього від 1,1 до 2 кВт.

Поряд з перевагами односмугової передачі слід зазначити й ряд додаткових труднощів, які супроводжують реалізацію систем з односмуговою передачею.

Основна складність полягає у тому, що ускладнюється відтворення інформації з однієї бокової смуги на прийомному боці. Можна показати, що односмуговий сигнал містить інформацію про передане повідомлення як у зміні огибаючої, так і в зміні миттєвої частоти. Якщо це коливання надходить у приймач кореспондента на звичайний амплітудний детектор (як у випадку прийому сигналів амплітудної модуляції), то можна виділити огибаючу односмугового сигналу. Однак ця огибаюча не буде передавати закон переданого повідомлення у зв'язку з тим, що інформація про частоту модулюючого сигналу буде втрачена. Для отримання інформації про частоту й амплітуду переданого повідомлення на амплітудний детектор у приймачі кореспондента потрібно подати коливання несучої частоти. Джерелом цього коливання відновленої несучої є спеціальний гетеродин приймача, причому частота цієї несучої повинна бути відновлена з високим ступенем точності й сталості (стабільності).

Вимоги до стабільності частоти протягом тривалого часу були обмежувачим фактором для впровадження односмугового радіозв'язку у практику. Реальна можливість використання переваг односмугового радіозв'язку виникла лише після появи високостабільних збудників передавачів і гетеродинів приймачів.

Приймач, призначений для прийому односмугових сигналів, істотно складніший, головним чином через систему діапазонно-кварцової стабілізації частоти гетеродинів. Саме цей факт виступає в якості обмежуючого при використанні односмугової модуляції для радіомовлення.

У системах професійного зв'язку односмугова передача практично витиснула амплітудну модуляцію.

Додаткові труднощі впровадження односмугових сигналів у практику пов'язані з технічною реалізацією пристроїв формування односмугових сигналів у трасі передачі.

Одним з можливих способів отримання односмугових сигналів є застосування балансового модулятора й фільтра зі смугою перепускання, що збігається зі спектром використовуваної бокової смуги частот (рис.7.14). Коливання несучої частоти придушується фільтруючим елементом схеми модулятора. Головною вимогою до цього фільтра буде виступати заданий ступінь подавлення невикористовуваної бокової смуги частот. Задоволення цієї вимоги тим складніше, чим вища частота несучого коливання.

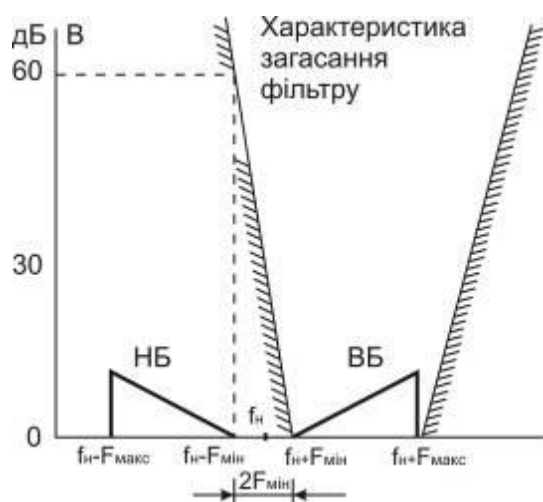


Рисунок 7.14 – Характеристика загасання фільтра при односмуговій модуляції

Інший спосіб полягає у формуванні односмугового сигналу спочатку на більш низьких частотах з наступним перенесенням сформованого односмугового сигналу по частотній осі в область інтервалу робочих частот. У цьому випадку схема буде мати вигляд поданий на рис.7.15.

При наступному перетворенні бокові смуги виявляються одна від одної вже на набагато більшій відстані $\Delta f = 2(f_1 + F_{\min}) \approx 2f_1$. Завдяки цьому вимоги до крутості характеристики загасання фільтра (після змішувача, рис.7.15) виявляються не жорсткими.

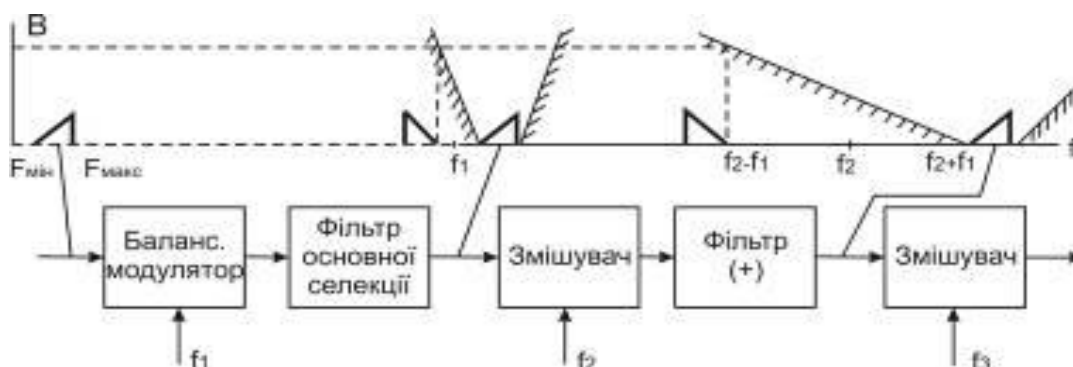


Рисунок 7.15 – Формування одно-смугового сигналу на низьких частотах з перенесенням сформованого сигналу

Таким чином, при фільтровому способі формування односмугового сигналу спектр первинного електричного сигналу $F_{\min}-F_{\max}$ може багаторазово переміщуватися у бік високих частот доти, поки спектр не потрапить у діапазон вихідних коливань збудника. Тому даний спосіб іноді називають способом послідовних перетворень із фільтрацією або способом багаторазового балансового перетворення.

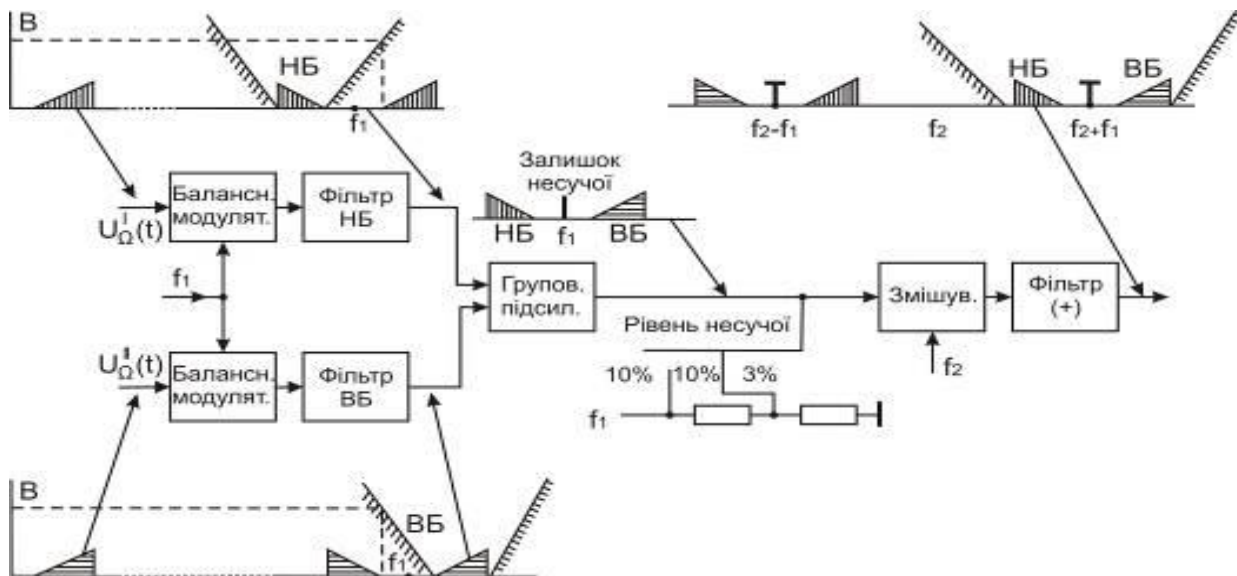


Рисунок 7.16 – Формування первинних односмугових сигналів фільтровим способом в двоканальних односмугових передавачах

Фільтровий спосіб формування односмугового сигналу, незважаючи на відносну складність і труднощі боротьби з побічними продуктами при великій кількості змішувачів, у наш час є основним і перспективним. Підставою його перспективності виступають, зокрема, більш широкі можливості застосування сучасних п'єзоелектричних фільтрів.

У двоканальних односмугових передавачах формування первинних односмугових сигналів фільтровим способом здійснюється для кожного каналу окремо, як це показано на рис.7.16 за допомогою фільтрів. Потім сигнали повідомлень обох каналів (НБ і ВБ) надходять у загальний тракт через груповий підсилювач.

Вимоги по подавленню невикористовуваної бокової смуги в цій схемі більш жорсткі в порівнянні з одноканальними передавачами. Це обумовлено необхідністю боротьби з так званими "виразними переходами" з каналу в канал у багатоканальних односмугових передавачах.

В ряді випадків, наприклад, для забезпечення радіозв'язку з радіостанціями попереднього покоління, які не мають односмугових видів роботи, до сформованого односмугового сигналу додається коливання несучої частоти. У цьому випадку формується одноканальний односмуговий сигнал класу АЗН (з непригніченої несучою, що має рівень до 80% від максимального значення

амплітуди односмугового сигналу). Цей вид сигналів може прийматися приймачами, призначеними для прийому сигналів класу АЗ.

Тому в схемі звичайно передбачається додатковий перемикач, за допомогою якого в односмуговий сигнал вводиться несуче коливання різного рівня.

На рис.7.17 приведено схему формування односмугових сигналів в чотириканальному односмуговому передавачі для міжнародних зв'язків. У цій схемі для позначення смуг прийнято позначення B_1 , B_2 , A_1 та A_2 .

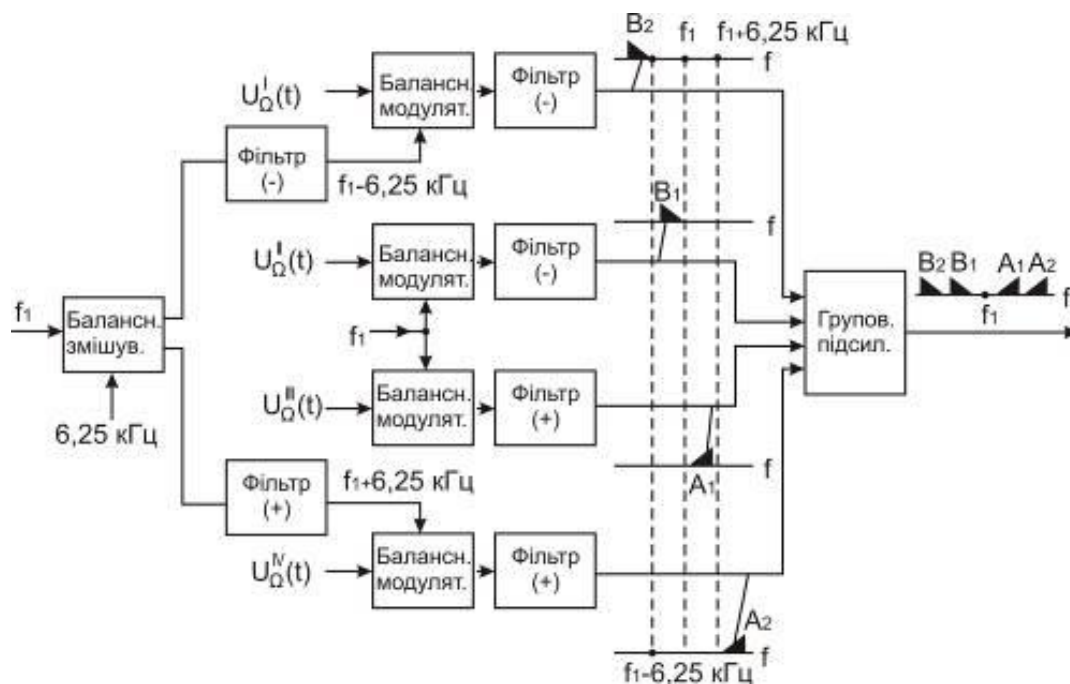


Рисунок 7.17 – Схема формування одно-смугових сигналів в чотириканальному односмуговому передавачі для міжнародних зв'язків

Рис.7.18 ілюструє принцип формування й "переносу" односмугового сигналу в діапазон робочих частот, що використано у радіостанціях Р-143.

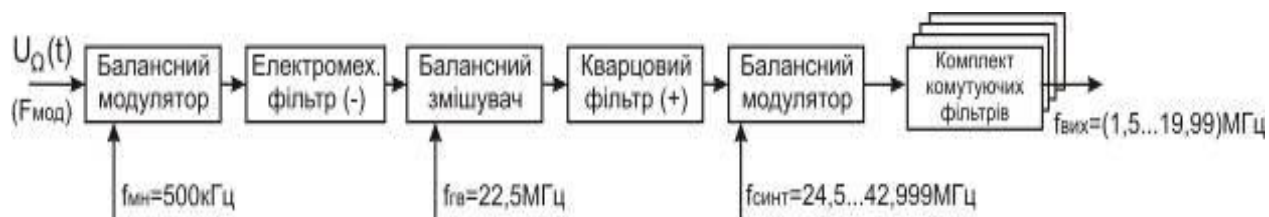


Рисунок 7.18 – Принцип формування та перенесення односмугового сигналу в діапазон робочих частот для радіостанції Р-143

7.6 Кутова модуляція

Повідомлення може бути передане по радіоканалу за допомогою зміни кожного з параметрів несучого коливання. Нехай як несуче коливання виступає гармонійне:

$$U(t)=U_n \cos \varphi(t)=U_n \cos [\omega_n(t) t+\varphi_n(t)]=U_n \cos [2 \pi f_n(t) t+\varphi_n(t)], \quad (7.10)$$

де U_n – амплітуда несучого коливання;
 $\varphi(t)$ – фаза коливання;
 $\varphi_n(t)$ – початковий фазовий кут (початкова фаза) коливання.
 За визначенням частота є швидкістю зміни фази

$$\omega(t)=\frac{\partial \varphi(t)}{\partial t}. \quad (7.11)$$

Тоді

$$\varphi(t)=\int_0^t \omega(t) dt \quad (7.12)$$

(постійна інтегрування $\varphi(t_0)$ прийнята рівною нулю).

При *кутовій модуляції* можливі два різновиди зміни фазового кута $\varphi(t)$ за законом зміни модулюючого сигналу.

При *частотній модуляції (ЧМ)* за законом модулюючого сигналу $U_\Omega(t)$ змінюється миттєва частота

$$\omega_n(t)=\omega_{чМ}(t)=\omega_n+\Delta \omega(t)=\omega_n+K_{чМ} U_\Omega(t), \quad (7.13)$$

де $K_{чМ}$ – коефіцієнт пропорційності між змінами миттєвої частоти $\Delta \omega(t)$ й модулюючим (інформаційним) сигналом $U_\Omega(t)$.

На рис.7.19 показано графіки, які ілюструють процес частотної модуляції.

При відсутності модулюючого сигналу частота несучого коливання залишається постійною і рівною $\omega_{ср}$, а фаза змінюється з часом лінійно: $\varphi(t)=\omega_{ср} t$. При наявності модулюючого сигналу закон зміни частоти повністю відповідає формі модулюючого сигналу повідомлення $U_\Omega(t)$.

При *фазовій модуляції (ФМ)* за законом модулюючого сигналу $U_\Omega(t)$ змінюється початкова фаза $\varphi_n(t)$, а повна фаза коливання:

$$\varphi_{ФМ}=\omega_n t+\Delta \varphi(t)=\omega_n t+K_{ФМ} U_\Omega(t), \quad (7.14)$$

де $K_{ФМ}$ – коефіцієнт пропорційності між зміною фази $\Delta \varphi(t)$ й модулюючим сигналом $U_\Omega(t)$.

Підстановкою (7.13) в (7.12) одержимо вираз для частотно-модульованого коливання

$$U_{чМ}(t)=U_n \cos [\omega_n(t) t]=U_n \cos [\omega_n t+K_{чМ} \int U_\Omega(t) dt]=U_n \cos [\omega_n t+\Delta \omega_{дєв} \int u_\Omega(t) dt], \quad (7.15)$$

де $\Delta \omega_{дєв}=K_{чМ} U_\Omega$ – максимальне відхилення значення частоти від несучої, яке називається *девіацією частоти* (U_Ω – амплітуда сигналу повідомлення);

ω_n – середнє значення несучої частоти (частота налаштування збудника).

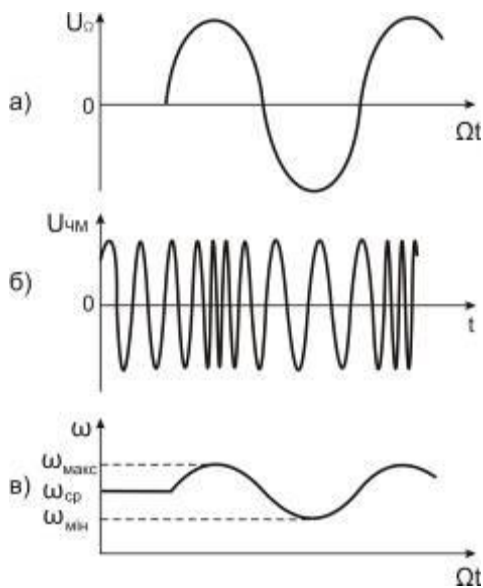


Рисунок 7.19 – Графіки, які пояснюють процес частотного модулювання:

а) форма модулюючого сигналу, б) форма ЧМ коливань, в) характер зміни частоти

Після підстановки (7.14) у (7.10) вираз для фазо-модульованого сигналу приймає вид

$$U_{\text{ФМ}}(t) = U_n \cos[\omega_n t + K_{\text{ФМ}} U_{\Omega}(t)]. \quad (7.16)$$

Із порівняння (7.15) і (7.16) видно, що при фазовій модуляції фаза модульованого коливання змінюється лінійно з модулюючою функцією, а при частотній – лінійно з інтегралом модулюючої функції. Схожість принципів формування сигналів з кутовою модуляцією дозволяє використовувати один і той самий пристрій частотного або фазового модулятора як для частотної, так і для фазової модуляції.

Для одержання ФМ сигналу за допомогою частотного модулятора останній необхідно модулювати коливаннями, амплітуда яких лінійно росте з ростом $U_{\Omega}(t)$ (що досягається, наприклад, постановкою перед частотним модулятором ланцюга, що диференціює).

Амплітуда ЧМ і ФМ коливань повинна бути постійною.

Звичайно, смуга, яка займається спектром сигналу з кутовою модуляцією, повинна бути погоджена зі смугою перепускання приймача кореспондента.

В зв'язку з широкосмуговістю сигналів застосування ЧМ для радіотелефонного зв'язку виявляється доцільним лише на частотах вище 20 МГц.

Найбільше поширення одержав *прямий спосіб формування ЧМ сигналів*, коли під впливом модулюючого коливання змінюється частота коливань автогенератора.

Всі інші способи формування ЧМ сигналів називаються *непрямими*.

При прямому способі змінюється або індуктивність L_K контуру автогенератора (наприклад, за допомогою реактивної лампи, фероваріометру), або ємність C_K (за допомогою реактивної лампи, варикапу тощо).

Еквівалентна ємність (чи індуктивність), що вноситься частотним модулятором у контур, у більшості випадків набагато менші величини C_K . Тому для розрахунку зміни власної частоти автогенератора при модуляції можна скористатися формулою, справедливою для малих змін параметрів контуру:

$$\frac{\Delta f}{f} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta C}{C_K} + \frac{\Delta L}{L_K} \right). \quad (7.17)$$

Залежно від призначення й типу пристрою, де використовується ЧМ, до схем формування ЧМ сигналів пред'являються різні вимоги.

7.6.1 Вимоги до частотних модуляторів

Частотним модулятором називається пристрій, який дозволяє змінювати частоту генерованих коливань за законом модулюючого сигналу.

До частотних модуляторів висуваються наступні найбільш важливі вимоги.

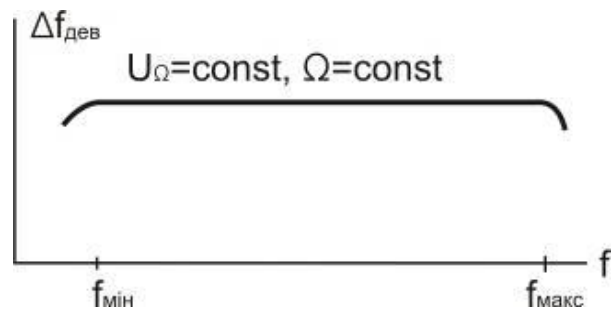
1. Висока стабільність середньої (несучої) частоти модулюємого генератора.

2. Сталість девіації частоти $\Delta f_{\text{дев}}$ в будь-якій точці інтервалу робочих частот передавача $f_{\text{мін}}-f_{\text{макс}}$ (рис.7.20). Дана характеристика знімається при постійній частоті F_{Ω} і амплітуді U_{Ω} модулюючого сигналу.

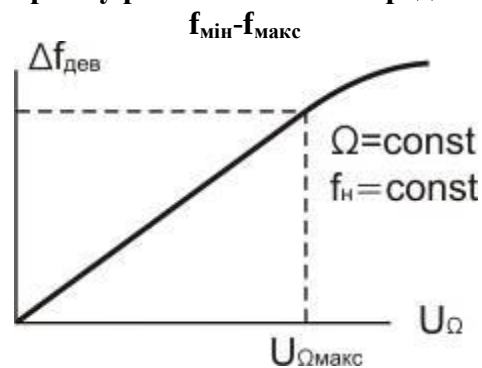
3. Лінійність модуляційної характеристики – збереження пропорційності між відхиленням частоти й значенням модулюючої функції (інформаційного сигналу) в усьому інтервалі можливих значень модулюючої функції (від нуля до максимального значення – рис.7.21). Характеристики знімаються при постійній модулюючій частоті F на будь-якій робочій частоті $f_{\text{н}}$. З виразу (7.17) видно, що для зміни частоти по лінійному закону $\Delta f = k U_{\Omega}$ достатньо змінювати по цьому ж закону величину ΔC або ΔL .

Незмінність амплітуди високо-частотних коливань є перевагою ЧМ сигналів, що дозволяє ефективно використовувати тракт посилення передавача й застосовувати обмеження (як захід підвищення перешкодозахищеності) у приймачі кореспондента. Наявність паразитної амплітудної модуляції в ЧМ сигналі неминуче приводить до втрати тим чи іншим чином цих переваг, а також до появи відмітних ознак передавача. Тому рівень паразитної амплітудної модуляції, який неминуче супроводжує формування ЧМ сигналів по будь-якому способу, нормується.

Технічна реалізація ЧМ за допомогою лампових схем у радіостанціях ДСНС у наш час застосування не знаходить. Тому нижче, для прикладу, розглядаються прямі способи формування ЧМ сигналів за допомогою варикапів.



Риснок 7.20 – Характеристика сталості девіації частоти $\Delta f_{\text{дев}}$ в будь-якій точці інтервалу робочих частот передавача $f_{\text{мін}}-f_{\text{макс}}$



Рисунк 7.21 – Вимога лінійності модуляційної характеристики у всьому інтервалі можливих значень модулюючої функції

7.6.2 Формування ЧМ сигналів за допомогою варикапів

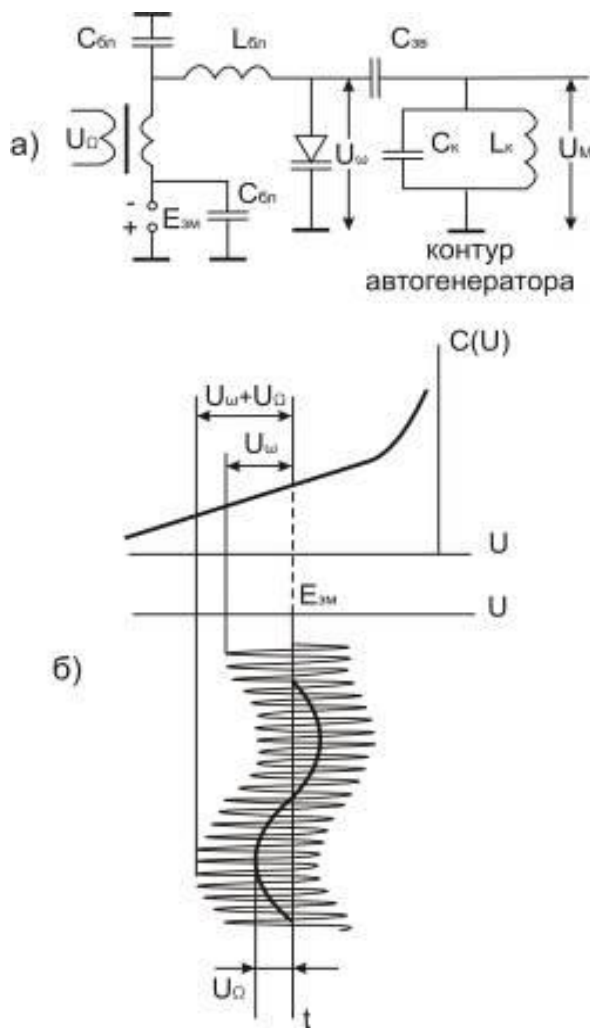


Рисунок 7.22 – Схема частотного модулятора з використанням варикапа (а) та характер залежності ємності варикапу від величини зворотної напруги (б)

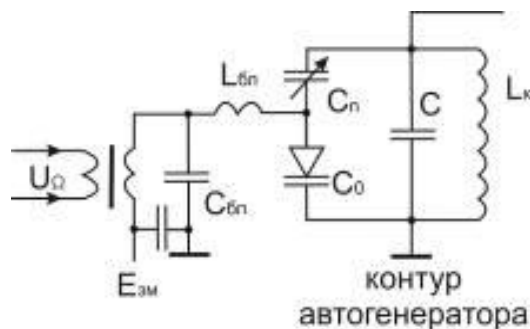


Рисунок 7.23 – Схема частотного модулятора з послідовним включенням варикапу в контур

Принцип дії частотних модуляторів з використанням варикапа заснований на відомій властивості $p-n$ переходу змінювати величину ємності під дією прикладеної напруги. Одна зі схем частотного модулятора з використанням варикапа представлена на рис.7.22,а. Характер залежності ємності варикапу від величини зворотної напруги показаний на рис.7.22,б.

У цій схемі на варикапі діє три напруги: високочастотна U_ω (створюється автогенератором), низькочастотна модулююча U_Ω та постійна $E_{зм}$ (визначає робочу точку на характеристиці варикапу). Варикап включений паралельно до контуру автогенератора через ємність зв'язку $C_{зв}$.

Перевагою частотних модуляторів на варикапах є малі маса й габарити, а також знижене, у порівнянні з ламповими модуляторами, споживання енергії.

Недоліком варикапів є явно виражена нелінійність вольтфарадної характеристики та, отже, велика нелінійність модуляційної характеристики модулятора на варикапі. Однак на вольтфарадній характеристиці можна вибрати таку ділянку зміни напруг, де ємність змінюється за законом, близьким до лінійного.

Іншим недоліком схеми є низька сталість – девіація частоти $\Delta f_{дев}$ росте з ростом робочої частоти автогенератора. Виникає необхідність вирішення завдання по забезпеченню девіації частоти в інтервалі робочих частот модулятора. Більш кращими є варіанти послідовного включення варикапу в контур та перестроювання автогенератора індуктивністю.

Варіант частотного модулятора з послідовним включенням варикапу в контур подано на рис.7.23.

У цій схемі контур автогенератора містить постійну ємність C і перебудується за допомогою конденсатора C_{Π} . Послідовно зі C_{Π} включено варикап частотного модулятора. В цій схемі з ростом частоти f величина $\Delta f_{\text{дев}}$ зменшується.

При змішаному включенні двох (або декількох) варикапів у контур ЧМГ (рис.7.24,а) один варикап включається у контур автогенератора паралельно, а інший – послідовно. Завдяки цьому межі зміни величини діапазону частот стають меншими (рис.7.24,б).

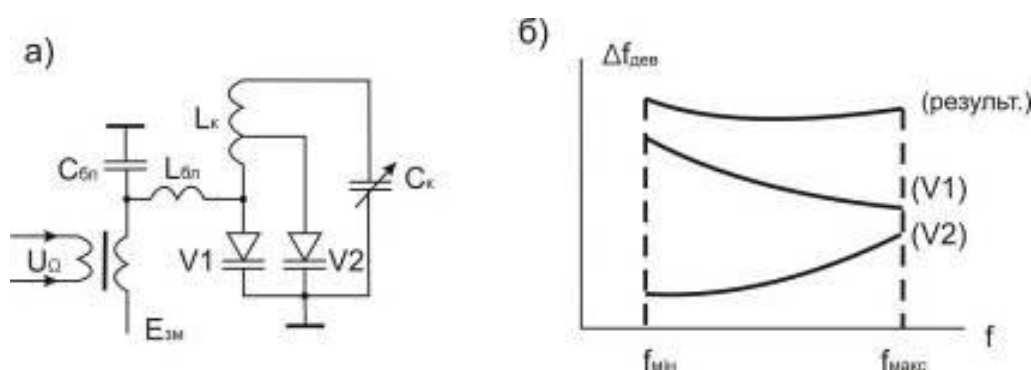


Рисунок 7.24 – Схема частотного модулятора зі змішаним включенням варикапів (а) та зміни величини діапазону частот при змішаному включенні двох варикапів у контур ЧМГ (б)

Один з варіантів частотного модулятора зі змішаним включенням варикапів, реалізованих у малопотужних радіостанціях метрового діапазону, представлений на рис.24,а. Особливістю цієї схеми є послідовне включення варикапа не в ємнісну, а в індуктивну гілку контуру автогенератора.

Отже, всім розглянутим схемам властивий спільний недолік – мінливість девіації частоти автогенератора при зміні несучої. Це явище виникає при необхідності перебудування автогенератора. Найкращим способом забезпечення сталості девіації частоти $\Delta f_{\text{дев}}$ є застосування непестроюваного ($f = \text{const}$) модулюємого по частоті автогенератора. Отримання інтервалу робочих частот $f_{\text{мін}}-f_{\text{макс}}$ можна здійснити за допомогою інтерполяційної схеми, поданої на рис.7.25.



Рисунок 7.25 -Отримання інтервалу робочих частот $f_{\text{мін}}-f_{\text{макс}}$ за допомогою інтерполяційної схеми

Саме так здійснюється формування сигналів ЧМ у діапазоні частот у збудниках ВО-64 (ВО-71) і "Лазурь".

Як було показано, при прямих способах ЧМ одержання модульованих коливань шляхом включення варикапів у контур генератора у значному ступені знижує стабільність частоти генерованих коливань. Якщо в контур ЧМГ додатково будуть включені варикапи для електронного перестроювання генератора, то стабільність частоти понизиться ще більше.

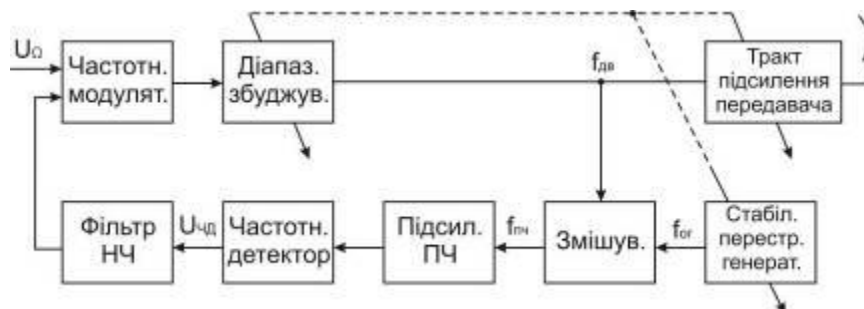


Рисунок 7.26 – Схема з кільцем автоматичного підстроювання частоти модулюємого генератора по частоті більш високостабільного генератора

Тому в ЧМГ повинні бути вжиті заходи для стабілізації параметрів як самого автогенератора, так і частотного модулятора. До них відносяться всі заходи параметричної стабілізації (особливо стабілізація напруги джерела зсуву для варикапів).

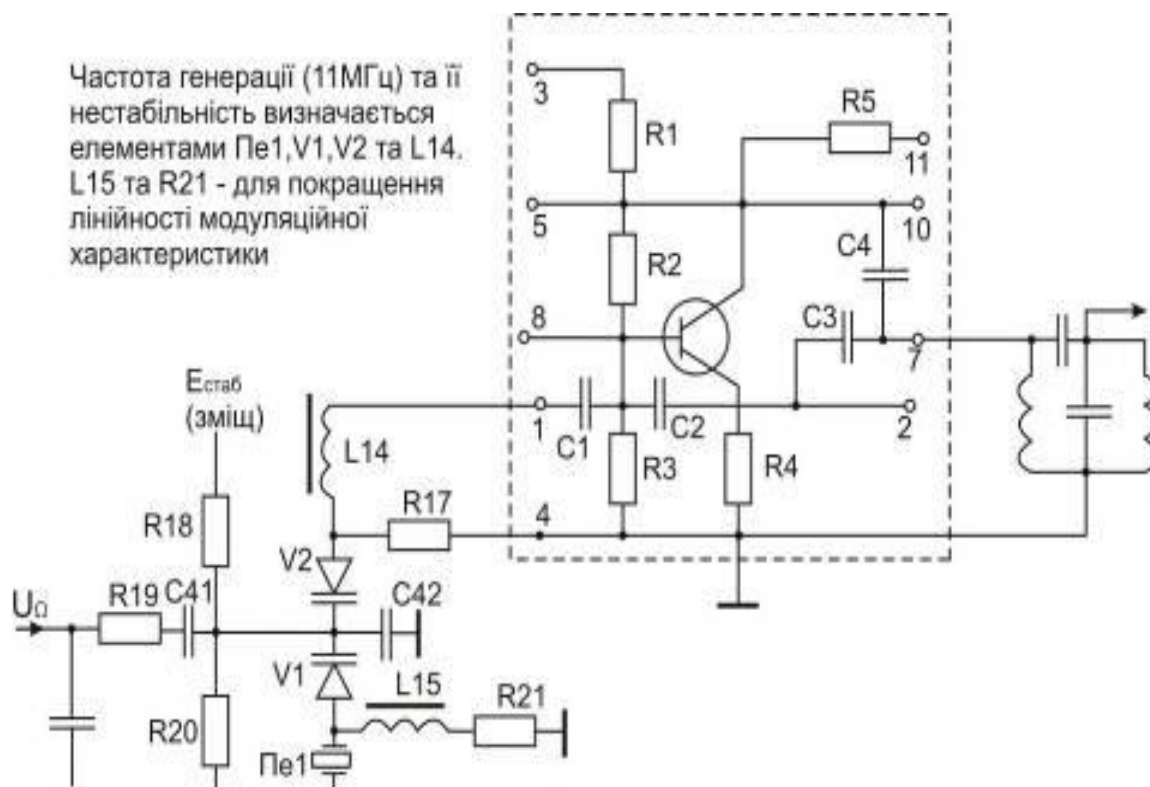


Рисунок 7.27 – Схема ЧМГ малопотужної радіостанції Р-148

У деяких схемах з метою підвищення стабільності частоти передбачається кільце автоматичного підстроювання частоти модулюємого генератора по частоті більш високостабільного генератора (рис.7.26).

Вплив дестабілізуючих факторів на частоту ЧМГ може бути у значному ступені ослаблений, якщо як коливальну систему модулюючого генератора застосувати кварцовий резонатор. Одна зі схем ЧМ генератора малопотужної радіостанції Р-148 подана на рис.7.27. Зміна частоти коливань в цій схемі здійснюється за допомогою двох варикапів, включених послідовно.

Недолік кварцових ЧМГ полягає в тому, що в них керування частотою кварцового автогенератора забезпечується в дуже вузьких межах, звичайно $\frac{\Delta f}{f} < 10^{-3}$. Для одержання необхідної девіації частоти кварцовий автогенератор доводиться проектувати на робочу частоту $f > \Delta f / 10^{-3}$.

При $\Delta f \approx (4-7)$ кГц кварцовий ЧМГ повинен працювати на частотах порядку (10-15) МГц.

Найкращу стабільність середньої (несучої) частоти частотно-модульованого коливання забезпечують схеми, у яких реалізуються непрямі способи формування ЧМ коливань. При непрямих способах формування ЧМ сигналів використовується можливість одержання сигналів ЧМ за допомогою фазових модуляторів. Керування фазою коливань здійснюється у каскадах, що йдуть за автогенератором. Тому фазовий модулятор на відміну від частотного не погіршує стабільність середньої частоти ФМ (ЧМ) коливання.

Список використаних джерел

1. Бурлай 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 ДСНС України, 2007 – 224 с.
2. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони. Наказ № 755 від 19.07.2001 р.
3. Чудинов В.Н., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники: Учеб. Пособие для пожарно-технических училищ. – М.: Радио и зв'язок, 1986. – 272 с.: ил.
4. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Призначення та класифікація радіопередавальних пристроїв.
2. Основні вимоги до передавача.
3. Що входить до узагальненої структурної схеми радіопередавача?
4. Основні параметри радіопередавачів.

5. Принципи побудови генераторів передавачів.
6. Схема формування дво– та односмугових сигналів.
7. Кутова модуляція: властивості да схеми формування.

РОЗДІЛ 8

РАДІОПРИЙМАЛЬНІ ПРИСТРОЇ РАДІОСТАНЦІЙ ДСНС

Радіоприймальні пристрої входять до складу радіостанцій, або використовуються самостійно для забезпечення задач управління діями фахівців ОРС ЦЗ, оповіщення та багатьох інших функцій. Метою розділу є розгляд основних різновидів і особливостей побудови приймачів професійних засобів радіозв'язку.

8.1 Призначення та класифікація радіоприймальних пристроїв

Радіоприйом – це процес виділення інформаційних сигналів із суміші радіовипромінювань. У тому місці, де ведеться радіоприйом, одночасно існують радіовипромінювання низки природних і штучних джерел. Потужність корисного радіосигналу становить дуже малу частину потужності електромагнітного поля в місці радіоприйому. Завдання радіоприймального пристрою зводиться до виділення корисного радіосигналу з безлічі інших сигналів і можливих перешкод, а також до відтворення (відновлення) переданого повідомлення.

Радіоприймальним пристроєм (РПРМ), або приймачем називається пристрій, призначений для виділення, перетворення й використання електромагнітної енергії радіосигналів, що приходять у пункт прийому. Приймач застосовується на прийомному боці і забезпечує зворотне відносно передавача перетворення сигналу. Він включається у тракт передачі сигналів повідомлення між прийомною антеною і кінцевим пристроєм.

Узагальнену структурну схему радіоприймального тракту показано на рис.8.1.



Рисунок 8.1 – Узагальнена структурна схема тракту радіозв'язку на прийомному боці

Антенно-фідерний пристрій (АФП) забезпечує вловлювання енергії електромагнітного поля й перетворення її в електричні сигнали високої частоти.

Радіоприймач перетворює електричні сигнали у форму, необхідну для їх сприйняття кінцевим пристроєм. Кінцевий пристрій забезпечує використання енергії прийнятих НЧ сигналів, відтворення з них переданої інформації.

Основними задачами радіоприймача є:

- виділення сигналу,
- детектування,
- підсилення до потрібного рівня.

Процес *детектування* полягає у перетворенні модульованого радіосигналу в низькочастотний звуковий або відеосигнал, який змінюється за законом модуляції інформаційного сигналу, що передається.

Підсиленні сигналу здійснюється до рівня, що забезпечує нормальну роботу кінцевого пристрою.

РПРМ, які використовуються підрозділами ДСНС, силовими відомствами України, за принципами побудови, схемними і конструктивними рішеннями істотно відрізняються від радіомовних та інших. Для них не відіграє головної ролі якість звучання, декоративне оформлення чи дизайн, але принципово важливі такі оперативно-технічні показники, як то:

- діапазон робочих частот, що повинен відповідати призначенню радіоприймача, виходячи з вимог по забезпеченню радіозв'язку управління підрозділами ОРС ЦЗ;

- висока частотна точність, що забезпечує безпошукове встановлення зв'язку і його ведення без підстроювання протягом тривалого часу;

- висока завадостійкість прийому, тобто здатність забезпечувати прийом радіосигналів з необхідною якістю при впливі різних перешкод;

- висока експлуатаційна надійність.

Характерною рисою РПРМ, які використовуються підрозділами ДСНС України є їхня конструктивна будова на основі уніфікованих приладів, блоків і функціональних вузлів. Це дозволяє компонувати радіоприймачі з різними характеристиками відповідно до конкретного призначення.

Радіоприймальні пристрої класифікуються по:

- призначенню: радіомовні (зазвичай звані як радіоприймачі або приймачі), телевізійні (телевізори), професійні, спеціальні РПРМ,

- діапазону частот,

- класу (виду модуляції) прийнятих сигналів,

- схемі побудови (способу обробки сигналів),

- типу використовуваних електронних приладів,

- умовам використання.

До професійних відносяться магістральні РПРМ декаметрового діапазону, радіорелейних і супутникових ліній зв'язку.

Серед РПРМ спеціального призначення слід назвати, наприклад, радіолокаційні, радіонавігаційні, літакові і т.д.

За схемним рішенням РПРМ можуть бути прямого підсилення і супергетеродинні.

Можна виділити також ряд інших ознак класифікації.

РПРМ можуть використатися автономно, як самостійні елементи у складі прийомних радіоцентрів, або в складі радіостанцій середньої чи великої потужності. У малопотужних радіостанціях РПРМ як правило виконують конструктивно нероздільними з передавачами, тобто вони використовують спільні радіоелементи.

Залежно від призначення радіоприймальних пристроїв антена й кінцевий пристрій можуть підключатися безпосередньо до радіоприймачів, або ви-

носитися за їхні межі. Наприклад, у малопотужних портативних радіостанціях як антена, так і мікротелефонна гарнітура підключаються безпосередньо до відповідних виходів (входів) на корпусі прийомо-передавача. Для бортових радіостанцій характерне дистанційне підключення прийомних антенних пристроїв за допомогою спеціальних фідерів. Кінцеві пристрої підключаються до виходів радіоприймачів дистанційно за допомогою спеціальних кабельних ліній дистанційного управління.

РПРМ розрізняються також за двома групами технічних характеристик: за електричними та конструктивно-експлуатаційними характеристиками.

До конструктивно-експлуатаційних характеристик відносяться стійкість і надійність роботи, зручність керування, масо-габаритні показники, вартість апаратури. Ця група характеристик перебуває в прямій залежності, а часом і в суперечності з електричними характеристиками.

Електричні характеристики є основними технічними характеристиками, оскільки визначають якість роботи РПРМ.

8.2 Основні технічні характеристики радіоприймальних пристроїв

Основними технічними характеристиками радіоприймальних пристроїв є діапазон робочих частот, чутливість, вибірковість, смуга перепускання і стійкість.

8.2.1 Діапазон робочих частот (див.вище).

8.2.2 Коефіцієнт шуму радіоприймача

Коефіцієнтом шуму радіоприймача є відношення потужності шуму на виході лінійного тракту при $T=-293K$ до потужності шуму на вході

$$III = \frac{P_{ш\text{ вих}}}{P_{ш\text{ вх}}} . \quad (8.1)$$

Коефіцієнт шуму кількісно показує зменшення відношення сигнал/шум n у процесі проходження радіосигналу у тракті прийому:

$$III = \frac{(P_c / P_{ш})_{вх}}{(P_c / P_{ш})_{вих}} . \quad (8.2)$$

8.2.3 Чутливість

Чутливість відображає здібність радіоприймального пристрою забезпечувати прийом слабких за інтенсивністю радіосигналів.

Кількісно чутливість оцінюється мінімальною величиною сигналу на вході радіоприймального пристрою, при якій має місце необхідне відношення сигнал/шум на виході РПРМ у відсутності зовнішніх перешкод. Це означає, що корисна інформація, що міститься в радіосигналі, може бути відтворена з

необхідною якістю (з достатньою гучністю звучання, контрастністю зображення і т.і.).

Вимірюється як потужність чи ЕРС, що наводиться сигналом в антені, або напруженість ЕМП в місці прийому. Виражається відповідно у мкВт чи мкВ, а напруженість поля поблизу антени – у мкВ/м). Типові значення 0,15-1,0 мкВ.

Зі збільшенням підсилення корисного сигналу, як правило, зростає чутливість радіоприймача, але потенційний рівень чутливості обмежується рівнем зовнішніх і власних шумів РПРМ.

Існують різні види чутливості радіоприймача. Найбільше широко використовують поняття чутливості, обмеженої шумами або реальної чутливості.

Реальна чутливість відповідає мінімальному рівню радіосигналу на вході РПРМ при заданому рівні сигналу і заданому відношенні рівня корисного сигналу й перешкоди (шуму) на виході. Оцінюється мінімальним значенням ЕРС $E_{ан}$ або потужності $P_{ан}$ в антені.

Реальна чутливість повинна враховувати власний шум радіоприймача, а також перевищення сигналу над перешкодою на його виході

$$P_{min} = kT_0(Ш-1)\Delta f_{эф}\gamma = kT_e\Delta f_{эф}\gamma, \quad (8.3)$$

де $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт/Гц·град (Дж/К) – постійна Больцмана;

$T_0 = 290^\circ K$ – абсолютна температура оточуючого середовища, $^\circ K$;

$T_e = T_0(Ш-1)$ – (еквівалентна) шумова температура приймача, $^\circ K$;

$Ш$ – коефіцієнт шуму РПРМ;

$\Delta f_{эф}$ – ефективна смуга перепускання радіоприймача, Гц;

$\gamma = (P_c/P_{ш})_{вих\ погр}$ – коефіцієнт розрізнення, відношення потужностей сигналу й перешкоди на виході радіоприймача, яке забезпечує потрібну якість прийому сигналу (зазвичай 12 дБ – 20 дБ по напрузі).

Чим менше значення n при необхідному значенні P_c , тим вища чутливість радіоприймача. Рівність рівнів сигналу й перешкоди ($n=1$) визначає *граничну чутливість радіоприймача*. При відсутності зовнішніх перешкод сигнал повинен дорівнювати або перевищувати рівень власних шумів радіоприймача ($P_c \geq P_{ш}$).

8.2.4 Шуми приймальних антен

Шуми приймальних антен. Джерелами шумової напруги на виході приймальної антени є теплові шуми опору втрат антени R_n і шуми, що виникають внаслідок приймання випромінювань космічного простору, атмосфери і Землі. Для врахування впливу теплових шумів використовується поняття опору випромінювання антени R_Σ , що служить еквівалентом шумлячого опору, який створює напругу, або шумова температура опору випромінювання T_Σ , що показує до якої температури необхідно нагріти опір, рівний опору випромінювання антени, щоб його шуми стали рівним шумам, які наводяться в антені джерелами зовнішніх шумів.

Еквівалентна шумова температура приймальної антени

$$T_A = T_\Sigma \frac{R_\Sigma}{R_\Sigma + R_n} + T_n \frac{R_n}{R_\Sigma + R_n} = T_\Sigma \eta + T_n(1-\eta), \quad (8.4)$$

де $\eta = \frac{R_\Sigma}{R_\Sigma + R_n}$ – ККД приймальної антени.

Шумові властивості антени враховуються через *відносну шумову температуру*

$$t_A = T_A/T_0, \quad (8.5)$$

тобто температуру, приведену до стандартної (кімнатної) температури $T_0 = 290^\circ\text{K}$.

Гранична чутливість РППМ з урахуванням шумів антени:

$$P_{\min} = kT_0 \Delta f_{\text{эф}} (t_A - 1 + \text{Ш}) \gamma. \quad (8.6)$$

Температура опору випромінювання T_Σ залежить від форми діаграми направленості антени, орієнтації її в просторі і діапазону робочих частот. Урахування усіх складових зовнішніх шумів приводить до того, що температуру опору випромінювання представляють сумою трьох складових температури: температури неба T_H , яка характеризує випромінювання джерел, розташованих у космічному просторі (Місяць, Сонце, Галактика, міжзоряна речовина й ін.); температури Землі T_3 , обумовленої тепловим випромінюванням земної поверхні, що попадає в основний або бічний пелюсток діаграми спрямованості антени; температури атмосфери T_A , яка характеризує випромінювання іоносфери, завади в результаті електричних розрядів блискавки, полярних сьйв.

З урахуванням сказаного отримуємо

$$T_\Sigma = T_H + T_A + T_3. \quad (8.7)$$

Різні джерела зовнішніх завад мають складну частотну залежність, яку якісно можна представити рис.8.2. В області частот менше 1 ГГц переважають шуми, викликані джерелами космічного походження. Інтенсивність цих шумів падає з ростом частоти. У широкій смузі частот приблизно від 1 ГГц до 10 ГГц джерела зовнішніх шумів обумовлені, в основному, випромінюванням Землі і атмосфери, характеризуються відносно низькою інтенсивністю і слабо залежать від частоти. При підвищенні частоти більш 10 ГГц спостерігається збільшення рівня зовнішніх шумів, причому частотна залежність має дуже нерівномірний характер.

Поняттям шумової температури можна також характеризувати джерела завад штучного походження: промислові завади і навмисні завади радіоприймання.

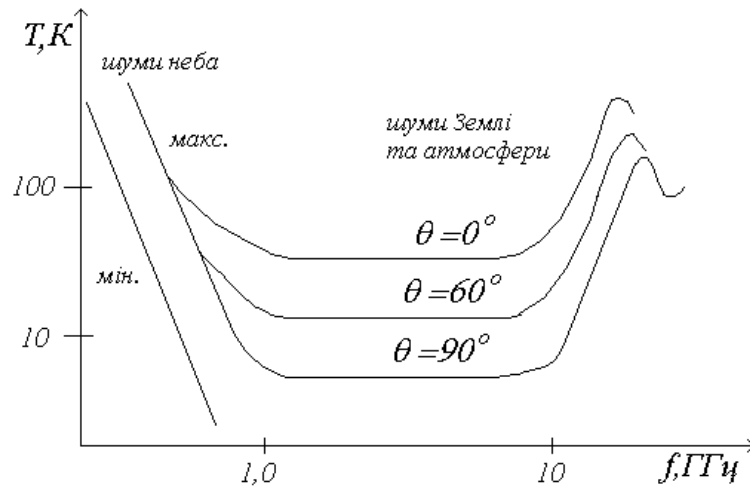


Рисунок 8.2 – Якісний характер частотних залежностей джерел зовнішніх завад^Λ

θ – кут нахилу осі діаграми спрямованості антени (кут місця)

Інтенсивність космічного випромінювання залежить від довжини хвилі та орієнтації діаграми спрямованості антени. Радіоастрономічні спостереження показують, що максимум космічного випромінювання розташовується уздовж екватора Галактики (уздовж Чумацького Шляху), а мінімум – у напрямку її полюсів. Для характеристики розподілу інтенсивності космічного випромінювання складаються спеціальні карти, на яких нанесені криві, що з'єднують області неба з однаковими рівнями радіовипромінювання. На графіку рис.8.2 верхня пряма характеризує максимальну шумову температуру неба T_H , що відповідає орієнтації антени на екватор Галактики. Нижня пряма відповідає шумовій температурі значних областей, що складають приблизно 80-90% загальної області небозводу.

З рис.8.2 видно, що в сантиметровому діапазоні космічні шуми виявляються зневажливо малими, і основний внесок у шумову температуру антени в цьому діапазоні вносять шуми атмосфери.

Шумова температура атмосфери підвищується із зростанням частоти. Крім того, зростання шумової температури атмосфери обумовлено поглинанням випромінювання, тому зменшення кута місця антени θ приводить до збільшення області атмосфери, у якій розташована діаграма спрямованості антени, і, відповідно, до росту інтенсивності шумів (рис.8.3).

Для частотної залежності шумової температури атмосфери в сантиметровому і більш короткохвильових діапазонах характерно не монотонне зростання інтенсивності шумів, а наявність локальних мінімумів поблизу частот 3 ГГц, 10 ГГц, 38 ГГц, названих вікнами прозорості.

Земля являє собою джерело випромінювання із шумовою температурою порядку 250 К. Якщо Земля входить у головний промінь діаграми спрямованості антени (наприклад, для літака або космічного літального апарата), то шумова температура Землі цілком входить у вираз (8.7).

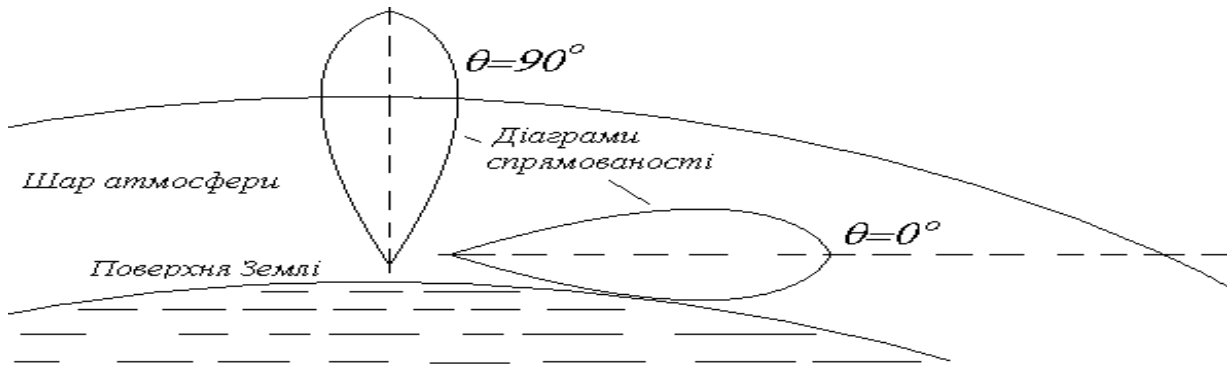


Рисунок 8.3 – Зміна температури антени при поглинанні радіохвиль в атмосфері при зміні кута місця антени

У випадку наземної антени Земля може попадати в бокову пелюстку діаграми направленості, і тоді її випромінювання входить у формулу (8.7) з деяким коефіцієнтом ослаблення n

$$T_{\Sigma} = T_H + T_A + nT_3. \quad (8.8)$$

Для гостроспрямованих антен величина коефіцієнта становить $n \leq 0,01$.

8.2.5 Вибірковість

Вибірковість – це здатність приймача виділяти корисний сигнал із сукупності корисного сигналу та іншого сигналу або перешкоди, відрізнити за певними ознаками корисний радіосигнал із спектру електромагнітних коливань в місці прийому, уникаючи прийому радіосигналів, що заважають.

Частотна вибірковість визначається здатністю радіоприймача виділяти корисний радіосигнал із сукупності прийнятих радіосигналів (перешкод), що надходять на його вхід з різними частотами несучих коливань, що діють на його вході, сигналів несучої частоти, що відповідає частоті настройки радіоприймача. Частотна вибірковість здійснюється шляхом налаштування вибіркового систем на частоту прийнятого радіосигналу. У гетеродинних приймачах частотна вибірковість вимірюється у децибелах (дБ) щодо сусіднього частотного або дзеркального каналу.

Часова вибірковість, як правило, застосовується при прийманні імпульсних сигналів. Сенс часової вибіркового полягає в запиранні одного з каскадів радіоприймача на час пауз між імпульсами сигналу. Реалізація частотної та часової вибіркового здійснюється основним елементом РПРМ – радіоприймачем.

Просторова вибірковість досягається за рахунок використання антени, що забезпечує прийом потрібних радіосигналів з одного напрямку і ослаблення радіосигналів з інших напрямків від сторонніх джерел.

Здійснюється, наприклад, за допомогою застосування кількох прийомних антен, рознесених у просторі відносно радіоприймача. Це забезпечує ви-

ділення більшої ЕРС корисного сигналу в одній з антен при багатопроменевому поширенні радіохвиль.

При розгляді вибіркової властивості РПРМ основну увагу будемо звертати на частотну вибіркковість. Таким чином, частотна вибіркковість заснована на розходженні частот сигналу й перешкод. Існують різні характеристики вибіркковості.

Односигнальна частотна вибіркковість (ОСВ) (вибіркковість по сусідньому каналу) визначає вибірккові властивості радіоприймача при впливі на його вхід колювання однієї частоти. Односигнальна вибіркковість оцінюється

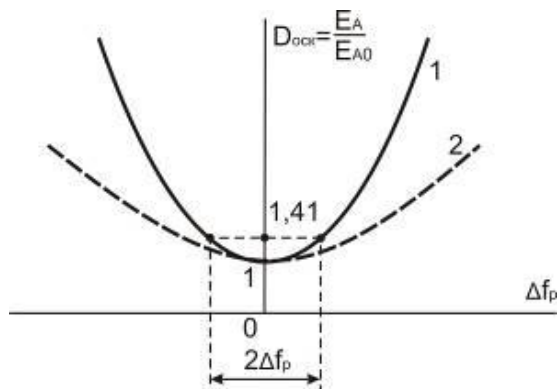


Рисунок 8.4 – Характеристика односигнальної вибіркковості радіоприймача

залежністю ЕРС в антені, необхідною для створення на виході приймача сигналу, що забезпечує нормальну роботу КП, від величини розстроювання Δf_p між частотою радіосигналу f_c й частотою настроювання радіоприймача f_0 ($\Delta f_p = f_c - f_0$). Для зручності оцінки вибіркковості, замість величини ЕРС часто використовують величину ослаблення сигналу D , обумовлену як відношення ЕРС в антені E_a при розстроювання до чутливості приймача E_{a0} (рис.8.4).

Ця залежність називається характеристикою вибіркковості радіоприймача і показує, у скільки разів необхідно збільшити напругу сигналу на вході радіоприймача при його розстроюванні, щоб сигнал на виході залишався постійним.

Для найпростішого вибіркового ланцюга послаблення радіосигналу оцінюється величиною

$$D = \sqrt{1 + \sigma^2}, \quad (8.9)$$

де $\sigma = \frac{1}{d_e} \left(\frac{f_0 \pm f_p}{f_0} - \frac{f_0}{f_0 \pm f} \right)$ – узагальнене розстроювання вибіркового ланцюга;

f_0 , d_e – резонансна частота й еквівалентне загасання вибіркового ланцюга.

Оскільки характеристика вибіркковості визначає ослаблення радіосигналів, несучі частоти яких відмінні від частоти настроювання радіоприймача, але відносно близькі (сусідні) до неї, то прийнято говорити, що вона визначає вибіркковість по сусідньому каналу.

Оскільки реальний радіосигнал займає певну смугу частот, то основна його частина повинна проходити через приймач без істотних спотворень.

Тобто надмірне звуження резонансної характеристики вибіркового ланцюга неприпустиме через небезпеку частотних спотворень радіосигналу.

Смуга перепускання – область частот, у межах якої коефіцієнт підсилення зменшується не більше заданого рівня. Зазвичай цей рівень складає 3 дБ.

Мінімальна ширина характеристики вибіркової, що обмежена ослабленням на рівні $D=1,41$ разів по напрузі, називається смугою перепускання радіоприймача.

Покращення вибіркової радіоприймача при заданій смузі перепускання $\Delta F_n = 2\Delta f_{1,41}$ можливе шляхом наближення характеристики вибіркової до прямокутної форми. Звідси часто вибіркові властивості характеризуються *коефіцієнтом прямокутності*:

$$K_n = \frac{2 f_{100}}{2 f_{1,41}} = \frac{\Delta F_3}{\Delta F_n}, \quad (8.10)$$

де ΔF_3 – смуга завад (ширина характеристики вибіркової на рівні $D=100$);

ΔF_n – смуга перепускання радіоприймача.

У загальному випадку форма резонансної характеристики з погляду вибіркової тим краща, чим ближча K_n до одиниці.

Багатосигнальна вибірковість (БСВ) визначає вибіркові властивості радіоприймача при впливі на його вхід кількох коливань з різними частотами.

Під БСВ розуміється здатність радіоприймача приймати корисний сигнал заданого рівня, що збігається по частоті із частотою настроювання приймача при впливі перешкоди, що перебуває поза смугою перепускання ΔF , і рівнем, достатнім для переведення радіоприймача в нелінійний режим роботи.

Багатосигнальна вибірковість оцінюється шириною смуги частот, за межами якої відношення рівнів $\frac{E_{An}}{E_{A0}}$ буде забезпечувати припустимі спотворення сигналу. Наприклад, на рис.8.5 представлені криві БСВ при впливі перешкод, що призводять до блокування радіоприймача.

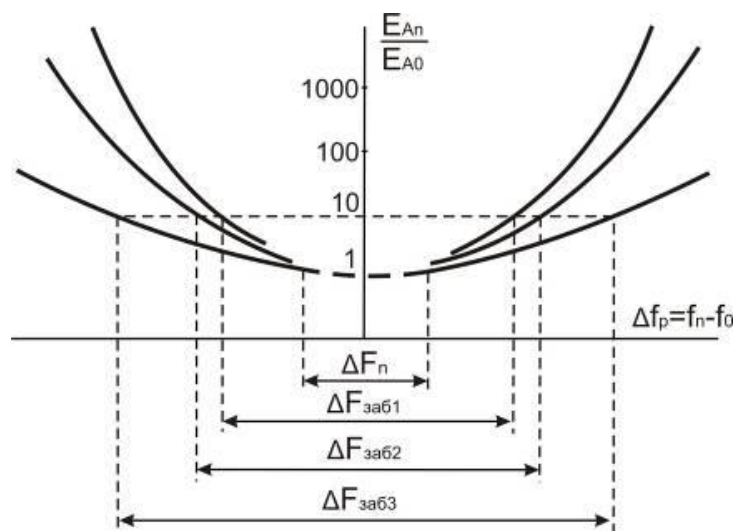


Рисунок 8.5 – Криві БСВ під впливом перешкод, що призводять до блокування радіоприймача

8.2.6 Динамічний діапазон радіоприймача

Динамічний діапазон радіоприймача представляє інтервал рівнів сигналу на вході радіоприймача, у межах якого забезпечується обробка сигналу із припустимими спотвореннями.

Кількісно динамічний діапазон визначається як відношення максимального рівня вхідного сигналу у смузі перепускання до граничної чутливості радіоприймача

$$D_n = 20 \lg \frac{E_{Aл \max}}{E_{A0}}. \quad (8.11)$$

Вимірюється за спеціальними методиками, типові значення 80-100 дБ.

8.2.7 Частотна точність радіоприймача

Частотна точність радіоприймача визначається відносною $\frac{\Delta f}{f_0}$ або абсолютною $\Delta f = f_c - f_0$ погрешністю між значеннями частоти радіосигналу й частотою настроювання радіоприймача.

Дана характеристика обумовлює виконання однієї з основних вимог, що висуваються до сучасних радіозасобів – забезпечення зв'язку без пошуку й підстроювання.

Частотна точність залежить від низки факторів:

- точності шкальних пристроїв;
- стабільності гетеродинів;
- точності настроювання резонансних систем;
- старіння елементів, що визначають частоту настроювання вибіркового ланцюгів.

8.2.8 Якість відтворення радіоприймача

Якість відтворення радіоприймача визначається ступенем спотворення прийнятих сигналів. Розрізняють нелінійні, амплітудно-частотні й фазо-частотні спотворення сигналів.

Нелінійні спотворення викликаються нелінійністю амплітудних характеристик елементів радіоприймача. Їх дія полягає у появі вищих гармонік модулюючого сигналу на виході радіоприймача.

Кількісно нелінійні спотворення оцінюються *коефіцієнтом гармонік*

$$K_\varepsilon = \frac{\sqrt{U_{m2\Omega}^2 + U_{m3\Omega}^2 \dots U_{mn\Omega}^2}}{U_{m\Omega}}, \quad (8.12)$$

де $U_{m\Omega}, U_{m2\Omega}, U_{m3\Omega}$ – амплітуди гармонік модулюючої напруги у вихідному сигналі РПРМ.

Типові значення нелінійних спотворень по звуковій частоті 3-5%.

Перешкодостійкістю радіоприймача називається його здатність протидіяти радіозаваді – сигналу, що заважає. Кількісно завадостійкість оцінюється тим максимальним значенням рівня перешкоди в антені, при якому ще забезпечується прийом радіосигналів.

Стабільність частоти настроювання приймача вимірюється у відсотках аналогічно стабільності частоти передавача.

Вихідна потужність по звуковій частоті вимірюється у Вт, зазвичай 0,25-5Вт.

8.3 Структурні схеми радіоприймальних пристроїв

На практиці поширені детекторні та супергетеродинні схеми приймачів.

8.3.1 Радіоприймач прямого підсилення (детекторний)

Одним з варіантів радіоприймача прямого підсилення є детекторний приймач. Детекторні приймачі використовують для демодуляції сигналів з амплітудною модуляцією (АМ). Структурна схема найпростішого радіоприймача, показана на рис.8.6.

Особливістю радіоприймачів прямого підсилення є виконання функції вибіркової, підсилення й детектування безпосередньо на частоті радіосигналу, без попереднього перетворення останнього. У детекторному приймачі відсутні елементи підсилення проміжних частот.

Антену приймає з певного напрямку і перетворює електромагнітну хвилю в електричний сигнал – коливання струму радіочастоти f_c .

Вхідний пристрій (ВП) слугує для попередньої частотної вибіркової радіосигналу. Він може складатися з одного або кількох зв'язаних контурів. Перебудова ВП зв'язкових РПРМ здійснюється, як правило, за допомогою конденсаторів змінної ємності (варикапів).



Рисунок 8.6 – Структурна схема простішого детекторного радіоприймача

Підсилювач радіочастоти (ПРЧ) призначено для покращення вибіркової й підсилення радіосигналу до рівня при якому можливо якісне детектування. ПРЧ підсилює ВЧ сигнал і відфільтровує його зі суміші з сигналами, що заважають (перешкодами). Перестроювання підсилювача радіочастоти здійснюється подібно перестроюванню ВП і, як правило, об'єднане з ним.

Детектор (інша назва – *демодулятор*) – демодулює (детектує) сигнал, тобто виділяє огинаючу сигналу несучої частоти; забезпечує перетворення модульованого радіосигналу в низькочастотний (НЧ) сигнал, що змінюється за законом модулюючого сигналу – переносить його на низьку частоту.

Як простіший детектор використовується високочастотний діод.

Підсилювач звукової частоти (ПЗЧ) призначений для підсилення низькочастотного (звукового) сигналу до величини, що забезпечує нормальну роботу кінцевого пристрою (КП). Підсилювачі звукової частоти радіоприймачів можуть виконувати також функції низькочастотної вибірконості. Далі низькочастотний сигнал подається, наприклад, на гучномовець, де перетворюється у звуковий (акустичний) сигнал повідомлення, що приймається.

Допоміжні пристрої – джерело живлення та пристрій керування.

Перевагою радіоприймача прямого підсилення є простота будови і, відповідно, – дешевина, висока частотна точність.

До основних недоліків відносяться низька чутливість і вибірковість, така схема слабо захищена від перешкод. Погані вибіркові властивості радіоприймача викликані складністю одержання необхідних коефіцієнтів прямокутності вибіркових ланцюгів ВП й ПРЧ. Високі значення $\frac{P_c}{P_{ш}}$ на виході радіоприймача не забезпечуються. Це визначає низьку вибірковість по сусідньому каналу, а також низьку реальну чутливість радіоприймача.

Істотним недоліком радіоприймача прямого підсилення є також значні зміни чутливості й вибірконості при перестроюванні у широкому діапазоні частот (нерівномірність підсилення й вибірконості).

8.3.2 Радіоприймач супергетеродинного типу

В процесі вдосконалення радіоприймача прямого підсилення була розроблена структурна схема, що забезпечує основну обробку радіосигналу на зниженій частоті. Структурна схема такого радіоприймача відрізняється від радіоприймача прямого підсилення наявністю додаткових елементів – перетворювача частоти у проміжну й підсилювача проміжної частоти (рис.8.7).

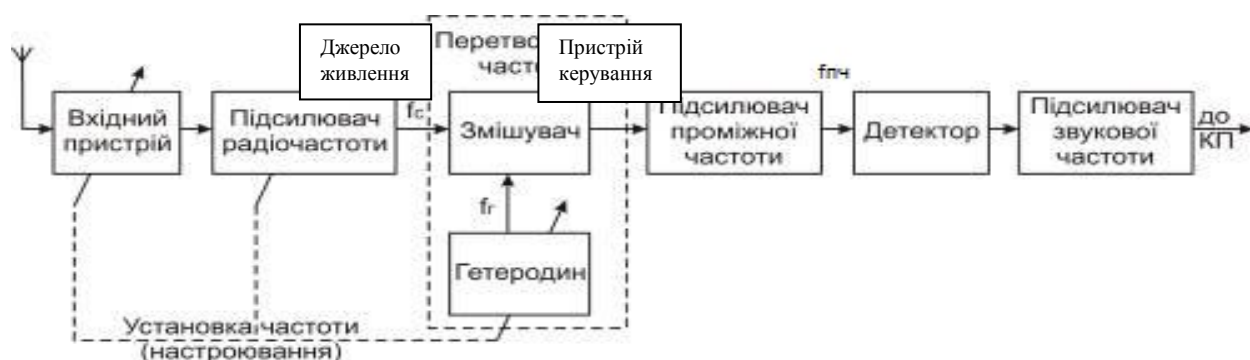


Рисунок 8.7– Структурна схема радіоприймача супергетеродинного типу

Перетворювач частоти слугує для перетворення частоти радіосигналу f_c в іншу, як правило, більш низьку проміжну частоту $f_{пч}$. Перетворювач містить два нові елементи – гетеродин (малопотужний генератор) і змішувач. *Змішувач* переносить сигнал з високої (ВЧ) на більш низьку частоту – проміжну частоту (ПЧ1), на якій легше здійснити частотну селекцію сигналу (обмежити смугу прийому).

Підсилювач проміжної частоти (ППЧ) слугує для підсилення сигналу проміжної частоти до величини, що забезпечує нормальну роботу детектора.

Інші елементи працюють аналогічно розглянутим вище по схемі детекторного приймача.

Гетеродин є генератором, що виробляє гармонійні коливання радіочастоти f_r , які відрізняються від частоти сигналу f_c на величину проміжної частоти $f_{пч}$. При цьому частота коливань гетеродина може бути або вищою, або нижчою частоти сигналу. Проміжна частота при цьому формується змішувачем за правилами відповідно:

$$a) f_{пч} = f_r - f_c; \quad б) f_{пч} = f_c - f_r. \quad (8.13)$$

Умови (8.13,а,б)) відповідно визначають або верхнє або нижнє настроювання радіоприймача.

Змішувач є нелінійним елементом, що перетворює вхідні сигнали. При впливі на його вхід коливань з радіочастотами f_c та f_r в активному елементі проходить складний струм, що має у своєму складі відповідні частоти гетеродина, сигналу, сумарних і різницевих частот сигналу й гетеродина, а також їхніх гармонік

$$nf_c \pm mf_r, \quad (8.14)$$

де n, m – цілі числа, включаючи нуль.

Виділення сигналу різницевої проміжної частоти $f_{пч}$ здійснює фільтр, який розміщено на виході змішувача.

У тракці підсилення проміжної частоти здійснюється основна обробка сигналу – підсилення й вибірковість. Попередня ж обробка радіосигналу здійснюється на частоті радіосигналу в елементах ВП та ПРЧ.

Синхронне перестроювання елементів радіоприймача ВП, ПРЧ і гетеродина дозволяє забезпечити сталість значень $f_{пч}$. При виконанні цієї умови значення проміжної частоти $f_{пч}$ не залежить від частоти настроювання радіоприймача. Завдяки цьому як навантаження ПЧ і ППЧ можуть використовуватися складні вибіркові ланцюги, які не перестроюються, з коефіцієнтом прямокутності K_n що наближається до одиниці.

Цим забезпечується висока вибірковість по сусідньому каналу і більші значення відношення $P_c/P_{ш}$ на виході радіоприймача. Підвищення стійкості підсилення на проміжній частоті $f_{пч}$ дозволяє застосовувати багатокаскадні схеми ППЧ і, таким чином, забезпечувати високу реальну чутливість радіо-

приймача. Сталість значення $f_{пч}$ забезпечує одержання високих показників по рівномірності підсилення й вибірконості РПРМ у широкому діапазоні частот.

Основні етапи обробки сигналів пояснює функціональна схема радіоприймача супергетеродинного типу рис.8.8.

На відміну від радіоприймачів прямого підсилення у цьому РПРМ функції вибірконості й підсилення виконуються у два етапи. На першому етапі реалізується попереднє підсилення й вибірковість. Ця функція виконується елементами ВП, ПРЧ1, ПРЧ2. Для забезпечення високої стійкості підсилення радіоприймачі містять, як правило, не більше двох каскадів підсилювачів радіочастоти.



Рисунок 8.8 – Функціональні складові радіоприймача супергетеродинного типу

Елементи радіоприймача ВП, ПРЧ1, ПРЧ2, що здійснюють попередню обробку сигналу радіочастоти, складають тракт радіочастоти – ТРЧ (преселектор).

Другий етап вибірконості й підсилення здійснюється у тракті проміжної частоти (ТПЧ) за допомогою багатокаскадних підсилювачів проміжної частоти (ППЧ). Функція перетворення частоти, яка виконується за допомогою змішувача й гетеродина, є допоміжною і забезпечує досягнення основних технічних характеристик.

Для поліпшення характеристик чутливості й вибірконості до складу радіоприймачів можуть входити кілька трактів перетворення частоти. У цьому випадку проміжні частоти розрізняються порядковим номером $f_{пч1}$, $f_{пч2}$ тощо.

Сукупність тракту радіочастоти й трактів проміжних частот часто називають загальним трактом прийому (ЗТП). Назва ЗТП визначається тим, що в ньому обробляються всі види сигналів, на прийом яких розрахований даний радіоприймач. Основною функцією ЗТП є частотний перенос прийнятого сигналу без порушення його структури з області радіочастот в область частот основного підсилювача й основної вибірконості, у якій його обробка (перетворення в первинний електричний сигнал) виявляється найбільш ефективною.

Тракт звукової частоти (ТЗЧ) включає детектор і підсилювач звукової частоти (ПЗЧ). Залежно від властивості радіоприймача приймати сигнали різ-

них класів ТЗЧ може містити кілька різних детекторів. Це обумовило використання терміна "приватні тракти прийому видів сигналів". Тут же здійснюється й виділення сигналів по низькій частоті.

Введення функції перетворення частоти поряд з позитивними якостями спричиняє також принципові недоліки радіоприймачів супергетеродинного типу, що розглядаються нижче.

8.4 Побічні канали прийому супергетеродинного приймача

Головним недоліком супергетеродинного приймача є наявність додаткових (побічних) каналів прийому. Так, якщо на вхід перетворювача частоти проникнуть коливання перешкод із частотою $f_c = f_{пч}$, то далі вони будуть підсилені нарівні з корисним сигналом. Така перешкода називається перешкодою по проміжній частоті $f_{п} = f_{пч}$.

Іншим побічним каналом прийому є перешкода по дзеркальному каналу (дзеркальна перешкода). Поява дзеркальної перешкоди визначається наявністю нелінійного елемента (змішувача), на вхід якого подаються коливання сигналу f_c й гетеродина f_r . Умова (8.13) дозволяє забезпечити вибір різницевої проміжної частоти, наприклад $f_{пч} = f_r - f_c$. Якщо на вхід перетворювача частоти проникає сигнал перешкоди із частотою $f_{п} = f_r + f_{пч}$, то на виході перетворювача також з'явиться і буде виділено фільтром коливання проміжної частоти:

$$f_{пч} = f_{п} - f_r = f_r + f_{пч} - f_r. \quad (8.15)$$

Вираз (8.15) дозволяє визначити місце розташування такої перешкоди відносно частоти сигналу

$$f_{п} = f_r + f_{пч} = f_{пч} + f_c + f_{пч} = f_c + 2f_{пч}. \quad (8.16)$$

Таким чином, частота перешкоди $f_{п}$ (f_3) відрізняється від частоти сигналу f_c на подвоєну проміжну частоту, симетрично (дзеркально) розташовану відносно частоти гетеродина (рис.8.9). Це й визначило назву дзеркальної перешкоди

$$f_{дз} = f_c + 2f_{пч}. \quad (8.17)$$

Істотним недоліком радіоприймачів супергетеродинного типу є також більш низька стабільність проміжної частоти $f_{пч}$. Це визначається наявністю гетеродина. Через абсолютний відхід частоти гетеродина Δf_r значення проміжної частоти радіоприймача може бути вище або нижче свого номінального значення

$$f_{пч} = f_r \pm \Delta f_r - f_c. \quad (8.18)$$

Для забезпечення низького абсолютного або відносного відходу частоти гетеродина застосовуються спеціальні заходи стабілізації.

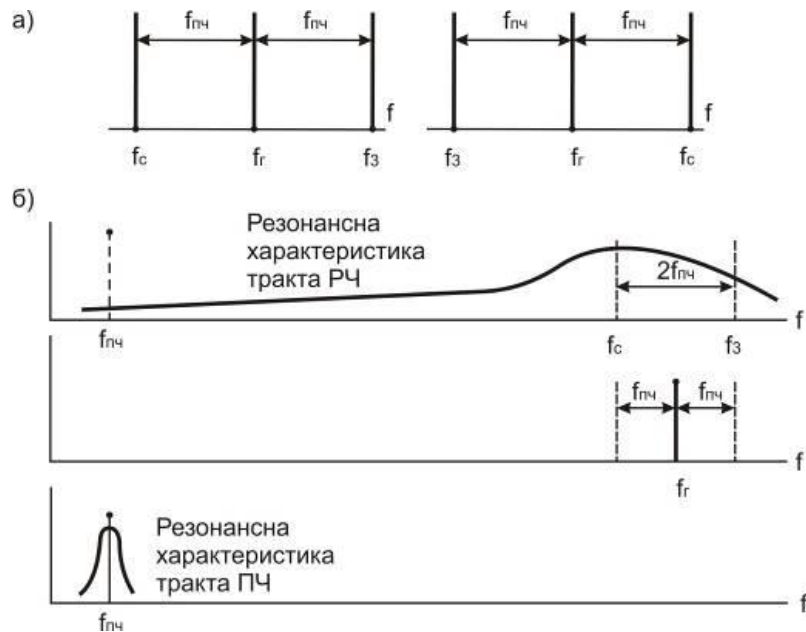


Рисунок 8.9 – Формування дзеркальної перешкоди у приймачі супергетеродинного типу

Введення додаткових функцій перетворення й підсилення сигналу, застосування спеціальних заходів стабілізації частоти обумовило істотне збільшення складності побудови та вартості радіоприймачів супергетеродинного типу у порівнянні з радіоприймачами прямого підсилення.

8.5 Електромагнітна сумісність радіоелектронних засобів

8.5.1 Загальна постановка проблеми ЕМС РЕЗ

Система радіозв'язку гарнізону ДСНС України містить радіомережі і радіонапрямки, що утворюються з урахуванням типів радіостанцій пунктів управління, відстаней між ними, умов проходження радіосигналів, а також наявних перешкод радіоприйому.

При плануванні мереж і напрямків радіозв'язку в гарнізоні ДСНС України, тобто в обмеженому територіальному районі, основне завдання полягає в тому, щоб оптимально розмістити стаціонарні радіостанції і розподілити робочі частоти між ними. Це необхідно для виключення або зведення до мінімуму ненавмисних електромагнітних завад, головною причиною виникнення яких є одночасний вплив на вхід радіоприймального пристрою кількох радіосигналів, що перевищують припустимий для нормальної роботи рівень сигналу.

Сигналами, що заважають, (перешкодами) є всі сигнали, що поступають на вхід радіоприймального пристрою, у тому числі і шуми, крім корисного сигналу, тобто сигналу, що містить необхідну інформацію.

Впливом перешкод можна зневажити, якщо відношення сигнал/перешкода (сигнал/шум) у точці прийому для заданого проміжку часу буде більше за деяку визначену величину. Під цим відношенням розуміємо мінімальне відношення сигнал/перешкода на вході приймального пристрою,

при якому радіоелектронний засіб функціонує, забезпечуючи необхідну якість зв'язку.

Здатність радіоелектронних засобів (РЕЗ) спільно й одночасно функціонувати з необхідною якістю при впливі ненавмисних електромагнітних перешкод (НЕМП) і не створювати при цьому неприпустимих перешкод іншим радіоелектронним засобам називається електромагнітною сумісністю (ЕМС) РЕЗ. Навпаки, якщо якийсь РЕЗ потерпає від впливу перешкод, якість його функціонування не є задовільною, має місце порушення стану ЕМС РЕЗ.

8.5.2 Причини загострення проблеми ЕМС РЕЗ.

Ця проблема особливо гострою стає останнім часом. Причин виникнення проблеми декілька.

По-перше, щороку збільшується кількість радіоелектронних засобів у збройних силах, поліції, ДСНС України, промисловості України і т.д. Відомо, що в останні роки кількість РЕЗ збільшується у світі кожні п'ять років приблизно у два рази. Наслідком цього є той факт, що на вхід будь-якого радіоприймального пристрою на сьогодні впливає біля 1000 різноманітних радіосигналів різного рівня і виду. Ці сигнали створюють як припустимі, так і неприпустимі рівні перешкод, що призводить до зростання ненавмисних електромагнітних перешкод.

По-друге, різноманітні РЕЗ включають до складу автоматизованих систем управління, наприклад, в автоматизовану систему зв'язку й оперативного управління підрозділами ДСНС України. ЕОМ, що входять до їхнього складу, при роботі випромінюють електромагнітні коливання, створюючи тим самим перешкоди РЕЗ.

По-третє, в останні роки значно підвищилися вимоги до забезпечення заданих тактико-технічних характеристик РЕЗ і, у першу чергу, до дальності їх дії. Це нерідко призводить до збільшення потужності радіопередавачів, а значить і до збільшення побічних випромінювань, випромінювань на гармоніках і субгармоніках, створення і застосування складних радіосигналів, що діє збільшення ширини спектра сигналу, створює ненавмисні перешкоди.

По-четверте, в наслідок підвищення чутливості радіоприймальних пристроїв (що дозволяє збільшувати дальність прийому) значення відношення сигнал/перешкода на вході приймача зменшується, тобто з'являється можливість приймати більш велику кількість перешкод.

По-п'яте, випромінювання електромагнітної енергії передавачем і прийом її приймачем відбувається не тільки головною пелюсткою діаграми направленості антен РЕЗ, але і боковими пелюстками. Це суттєво важливо для антен, що мають кругову діаграму направленості, наприклад, для напівхвильових і чвертьхвильових вібраторів, застосовуваних у пересувних радіостанціях.

8.5.3 Властивості випромінювань передавачів у широкій смузі частот

В умовах прогресуючого росту кількості одночасно працюючих радіоелектронних засобів різного призначення цілком природною є потреба боротьби з неосновними випромінюваннями передавачів, зокрема, шляхом нормування рівня цих випромінювань.

Всі неосновні випромінювання передавачів умовно поділяються на *побічні* та *позасмугові* (рис.8.10).

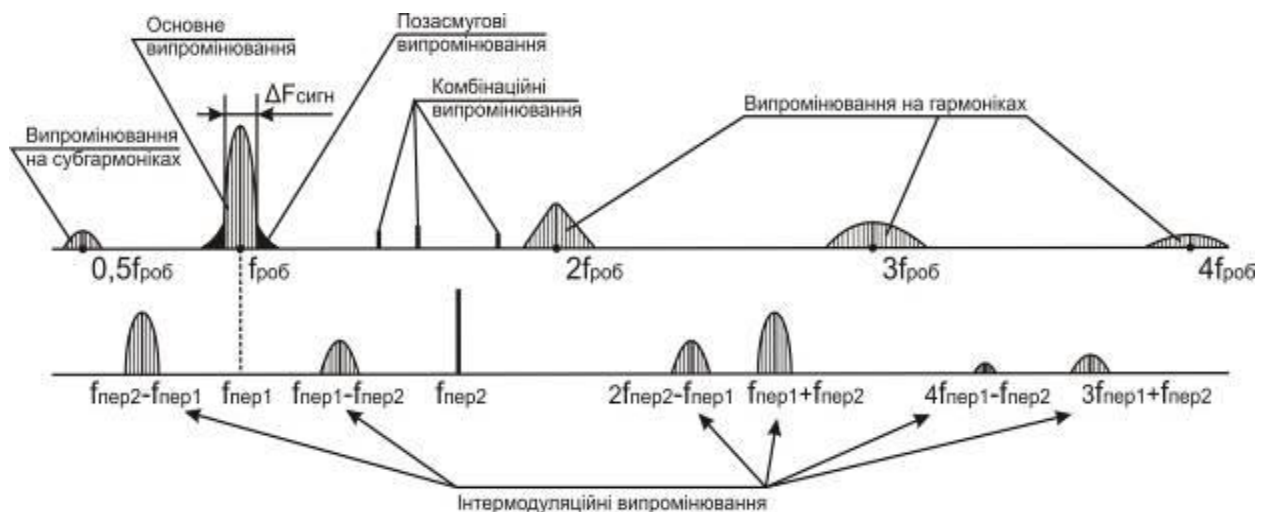


Рисунок 8.10 – Побічні та позасмугові випромінювання передавачів

Позасмугові випромінювання передавача – це клас неосновних випромінювань в смугах частот, які межують з необхідною смугою випромінювання, і з'являється в процесі модуляції шумами або первинним сигналом.

Побічні випромінювання обумовлені нелінійними процесами, що утворюються при протіканні височастотних струмів через нелінійні елементи електричної схеми передавача. Як правило їх поява не пов'язана з процесом модуляції.

В силу специфіки появи побічних випромінювань вони поділяються на:

- *випромінювання на гармоніках* (частотах, кратних частотам основного випромінювання);
- *випромінювання на субгармоніках* (частотах, значення яких в ціле число разів менше частоти основного випромінювання), характерних для передавачів, в яких частоти основного випромінювання отримані шляхом множення більш низьких частот;
- *комбінаційні випромінювання*, характерні для передавачів з так званою діапазонно-кварцовою стабілізацією частоти збудження;
- *паразитні випромінювання*, причина появи яких пов'язана з виконанням умов самозбудження на будь-якій частоті (випадковій частоті) і не пов'язані з утворенням основного випромінювання;

– *інтермодуляційні випромінювання* з’являються у тих випадках, коли вихідні коливання одного передавача потрапляють (у випадку наявності функціонального або конструктивного зв’язку між одночасно працюючими передавачами) у вихідний каскад іншого; при цьому на нелінійних елементах вихідних каскадів утворюються коливання з частотами, які відрізняються від частот основного випромінювання працюючих передавачів.

Перехресна модуляція – взаємна модуляція двох або більшої кількості коливань внаслідок їх взаємодії у нелінійних пристроях або при поширенні в просторі з нелінійними властивостями.

Блокування (забиття) радіоприймача – це зменшення рівня сигналу на виході приймача при дії на його вході радіоперешкоди, частота якої лежить поза смуги частот основного і побічних каналів прийому.

8.5.4 Чинники, що визначають електромагнітну обстановку

Для прогнозування можливих рівнів перешкод при організації радіозв’язку в гарнізоні ДСНС України необхідно враховувати чинники, що визначають електромагнітну обстановку (ЕМО), у якій функціонують радіозасоби підрозділів ДСНС України:

- діапазон робочих частот РЕЗ;
- потужність основного і бокових каналів випромінювань передавача;
- чутливість приймача на робочій частоті при заданому відношенні сигнал/шум;
- вибірковість приймача по сусідньому каналу прийому;
- діаграму направленості і коефіцієнт направленої дії антени у робочому діапазоні частот.

Крім цих чинників, на ЕМО серйозно впливають джерела перешкод, що не є засобами радіозв’язку. Електромагнітна обстановка залежить також від просторового, частотного і часового рознесення радіозасобів.

Розглянемо чинники, від яких залежить ЕМО гарнізону ДСНС України міста з розвинутою промисловістю і транспортом.

1. На якість зв’язку впливають практично усі види транспорту: залізничний, автомобільний, міський електротранспорт, лінії електропередач тощо.

2. Незалежно від того, що радіостанції різноманітних міністерств і відомств (як то Міністерства оборони, СБУ, поліції, державтоінспекції, швидкої допомоги, зв’язку й ін.), телевізійних компаній, таксі працюють на різних частотах, не зв’язані жорстко розташуванням на місцевості і часом радіозв’язку, вони через недосконалість апаратури створюють одна одній ненавмисні електромагнітні перешкоди.

3. Великі перешкоди радіозасобам створюють електрозварювальні апарати й електродвигуни, що випромінюють індустриальні перешкоди у дуже широкому діапазоні частот.

4. У діапазоні коротких і ультракоротких хвиль істотний вплив на ЕМО роблять атмосферні перешкоди (електричні розряди), що мають широкий спектр частот.

Якщо в одному районі працюють декілька радіостанцій, на вхід приймача може впливати, крім корисного, декілька сигналів, що заважають. Якщо рівні цих сигналів достатньо великі, то, за рахунок нелінійності вхідних характеристик електронних приладів, можуть виникнути гармоніки цих сигналів. Взаємодія гармонік різних частот призводить до появи комбінаційних частот, що одержали назву *інтермодуляційних перешкод РЕЗ*. Найбільш небезпечними є комбінаційні частоти $2f_1 - f_2$ і $2f_2 - f_1$, які співпадають зі смугою перепускання приймача.

Для зменшення можливості виникнення заважаючих сигналів розробляється комплекс технічних і організаційних заходів.

8.5.5 Технічні заходи забезпечення ЕМС.

До технічних заходів забезпечення ЕМС відносяться ті, що здійснюються на етапі проектування і виробництва РЕЗ, як то вживання:

- екранування вузлів, каскадів, а також окремих елементів апаратури, наприклад, котушок індуктивності;
- використання помножувачів частоти з малими коефіцієнтами множення;
- зменшення потужності вихідних каскадів передавачів, що забезпечують необхідну дальність дії з запасом у 1,2...1,5 рази;
- гостронаправлених антен з великим коефіцієнтом направленої дії;
- радіоприймальних пристроїв, що забезпечують високу вибірковість по дзеркальному і сусідньому каналам;
- загороджувальних фільтрів в ланцюгах електроживлення РЕЗ тощо.

Починаючи з 1962 р., рівень побічних випромінювань передавачів нормується. Норми на послаблення побічних коливань на виході передавачів цивільних виробів наведено на рис.8.11.

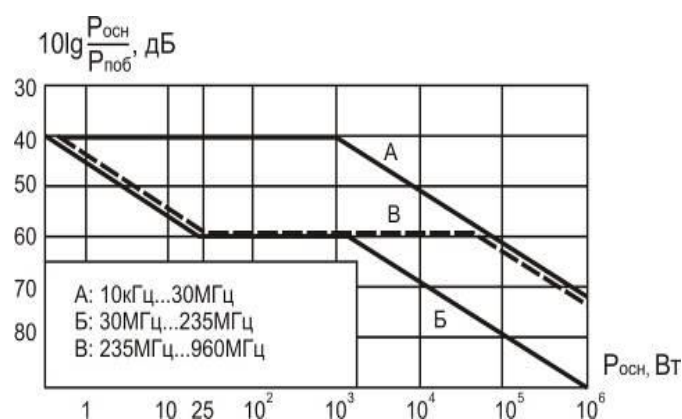


Рисунок 8.11 – Норми побічних випромінювань для цивільних передавачів

етапі експлуатації РЕЗ:

Для передавачів, що використовуються підрозділами ОРС ЦЗ, вимоги по подавленню побічних випромінювань значно жорсткіші ніж наведені на рис.8.11.

Дотримання норм на рівні побічних випромінювань передавальних пристроїв контролюється державними органами.

8.5.6 Організаційні заходи забезпечення ЕМС

До організаційних заходів забезпечення ЕМС відносяться заходи, які застосовуються на

– скорочення часу роботи передавачів, рознесення часових інтервалів роботи РЕЗ;

– зниження потужності випромінювань;

– точне дотримання виділених робочих частот;

– раціональне розміщення РЕЗ на місцевості і т.д.

Припустимий рівень перешкоди на вході приймача сигналу з точністю, достатньою для практичних розрахунків, може бути обчислений за допомогою такої емпіричної формули:

$$U_{\text{прип.}} = 63 + U + \sqrt{|f - f_M|^\kappa}, \text{ дБ}, \quad (8.19)$$

де $\kappa = 1 \text{ дБ}^2/\text{кГц}$ – коефіцієнт узгодження розмірності;

U – найменша величина корисного сигналу на вході приймача, дБ;

$f - f_M$ – частотний рознос між робочим і заважаючим каналами, кГц, яка є справедливою для всіх каналів прийому у смузі частот:

$$50 \text{ кГц} \leq |f - f_M| \leq 2,5 \text{ МГц}. \quad (8.20)$$

Співвідношення (8.20) дозволяє кількісно визначити захищеність приймача радіостанції. Користуючись цією формулою, можна оцінити ЕМО і визначити оптимальні частотні і просторові рознесення радіостанцій.

Список використаних джерел

1. Бурлай 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 ДСНС України, 2007 – 224 с.

2. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони. Наказ № 755 від 19.07.2001 р.

3. Чудинов В.Н., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники: Учеб. Пособие для пожарно-технических училищ. – М.: Радио и зв'язок, 1986. – 272 с.: ил.

4. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Призначення та класифікація радіоприймальних пристроїв.

2. Основні вимоги до приймача.

3. Основні технічні характеристики радіоприймачів.

4. Що входить до узагальненої структурної схеми радіоприймача прямого підсилення?

5. . Що входить до узагальненої структурної схеми супергетеродинного радіоприймача?

6. .Механізм виникнення та параметри побічних каналів прийому супергетеродинного приймача.

7. .В чому полягає проблема електромагнітної сумісності радіоелектронних засобів? Як вона вирішується?

РОЗДІЛ 9

ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ АПАРАТУРИ ЗВ'ЯЗКУ

Функціонування сучасних засобів зв'язку забезпечується застосуванням джерел живлення, які є постачальниками енергії. Завдяки перетворенню енергії живлення цих джерел формуються різні сигнали, забезпечується їх випромінювання, приймання, формування, підсилення, відображення, реєстрація тощо. Всі ці функції є неможливими, якщо не забезпечується своєчасне відповідне енергозабезпечення радіоелектронних пристроїв.

Саме тому цей розділ присвячений принципам використання, побудови і формування вимог до джерел живлення.

9.1 Загальні відомості про джерела живлення

Джерела живлення призначені для забезпечення нормальної роботи засобів зв'язку, забезпечуючи їх електроенергією із заданими параметрами (напруга, сила струму, потужність).

Джерела живлення підрозділяються на первинні та вторинні.

Первинні джерела живлення (ПДЖ) здійснюють безпосереднє перетворення неелектричних видів енергії в електричну. До первинних джерел живлення відносяться:

- хімічні (гальванічні) елементи електричного струму,
- механічні – генератори змінного і постійного струму,
- теплові – термогенератори,
- світлові – сонячні батареї тощо.

Застосування тих чи інших первинних джерел визначається призначенням і умовами експлуатації засобів зв'язку. В стаціонарних умовах засоби зв'язку живляться від мереж змінного струму а в мобільних – застосовують автономні джерела живлення (акумулятори, гальванічні елементи, сонячні батареї).

Вторинні джерела живлення використовують (перетворюють) енергію первинних джерел для забезпечення засобів зв'язку електроенергією із заданими параметрами. Це, перш за все акумулятори і випрямлячі.

До вторинних джерел відноситься більшість джерел живлення, застосовуваних на практиці.

Звичайно до джерела живлення висувають вимоги щодо забезпечення:

- заданого струму у встановлених межах зміни напруги;
- заданого часу роботи в указаному режимі;
- мінімальної маси і габаритів,
- працездатності при заданих змінах температури і вологості.

Основні характеристики та параметри джерел живлення, які визначають їхні технічні та експлуатаційні властивості:

1. *Електрорушійна сила (ЕРС) E* – різниця потенціалів між виводами електродів джерела живлення при розімкнутому зовнішньому ланцюгу. Визначається у вольтах;

2. *Напруга* U – різниця потенціалів між виводами електродів джерела живлення при підключеному зовнішньому навантаженні. Напруга джерела живлення менш ніж E , тому що при протіканні розрядного струму частина енергії витрачається на подолання внутрішнього опору джерела

$$U = E - I \cdot R_{\text{вн}}. \quad (9.1)$$

Внутрішній опір по мірі розряду збільшується, а напруга на електродах зменшується;

3. *Внутрішній опір* $R_{\text{вн}}$ – опір протікання електричному струму (як у будь-якого проводника току).

4. *Споживана потужність* – середня потужність розряду, яка споживається навантаженням протягом розряду:

$$P_P = I_P \cdot U_{P.CP}. \quad (9.2)$$

Вимірюється у Вт.

5. *Ємність* Q – кількість електричного заряду, яку здатний віддати акумулятор або хімічні (гальванічні) елементи живлення при їх розряді нормальним струмом I_P до визначеної припустимої напруги кінця розряду $U_{P.K.}$,

$$Q = I_P \cdot t_P, \quad (9.3)$$

де t_P – час розряду.

Вимірюється у А·год.

6. *Енергія* W_P – електрична енергія, яка відбирається від джерела при середньому значенні напруги розряду $U_{P.CP}$ за час розряду t_P :

$$W_P = P_P \cdot t_P = I_P \cdot U_{P.CP} \cdot t_P = Q \cdot U_{P.CP}. \quad (9.4)$$

Вимірюється у Вт·год.

У хімічному джерелі живлення внутрішній опір, ємність і енергія залежать від кількості (маси) та розмірів активних матеріалів. Чим їх більше, тим більше ємність і тим менший внутрішній опір джерела струму.

За режимом експлуатації хімічні джерела живлення діляться на одноразові та багаторазового використання. До першої групи відносяться гальванічні елементи, а до другої – акумулятори.

Термін служби гальванічних елементів визначається часом витрати його енергії, а для акумуляторів – кількістю зарядно-розрядних циклів.

9.2 Первинні хімічні джерела струму (гальванічні елементи)

Первинним хімічним джерелом живлення є гальванічний елемент (винайдено італійським лікарем, фізіологом і фізиком Луїджі Гальвані (1737-1798 рр.)).

Гальванічні елементи відносяться до малопотужних джерел струму. В них електрична енергія створюється за рахунок хімічної енергії, яка запасасться у речовинах, які складають гальванічний елемент. До складу найпростішого гальванічного елементу входять два електроди, які розміщують в електроліті на деякій відстані один від одного. В якості електроліту застосовують розчин луги, кислоти або солі.

Розглянемо принцип дії мідно-цинкового елемента, який складається з банки 1, заповненою електролітом 2 – слабким розчином сірчаної кислоти (H_2SO_4) і електродів – мідної 3 і цинкової 4 пластинки (рис.9.1).

Під дією сірчаної кислоти електроди розчинюються, при цьому молекули цинку переходять в електроліт у вигляді двох позитивних іонів і залишають на цинковій пластинці по два електрона. В результаті розчин електроліту заряджається позитивно, а цинкова пластинка негативно.

Мідний електрод розчинюється значно слабкіше, тому його негативний потенціал у порівнянні з потенціалом цинкового електрода досить малий. В результаті цього між електродами виникає різниця потенціалів, яка дорівнює електро-рушійній силі гальванічного елемента. Якщо між електродами підключити навантаження R_H , то крізь нього потече струм, який створюється вільними електронами. Внутрі елемента також проходить струм, рівний струму у зовнішньому ланцюгу, але створений рухом іонів.

У наш час найбільше розповсюдження знайшли первинні хімічні джерела живлення марганцево-кислої системи (рис.9.2). Елемент такої системи складається з графітового стрижня з мідним ковпачком 1, який поміщений у деполяризатор 2 – суміш графіту з двоокисом марганцю (призначено для нейтралізації пузирів водню поблизу поверхні графітового електроду), цинкового стаканчика 3 і пастоподібного електроліту 4 – розчину нашатирю, змішаного з крохмалем.

Позитивним електродом є графітовий стрижень, а негативним – цинковий стаканчик. Напруга, яка створюється одним елементом, складає у середньому 1,5 В.

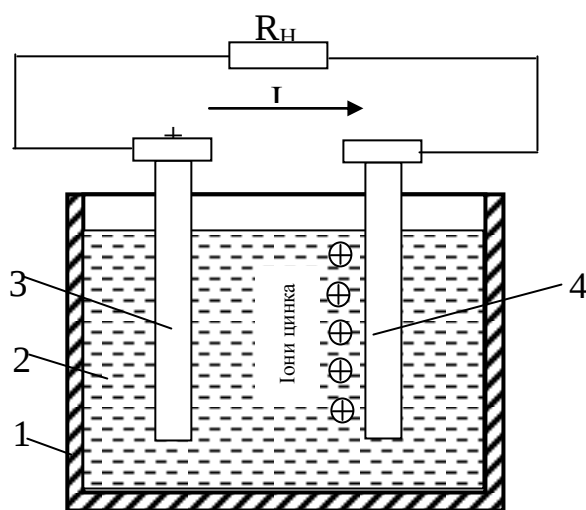


Рисунок 9.1 – Принцип дії мідно-цинкового гальванічного елемента

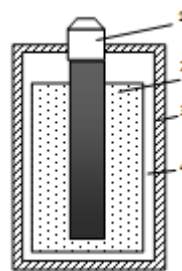


Рисунок 9.2 – Конструкція гальванічного елемента марганцево-кислої системи

9.3 Вторинні хімічні джерела струму (аккумулятори)

Акумулятори відносяться до вторинних хімічних джерел струму, які призначені для багатократного використання. В акумуляторах електрична енергія попередньо запасасться зворотнім пропусканням електроструму, перетворюючись у хімічну, а потім, по мірі необхідності, у наслідок хімічної реакції знову переходить в електричну енергію.

За складом електроліту й активної маси електродів акумулятори в загальному випадку діляться на кислотні та лужні (рос.-щелочные). Кислотні акумулятори звичайно і широко використовуються в електрообладнанні автомобілів. У засобах зв'язку і пожежної сигналізації в основному застосовуються лужні акумулятори. У порівнянні з кислотними акумуляторами лужні простіше в експлуатації, механічно більш міцні, припускають застосування звичайної питної води для виготовлення електроліту, мають більший термін служби, пари електроліту менш токсичні.

В наш час промисловістю випускаються переважно нікель-кадмієві (NiCd), нікель-метал-гідридні (NiMH), литий-іонні (Li-ion), литий-полімерні (Li-pol), нікель-цинкові (NiZn) акумулятори цієї групи.

Конструктивно акумулятори виконані майже однаково і відрізняються переважно складом активної маси електродів та електроліту. Розглянемо загальну конструкцію акумулятора (рис.9.3).

Внутрі корпусу знаходиться блок позитивних 2 і негативних 3 пластин, які розміщуються послідовно, так, що негативні пластини знаходяться між позитивних і ізолюються від них, наприклад, ебонітовими стрижнями 7. Позитивні пластини можуть з'єднуватися з корпусом. Підключення акумулятора до ланцюга здійснюється за допомогою полюсних виводів 4 і 6. В якості електроліту застосовується водний розчин луги. Заливка електроліту в акумулятор здійснюється через отвір у кришці, яка закривається пробкою 5.

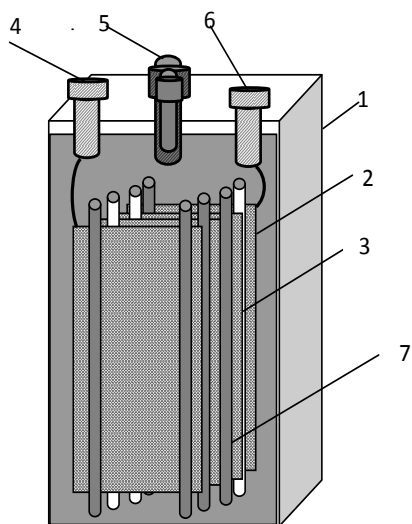


Рисунок 9.3 – Конструкція лужного акумулятора

Під впливом електричного струму, який пропускається через виводи 4 і 6 у напрямку, зворотному току розряду, змінюється склад хімічної речовини пластин і електроліту акумулятора. Тим самим здійснюється накопичення електричної енергії шляхом хімічних перетворень. Після закінчення заряджання створені хімічні речовини починають виробляти на обкладках акумулятора різнополярні електричні потенціали, які передаються на виводи 4 і 6.

Звичайно ЕДС одного нікелево-кадмієвого акумулятора складає 1,35 В, номінальна напруга з початку розряду – 1,2 В, що трошечки менш, ніж у гальванічного елемента.

Дозволяється послідовне з'єднання акумуляторів, яке створює акумуляторну батарею. Таке з'єднання дає збільшення напругу джерела живлення (потенціали окремих елементів підсумовуються).

9.4 Розрахунок параметрів автономних джерел живлення

Розглянемо методику розрахунків автономних джерел живлення на прикладі практичної задачі з наступними вихідними даними. Задано:

ємність акумулятора Q , А×год;

вихідна потужність передавача радіостанції P_n , Вт;

коефіцієнт корисної дії передавача η , %;

напруга живлення радіостанції $E_{ж}$, В;

співвідношення струмів у режимах передача/прийом $S_1 = I_n / I_{пр}$, разів;

співвідношення термінів застосування радіостанції у режимах прийом/передача $S_2 = t_{пр} / t_n$, разів;

Потрібно визначити середній час роботи радіостанції із заданим джерелом живлення до моменту його припустимого розрядження $t_{роб}$.

Знаючи ємність батареї живлення, час роботи до розряду можна визначити через середній струм споживання навантаження. Але в цьому випадку він є невідомим і має бути попередньо визначеним. Розрахунок виконується поступово:

1. Визначаємо потужність джерела живлення, яка споживається від батареї у режимі передачі, застосовуючи формулу коефіцієнта корисної дії передавача:

$$\eta = \frac{P_n}{P_{дж}} \quad (9.5)$$

Звідси $P_{дж}$ визначається за формулою:

$$P_{дж} = \frac{P_n}{\eta} \quad (9.6)$$

2. Визначаємо струм живлення у режимі передачі з виразу:

$$P_{дж} = I_n E_{ж} \quad (9.7)$$

Тоді I_n визначається за формулою:

$$I_n = \frac{P_{дж}}{E_{ж}} \quad (9.8)$$

3. Визначаємо струм живлення у режимі прийому, застосовуючи співвідношення $I_{\text{п}}/I_{\text{пр}} = S_1$, тоді

$$I_{\text{пр}} = I_{\text{п}} / S_1. \quad (9.9)$$

4. Визначаємо середній струм живлення у змішаному режимі роботи, застосовуючи співвідношення часів прийому/передачі $t_{\text{пр}}/t_{\text{п}} = S_2$. Звідси

$$t_{\text{пр}} = S_2 \cdot t_{\text{п}}. \quad (9.10)$$

Як бачимо, довжина інтервалу приймання в S_2 разів перевищує довжину інтервалу передачі. Якщо інтервал передачі дорівнює $t_{\text{п}}$ год, інтервал прийому складе $S_2 \cdot t_{\text{п}}$ год., а загальний інтервал роботи – $t_{\text{заг}} = S_2 \cdot t_{\text{п}} + t_{\text{п}}$, год. Звідси середній споживаний від батареї струм визначимо з формули:

$$I_{\text{сер}} = \frac{I_{\text{п}} t_{\text{п}} + I_{\text{пр}} t_{\text{пр}}}{t_{\text{заг}}} = \frac{I_{\text{п}} t_{\text{п}} + I_{\text{пр}} S_2 t_{\text{п}}}{S_2 t_{\text{п}} + t_{\text{п}}} = \frac{I_{\text{п}} + I_{\text{пр}} S_2}{S_2 + 1} \quad (9.11)$$

5 Визначаємо середній час роботи джерела живлення, застосовуючи формулу ємності:

$$Q = I_{\text{сер}} \cdot t_{\text{роб}} \quad (9.12)$$

Після її перетворення отримуємо вираз для розрахунку середнього часу роботи радіостанції

$$t_{\text{роб}} = Q / I_{\text{сер}}. \quad (9.13)$$

На прикладі даної задачі можна здійснювати розрахунки інших параметрів, які визначають умови застосування хімічних джерел живлення.

9.5 Випрямлячі

Випрямлячі служать для перетворення змінного струму у постійний.

При експлуатації радіоелектронної апаратури (РЕА) у стаціонарних умовах використовують енергію державної електромережі змінного струму. Але через те, що більшість схем зв'язку і сигналізації працюють на постійному струмі, виникає необхідність перетворення змінного струму у постійний. Цю функцію і виконують випрямлячі.

Для живлення окремих вузлів РЕА часто потрібно кілька номіналів напруг, тому випрямлячі, виконуючи свою основну функцію, повинні забезпечувати всі необхідні величини напруг.

Випрямлячі класифікують по кількості фаз зовнішньої напруги – *однофазні* і *багатофазні*. Багатофазні випрямлячі використовуються звичайно у випадках, коли вихідна потужність джерела живлення перевищує 500 Вт.

Основною характеристикою випрямляча є середнє значення випрямленої напруги U_0 і коефіцієнт пульсацій $K_{\text{п}}$.

Коефіцієнт пульсацій $K_{\text{п}}$ оцінюється відношенням амплітуди змінної складової випрямленої напруги $E_{\text{зм}}$ (рис.9.4) до її середнього значення U_0 , тобто

$$K_{\text{п}} = E_{\text{зм}}/U_0. \quad (9.14)$$

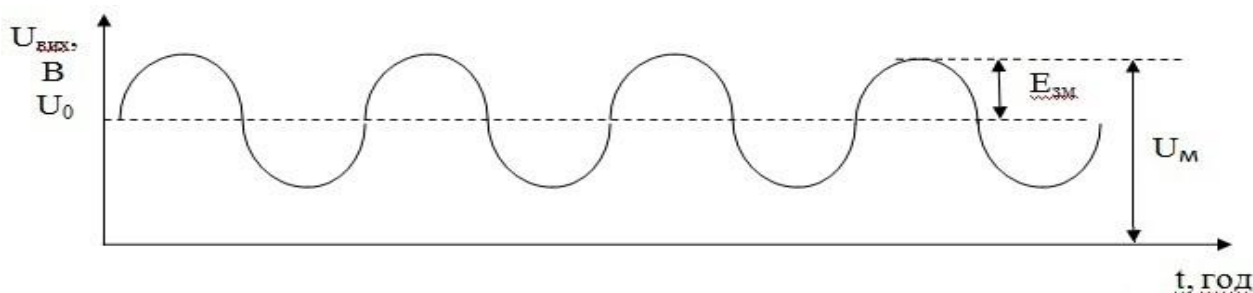


Рисунок 9.4 – Пульсуюча напруга на виході випрямляча

При цьому

$$E_{\text{зм}} \approx U_{\text{м}} - U_0, \quad (9.15)$$

де $U_{\text{м}}$ – амплітуда змінної напруги.

Випрямляч складається із силового трансформатора, діодної схеми (електричного вентиля) і фільтра, що згладжує (Рис.9.5).

Силовий трансформатор служить для підвищення або зниження напруги змінного струму. Трансформатор також необхідний для усунення гальванічного зв'язку між схемою електронного пристрою і мережею змінного струму.



Рисунок 9.5 – Узагальнена структурна схема випрямляча

Вентиль – це прилад, що має властивість однобічної провідності. За допомогою вентиля здійснюється перетворення змінного струму в пульсуючий.

Фільтр, що згладжує, служить для зменшення амплітуди пульсацій випрямленої напруги. Фільтри, що згладжують, є проміжними елементами між випрямлячем і навантаженням. Фільтри, забезпечують зменшення $K_{\text{п}}$.

У найпростішому фільтрі (рис.9.6) можна використовувати один конденсатор $C_{\text{ф}}$, що підключають паралельно навантаженню $R_{\text{н}}$, фільтруючі властивості якого засновані на здатності конденсатора накопичувати електричну енергію (заряд) і віддавати її в міру необхідності у зовнішній ланцюг.

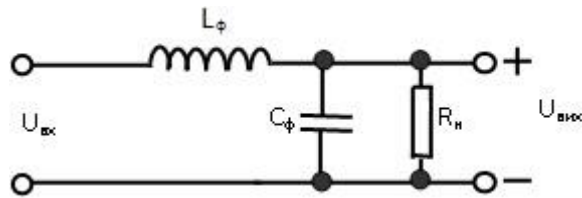


Рисунок 9.6 – Найпростіший фільтр

Для того щоб пульсація напруги була ще менше, схему фільтра доповнюють дроселем L_ϕ . Фільтруючі властивості дроселя ґрунтуються на здатності індуктивності перешкоджати будь-яким змінам струму, що проходить через неї. Це пов'язано з тим, що при зростанні струму в індуктивності відбувається накопичення магнітної енергії. Коли струм починає падати, накопичена у дроселі енергія повертається у ланцюг, до якого підключений дросель.

Сумісне застосування ємності та індуктивності у фільтрі дозволяє знизити пульсацію напруги до мінімуму.

Якість роботи фільтра оцінюється *коефіцієнтом згладжування пульсацій* (КЗП):

$$K_{зп} = K_{п}/K_{пф}, \quad (9.16)$$

де $K_{п}$, $K_{пф}$ – значення коефіцієнта пульсацій на вході і виході фільтра.

КЗП вказує у скільки разів зменшується коефіцієнт пульсацій завдяки використанню відповідного фільтра.

За схемою з'єднання вентилів розрізняють два види випрямлячів: однонапівперіодний і двонапівперіодний.

Найбільш простою схемою однофазного випрямляча є *однонапівперіодна* (рис.9.7).

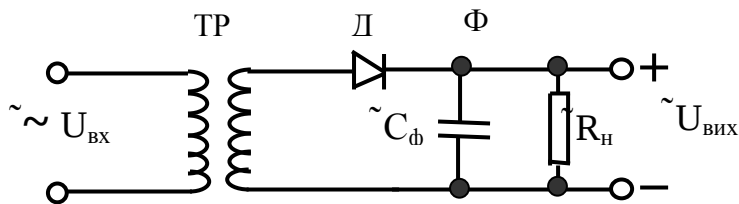


Рисунок 9.7 – Принципова схема однонапівперіодного випрямляча

Первинна обмотка трансформатора ТР підключається до мережі змінного струму, а вторинна до діода D і навантаженню R_H . Протягом позитивного півперіоду напруга на аноді діода позитивно, через діод і навантаження проходить прямий струм, що створює на навантаженні R_H випрямлену напругу, що повторює форму вхідної напруги випрямляча. Протягом негативного півперіоду вхідної напруги діод закритий. Струм через R_H проходить тільки протягом позитивних півперіодів. Принцип роботи пояснюється епюрами в контрольних точках (вихід трансформатора, діода, фільтра) на рис.9.8.

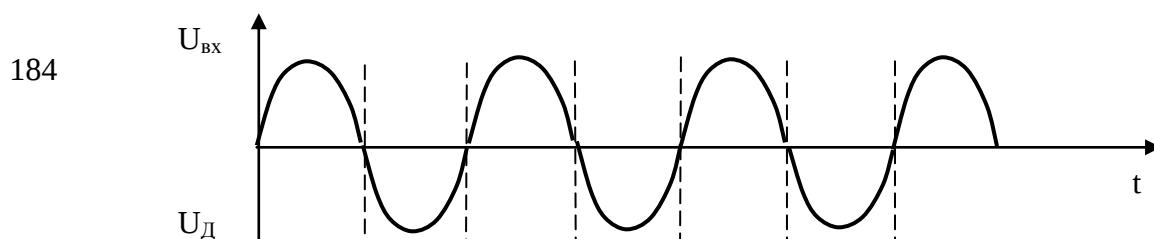


Рисунок 9.8 – До принципу роботи однонапівперіодного випрямляча

Істотним недоліком однонапівперіодного випрямляча є великий коефіцієнт пульсацій випрямленої напруги. Іншим недоліком є неповне використання енергії змінного струму, тому що струм через навантаження проходить лише протягом позитивних півперіодів. У зв'язку з цим такі випрямлячі можуть бути використані для малопотужних пристроїв, що не вимагають якісної фільтрації живильної напруги.

Для однонапівперіодного випрямляча $U_0 = U_m/\pi$, коефіцієнт пульсацій при відсутності фільтра

$$K_p = \frac{U_m - U_0}{U_0} = \frac{U_m - \frac{U_m}{\pi}}{\frac{U_m}{\pi}} = \frac{1 - \frac{1}{\pi}}{\frac{1}{\pi}} = \pi - 1 \approx 2 \quad (9.17)$$

Коефіцієнт пульсацій дуже великий; для більшості засобів зв'язку він є неприйнятним. Для зменшення пульсацій застосовують фільтри. Для нашого прикладу (рис.9.7) був застосований ємнісний фільтр.

Більш ефективними є *двонапівперіодні випрямлячі*, основним різновидом яких є мостовий випрямляч. Його принципову схему подана на рис.9.9.

Вхідна змінна напруга підводиться до діагоналі моста 1 – 2, а з діагоналі 3 – 4 знімається випрямлена напруга. Припустимо, що в деякий момент часу напруга на вторинній обмотці така, що потенціал у точці 1 вище потенціалу точки 2, тоді по ланцюгу тече струм: точка 1 («+» джерела напруги), D1, точка 4, навантаження R_n , точка 3, D3, точка 2 («-» джерела напруги). Протягом наступного півперіоду, коли потенціал у точці 2 буде вище, ніж у точці 1, струм буде проходити по ланцюгу: точка 2, D2, точка 4, R_n , точка 3, D4, точка 1.

Робота двонапівперіодного випрямляча пояснюється рис.9.10.

В цій схемі протягом кожного півперіоду струм через навантаження протікає в одному напрямку.

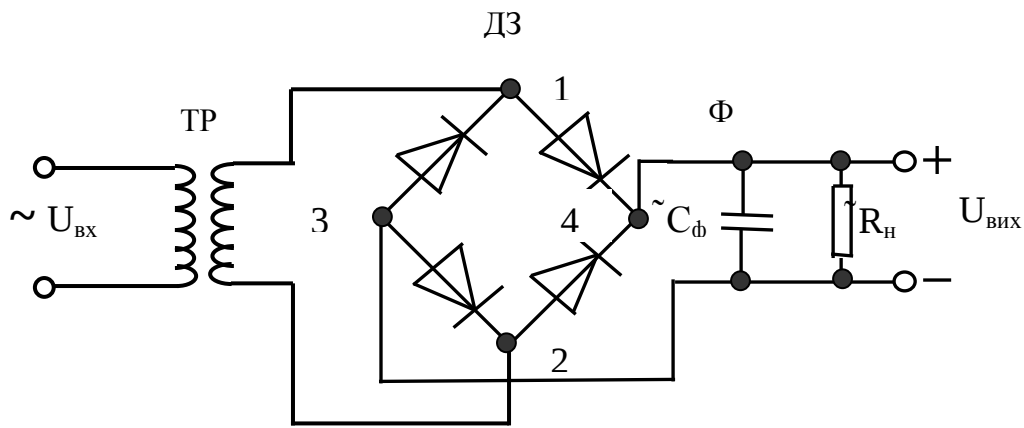


Рисунок 9.9 – Принципова схема двонапівперіодного випрямляча

Для двонапівперіодного випрямляча середнє значення випрямленої напруги U_0 складає $U_0 = 2U_M/\pi$, тобто у два рази більший ніж у однонапівперіодному випрямлячі. Коефіцієнт пульсацій K_π навіть при відсутності фільтра складає

$$K_\pi = \frac{U_M - U_0}{U_0} = \frac{U_M - \frac{2U_M}{\pi}}{\frac{2U_M}{\pi}} = \frac{1 - \frac{2}{\pi}}{\frac{2}{\pi}} = \frac{\pi - 2}{2} \approx 0,5 \quad (9.18)$$

Тобто у 4 рази менший, ніж в однонапівперіодному випрямлячі.

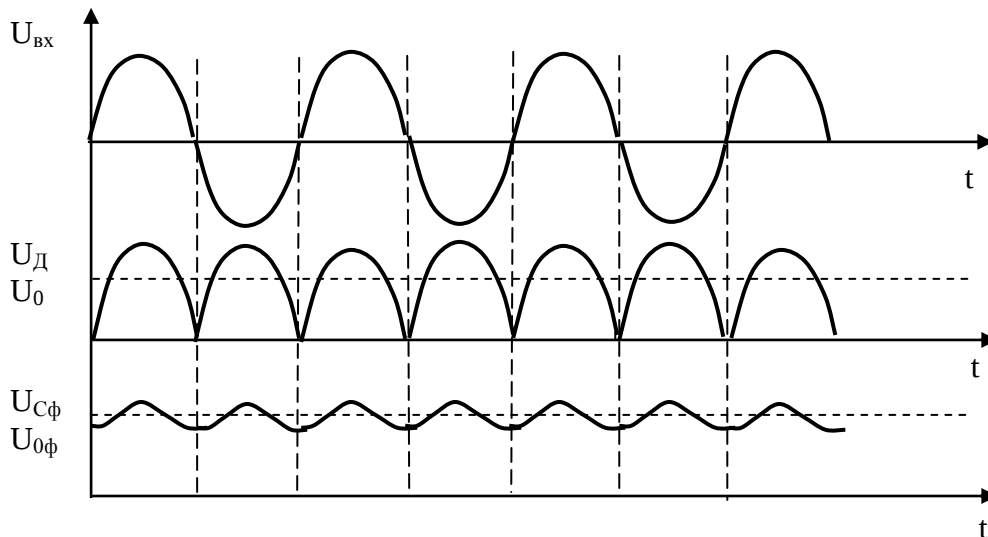


Рисунок 9.10 – Часові графіки напруг двонапівперіодного випрямляча

9.6 Джерела безперервного живлення (ДБЖ)

Джерело безперервного живлення (ДБЖ) – джерело вторинного електроживлення, автоматичний пристрій, призначений для забезпечення підключеного до нього електрообладнання безперебійним постачанням електричною енергією у межах норми.

Широке застосування одержали акумуляторні ДБЖ як буферні і аварійні джерела живлення.

У цих випадках акумулятор ставиться паралельно якому-небудь іншому джерелу живлення, наприклад електромашинному генератору, промисловій чи побутовій електромережі. При малому навантаженні акумулятор заряджається від генератора і заповнює свій заряд. При піках струму навантаження, викликаних включенням яких-небудь пристроїв, акумулятор розряджається і тим самим згладжує нерівномірність струму, що віддається в мережу генератором.

При виході первинного джерела живлення з ладу акумулятор стає резервним джерелом живлення і його ємність повинна забезпечити роботу всіх аварійних пристроїв і приладів.

ДБЖ з переключенням (off-line UPS, stand-by UPS). Якщо в мережі є "нормальна" напруга (тобто, якщо напруга не занадто мала для живлення), навантаження підключається до мережі (здійснюючи незначну фільтрацію перешкод). Одночасно невеликий зарядний пристрій підзаряджає акумулятор.

Якщо мережа відключається, протягом декількох мілісекунд відбувається запуск інвертора (перетворювача напруги постійного струму у напругу змінного струму) і переключення навантаження на роботу від батареї. З появою напруги відбувається зворотне переключення.

Основна перевага цих пристроїв – низька ціна. Недоліків багато. Серед них: наявність паузи у декілька мілісекунд, під час якої до навантаження не надходить електроживлення; перешкоди, які генеруються ДБЖ у момент переключення; відсутність реакції ДБЖ на підвищення напруги. Область застосування: для самих недорогих комп'ютерів, для випадків, коли відключення мережі – усього лише неприємність, а втрата частини даних не приведе до катастрофічних утрат.

ДБЖ, взаємодіючі з мережею (line – interactive UPS). Мікропроцесор цих ДБЖ стежить за якістю напруги в електричній мережі, реєструючи кілька її параметрів (форму, значення, що діє, частоту, викиди). У випадку серйозного відхилення напруги від стандарту, що зберігається в пам'яті ДБЖ, мікропроцесор приймає рішення про необхідність коректування напруги. У випадку сильного переключування напруги або повного відключення електричної мережі, ДБЖ переключується на роботу від батареї. У випадку синусоїдальної вихідної напруги переключення відбувається дуже гладко, і ДБЖ практично не робить у цей момент перешкод.

Якщо напруга електричної мережі має нормальну частоту і форму, але нижче або вище нормальної, то ДБЖ починає підвищувати або знижувати на-

пругу, автоматично переключаючи відводи свого автотрансформатора. Для зменшення перешкод, переключення відбувається шляхом тимчасового переходу на роботу від батареї. ДБЖ цього типу мають порт для зв'язку з комп'ютером і можуть видавати сигнали для закриття файлів у випадку збою електричної мережі.

ДБЖ, взаємодіючи з мережею, мають багато переваг. Вони забезпечують якісний захист устаткування, що працює в умовах гарних електричних мереж. Основним недоліком цих ДБЖ є недостатня захищеність при роботі в поганих електричних мережах (промислових, сільських і т.д.).

Область застосування: для захисту окремих комп'ютерів і недорогих файлових серверів, комунікаційного устаткування, що працює в офісних умовах. Типовим представником цього типу ДБЖ є Smart-UPS.

9.7 Агрегати автономного живлення.

АБ, АД (агрегат бензоелектричний, дизельний) – марка пересувних джерел електричної енергії з двигуном, що працює на бензиновому/дизельному пальному. Агрегати містять бензиновий/дизельний двигун внутрішнього згоряння, електричний генератор, блок апаратури, блок приладів, раму, бензобак, кожух.

Електроагрегати серії АБ/АД застосовуються державними службами і у приватних господарствах для постачання електроенергією споживачів у тих місцях, де відсутні електричні мережі, а також при перебоях в енергопостачанні. У ДСНС вони входять у комплект пересувних механічних майстерень, пунктів управління, систем життєзабезпечення тощо.

Агрегат АБ-4-Т/230М1 (рис.9.11) – бензоелектричний, трифазного змінного струму частотою 50 Гц і напругою 220 В, потужність 4 кВт. Він складається з бензинового двигуна УД-2 або УД-25 потужністю 8 л.с. і генератора типу ГАБ-4-Т/230. Агрегат встановлюється у відсіку кунга радіостанції, де може працювати і забезпечувати електроживленням радіостанцію при роботі у русі. При тривалій роботі радіостанції на стоянці агрегат з відсіку необхідно виносити.

Агрегат АБ-1 – бензоелектричний, однофазного змінного струму частотою 50 Гц, напругою 220 В, потужністю 1 кВт. Агрегат встановлюється у кузові, в агрегатному відсіку. Призначений для забезпечення живлення апаратури, що працює в режимі чергового прийому.

Агрегати електричні дизельні серії АД (16, 30, 50, 60, 100, 200) призначені для використання як джерела автономного живлення змінним трифазним струмом. Можливі варіанти виконання: на рамі, під чохлом, під капотом. Дизельні електростанції призначені для основного і резервного електропостачання промислових, сільськогосподарських, культурно-побутових і інших об'єктів. Електростанції серії АД використовуються в умовах аварійних, ремонтно-будівельних, лісозаготівельних робіт.



Рисунок 9.11 – Агрегат бензоелектричний АБ-4-Т/230М1

Агрегати можуть служити джерелом аварійного електропостачання підприємств зв'язку, стаціонарів, житлових будинків і промислових споруджень. Частота струму – 50 Гц., Напруга – 230/400 В. Умовна позначка: АД 16 Т 400 1 В містить: АД – позначення серії, 16 – потужність номінальна кВт, Т – тип мережі – трифазний, 400 – напруга, В, 1 – ступінь автоматизації, В – тип системи охолодження (В – повітряний, Р – радіаторний).

Список використаних джерел

1. В.Н. Чудинов, Г.Я. Козловский. Связь в пожарной охране и основы электроники, учебное пособие – М.: Радио и связь, 1986. – 272 с.: ил.
2. Системи електроживлення електронної апаратури. Конспект лекцій для студентів спеціальності 171 «Електроніка», спеціалізації 8(7).050802 «Електронні системи». – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 180 с.
3. Захарченко М.В. Електроживлення систем зв'язку. Лабораторний практикум: Частина 1: Теоретичні положення; Частина 2: Методичні вказівки / М.В. Захарченко, А.Ф. Кадацький, О.П. Русу, І.П. Малявін, В.Б. Русаловський, О.А. Грабовий. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2011. – 312 с., іл.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Призначення та загальна класифікація систем електроживлення.
2. Основні параметри джерел електроживлення.
3. Принципи побудови та функціонування первинних хімічних джерел струму.
4. Особливості побудови та функціонування аккумуляторів.
5. Призначення та конструкції випрямлячів.

6. Основні параметри випрямлячів.
7. Призначення і принципи функціонування жерел безперервного живлення.
8. Призначення і принципи побудови агрегатів автономного живлення

ГЛАВА ТРЕТЯ СИСТЕМИ РАДІОЗВ'ЯЗКУ З РУХОМИМИ ОБ'ЄКТАМИ

РОЗДІЛ 10 КЛАСИФІКАЦІЯ ТА ОСНОВИ ПОБУДОВИ СИСТЕМ ПРОФЕСІЙНОГО РУХОМОГО РАДІОЗВ'ЯЗКУ

В наш час галузь телекомунікаційних систем, зокрема систем безпроводного рухомого радіозв'язку є галуззю з найбільш швидкою динамікою розвитку. Цьому сприяють постійний ріст попиту ДСНС на послуги мобільного зв'язку, загальні досягнення науково-технічного прогресу в області електроніки й обчислювальної техніки.

10.1 Загальні відомості та класифікація мобільних систем радіозв'язку

Системою радіозв'язку називається сукупність абонентського і базового обладнання разом з міжбазовими каналами зв'язку.

В радіозв'язку *бáзова станція* (обладнання) – це системний комплекс приймально-передавальної апаратури, що здійснює централізоване обслуговування групи кінцевих абонентських пристроїв (абонентського обладнання).

З середини ХХ століття вже змінено декілька поколінь систем радіозв'язку, і сьогодні, кожні 5-8 років, темп розвитку нових цифрових технологій та елементної бази диктує необхідність зміни радіотехнічного устаткування.

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).

В наш час поняття рухомого радіозв'язку майже завжди співпадає з поняттями мобільного радіозв'язку, бездротового (безпроводного) зв'язку.

У найзагальнішому сенсі майже будь-яку мережу радіозв'язку можна назвати мобільною системою зв'язку, якщо в ній не пред'явлені вимоги до фіксації місцеположення приймачів або передавачів, тобто місцеположення абонента невизначене і абоненти можуть рухатися.

В даному розділі будуть розглядатися системи рухомого радіозв'язку, які використовуються підрозділами ДСНС України, а також можуть бути використані у разі необхідності проведення аварійно-рятувальних робіт.

СРРЗ забезпечують передачу інформації між рухомими об'єктами (РО) як безпосередньо, так і за допомогою базової станції (БС). Варіант організації *безпосереднього зв'язку* між радіостанціями наведено на рис.10.1.

Варіант структурної схеми зв'язку між радіостанціями з використанням *проміжної БС* наведено на рис.10.2.

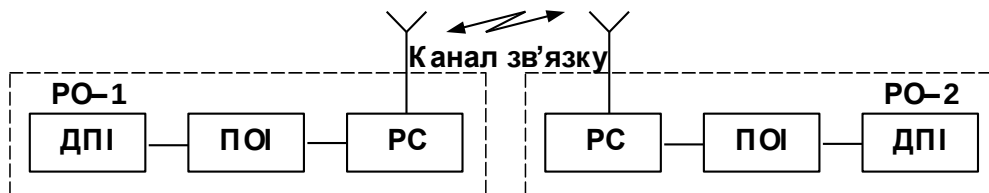


Рисунок 10.1 – Структурна схема безпосереднього зв'язку між радіостанціями

Джерелом і приймачем інформації (ДПІ) можуть бути мікрофон і телефон, апаратура передачі даних (модем) та ін. Інформація, що передається і приймається, обробляється у пристроях обробки інформації (ПОІ). Передачу і прийом сигналів забезпечують радіостанції (РС).

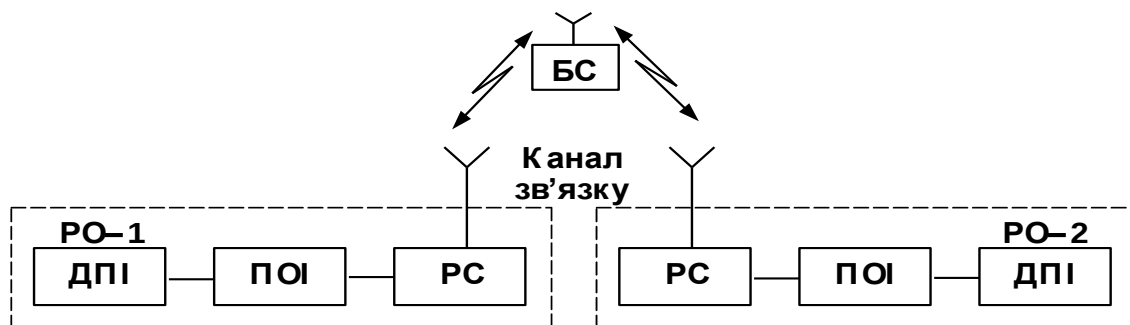


Рисунок 10.2. Структурна схема зв'язку між радіостанціями з використанням проміжної базової станції

Кожній СРРЗ надається робоча смуга частот. Для організації двобічного (дуплексного) зв'язку СРРЗ виділяються дві однакові смуги частот, які за частотою рознесені одна від одної на доцільну величину. Одна із смуг використовується для передачі інформації "вверх" (від АС до БС), а інша – для передачі інформації "вниз" (від БС до АС). Для організації однобічного (симплексного) зв'язку достатньо однієї смуги частот. Наданий СРРЗ піддіапазон ущільнюється з використанням частотного, часового або кодового розподілу каналів.

Залежно від способу використання каналів абонентами розрізняють:

- СРРЗ із закріпленими каналами (закріпленим ресурсом);
- СРРЗ з наданням каналів (наданням ресурсу) за вимогою.

В перших індивідуальні канали закріплюються за відповідними абонентами, що забезпечує кожній парі абонентів зв'язок, незалежний від інших абонентів. Недоліком таких систем є мала ефективність використання каналів через їх слабку завантаженість. Практика показала, що коефіцієнт використання каналу дорівнює 0,03...0,05, тобто канал зайнятий 3%...5% часу.

В системах з наданням ресурсу за вимогами канали не закріплюються за окремими абонентами, а надаються їм на час сеансу. Тому коефіцієнт використання каналу істотно підвищується до 0,4...0,8, тобто канал зайнятий 40%...80% часу. Таким чином, головна перевага СРРЗ з наданням ресурсу за вимогами полягає у тому, що вони забезпечують рівномірне завантаження

всіх каналів системи. Це підвищує ефективність використання каналів і всього відведеного СРРЗ частотного піддіапазону у 5...10 разів. У складі СРРЗ крім однієї чи кількох базових станцій може використовуватися і центральна станція (ЦС), що вирішує задачу розподілу каналів між абонентами.

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. Прикладом однобічних СРРЗ є пейджингові системи, в яких сигнали передаються тільки в напрямку до абонентів;
- кількість абонентів, що обслуговуються системою: до 100 – системи з невеликою ємністю, від 100 до 1000 – з середньою ємністю, більше 1000 – з великою ємністю;
- спосіб множинного доступу: МДЧтР, МДЧсР або МДКР;
- спосіб керування системою: децентралізований, який передбачає встановлення та проведення радіозв'язку безпосередньо між абонентами без участі ЦС, або централізований – установа і проведення радіозв'язку між абонентами через ЦС;
- метод модуляції: амплітудна, частотна, фазова або комбінована.

Діапазон частот, що надається системі радіозв'язку, залежить від її призначення. Для організації радіозв'язку в Україні виділено кілька ділянок частот у діапазоні від 30 до 1800 МГц:

- 1) 40 МГц (33...48,5 МГц); 2) 80 МГц (68...88 МГц); 3) 160 МГц (146...174 МГц); 4) 330 МГц (300...350 МГц); 5) 450 МГц (420...470 МГц); 6) 900 МГц (804...947 МГц); 7) 1800 МГц.

Починати розгляд цього питання слід з класифікації систем радіозв'язку згідно рекомендацій МСЕ. За рекомендаціями МСЕ класифікацію систем радіозв'язку здійснюють за розміщенням радіостанцій:

1. *Фіксована служба* – служба радіозв'язку між визначеними фіксованими у просторі пунктами. Включає у себе фіксовані супутникові служби (служби радіозв'язку між земними станціями із заданим місцезнаходженням, коли для зв'язку використовується один або декілька супутників).

2. *Рухома служба* – служба радіозв'язку 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-наступна лекція);
- *повітряну рухому службу* (рухома служба радіозв'язку між стаціонарними станціями повітряної рухомої служби і станціями повітряних суден або між станціями повітряних суден).

Надалі будемо розглядати системи рухомої сухопутної служби, як такої, що складає основу 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.

Подальша класифікація систем рухомого зв'язку пов'язана з користувачами систем. В залежності від користувача СРРЗ діляться на професійні та загального використання.

Системи професійного рухомого радіозв'язку (ППР, PMR – private mobile radio). Дані системи створювалися для експлуатації спеціальними організаціями служби безпеки, аварійної служби, пожежних частини, швидкої допомоги, великих підприємств і, зокрема, аварійно-рятувальними підрозділами, пожежною охороною тощо. Така система є власністю одного користувача (групи користувачів). Комерційні послуги не передбачені. Звичайно СПРР невелика за масштабами, малоканална. Ці системи є базовими при організації радіомереж ДСНС України.

СРРЗ загального користування (РРЗК, PAMR – public access mobile radio). 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.

Ринок рухомого радіозв'язку переживає у всьому світі стрімкий розвиток. До 1995 року тільки в Європі ринок рухомого радіозв'язку охоплював близько 15 млн. абонентів із щорічним оборотом понад 8 млрд. доларів. Глобальною стратегією розвитку рухомого радіозв'язку є розробка та впровадження єдиних міжнародних стандартів і створення на їх основі міжнародних і глобальних мереж загального користування.

В наш час домінуюче становище на ринку рухомого радіозв'язку займають:

- професійні (приватні) системи рухомого радіозв'язку (PMR);
- системи стільникового рухомого радіозв'язку (Cellular Radio Systems);
- системи бездротових телефонів (Cordless Telephony) – абонентського радіодоступу.

До *професійних СРЗ* відносять транкингові системи, які забезпечують рухомий зв'язок у районі розташування базової станції. Стільникові мережі орієнтовані насамперед на обслуговування якомога більшого числа абонентів. Досягнення цієї мети належним чином забезпечують цифрові стільникові мережі другого покоління, які обслуговують велике число абонентів і великі території. Дещо іншу мету ставили спочатку розробники абонентського радіодоступу (систем бездротових телефонів), а саме: виключити необхідність тягнути провідні лінії зв'язку до телефонних апаратів. Однак виявилось, що технології бездротових телефонів, такі, наприклад, як система на основі стандарту DECT, можуть ефективно вирішувати завдання економії частотного ресурсу і обслуговувати велику кількість абонентів, створюючи радіомережі микросотової топології.

Мобільність у широкому і вузькому смислі. В загальному випадку телебачення і радіомовлення підпадають і мають бути віднесені до СРРЗ. Але звичайно до мобільних систем зв'язку (у вузькому значенні) відносять лише системи, що реалізують пошук мобільного абонента і доставку цьому абонентові персонального повідомлення. З цієї точки зору телебачення, радіомовлення, радіорелейний зв'язок і навіть пейджерная мережа не є мобільними системами зв'язку, оскільки вони не здійснюють пошук абонента, а рухливість абонента ніяк не врахована ні в організації мережі зв'язку, ні в схемотехніці радіоапаратури. С цієї точки зору до мобільних систем зв'язку належать, перш за все, стільникові і транкингові системи.

Мобільні у вузькому значенні системи зв'язку є складними радіотехнічними комплексами, в яких можна виділити наступні основні принципи побудови:

1. Організація системи зв'язку і методи доступу. При обмежених ресурсах мобільної системи зв'язку завжди можливі конфліктні ситуації, коли одночасно потрібно обслужити декілька абонентів. Алгоритм управління системою зв'язку повинен успішно вирішувати такі ситуації і забезпечувати найбільш ефективне використання наявних обмежених ресурсів для обслуговування максимальної кількості абонентів.

2. Вибір прийнятної структури сигналу радіоканалу. Для кожного виду мобільного зв'язку вибираються 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.

3. Застосування цифрових методів обробки інформації. Перетворення мовної інформації в цифровий код і в обратний бік, стиснення мови, вибір оптимальних методів кодування, шифрування і розпізнавання прийнятих сигналів.

4. Підтримка взаємодії з периферійними пристроями і системами. Мобільна система зв'язку має забезпечувати взаємодію з іншими системами радіозв'язку, цифровими і аналоговими телефонними мережами, можливість підключення факсимільних апаратів, комп'ютерів, модемів Internet і т.п.

5. Ведення діагностики стану мережі зв'язку і статистики роботи. Застосування персонального обліку користувачів, перевірка їх легальності і оплати рахунків, часу і тривалості сеансів зв'язку. На підставі цих даних можливо оперативно змінювати конфігурацію мережі залежно від завантаження, попереджати несанкціоноване використання мережі, надавати інформацію для оцінки економічного стану.

Традиційно мобільні системи зв'язку підрозділяють на три покоління: перше, друге і третє (позначають як 1G, 2G, 3G), що будуть розглянуті окремо.

Сучасні системи рухомого зв'язку займають великий сектор систем телекомунікацій. Уже наприкінці 2003 р. в Україні число стільникових телефонів перевищило число стаціонарних.

У розвитку систем рухомого зв'язку можна виділити такі основні тенденції:

1. Підвищення ефективності використання радіочастотного спектру з метою збільшення абонентської ємності та обсягу інформації, що передається, для чого проводиться:

- перехід від аналогових методів передачі голосової інформації до цифрових, що забезпечує можливість ущільнити передану інформацію;
- забезпечення поряд з традиційним частотним поділом каналів багатостанційного доступу ще й часового і кодового поділу.

2. Забезпечення високого рівня захисту переданої інформації. Ця мета досягається, з одного боку, заходами підвищення ефективності використання спектра, а з іншого боку, – спеціальними прийомами кодування.

10.2 Вимоги до систем професійного рухомого радіозв'язку та їх різновиди

Розвиток систем професійного рухомого радіозв'язку (ПРР) України протягом останніх трьох десятиріч років відбувався на базі розробок для організації оперативного зв'язку в основному для вищих органів державної влади і управління, таких силових структур як МВС, МО та служби Державної безпеки.

Професійний радіозв'язок призначено для задоволення потреби в оперативному мобільному зв'язку для співробітників державних структур і відомств з урахуванням умов їх професійної діяльності. Радіозв'язок є важливою

складовою забезпечення оперативного керівництва силами ОРС, які задіяні для подолання НС.

10.2.1 Вимоги до систем ПРР

Професійний радіозв'язок згідно сучасним поглядам повинен забезпечувати вимоги, які, як правило, відсутні у системах рухомого зв'язку загального користування:

- мінімальний час встановлення зв'язку, в необхідних випадках простим натисканням 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.

Послуги мобільного зв'язку загального користування (стільникової телефонії), пріоритетом якої є комерційне використання, тільки частково задовольняють цим вимогам. Зокрема, у стільникових мережах неможливий повноцінний груповий зв'язок. Тому стільниковий телефонний зв'язок не може замінити професійний радіозв'язок, у тому числі і в підрозділах ДСНС.

Професійні (приватні) системи рухомого радіозв'язку (PMR – Professional Mobile Radio, PAMR – Public Access Mobile Radio) історично з'явилися першими з мобільних. Системи, що забезпечують взаємодію з ТМЗК, отримали назву приватних PAMR, а ті, що не забезпечують такої взаємодії – професійних (PMR), тобто забезпечують зв'язком замкнуту групу абонентів.

10.2.2 Загальні принципи функціонування систем ПРР

У перших професійних системах передавач і приймач проектувалися для роботи на певній фіксованій частоті. Кожен радіоканал був закріплений за порівняно невеликою групою абонентів, які використовували його як загальнодоступну лінію зв'язку (рис.10.3, а). Якщо кількість абонентів перевищу-

вала можливості одного каналу, утворювали іншу групу, за якою закріплювали інший радіоканал (частоту зв'язку).

У системі з загальнодоступним "пучком" каналів (транкингові системи) всім абонентам мережі доступна ціла група каналів (рис.10.3,б). При надходженні виклику за парою абонентів закріплюється один з вільних у цей момент каналів. Після відбою канал звільняється і може бути наданий будь-якій іншій парі абонентів.

Технічно це виконується:

- послідовним пошуком радіостанцією вільного каналу (наприклад, за спеціальним маркерним сигналом незайнятості). Однак 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. Такі системи є найбільш поширеними.

Пропускна спроможність системи з загальнодоступним пучком каналів істотно вище, ніж системи з закріпленими каналами. Наприклад, єдиний канал при ймовірності блокування (тобто ненадання каналу через його зайнятості) 10% і середньої тривалості розмови 2,5 хв на одного абонента у час найвищого навантаження дозволить обслужити не більше двох-трьох абонентів. Двадцять таких каналів, використовуваних порізно, дозволять обслужити близько 50 абонентів. При тих же умовах система з загальнодоступним пучком каналів, що використовує ті ж 20 каналів, зможе обслужити вже 420 абонентів, тобто її пропускна здатність зростає більш ніж у 8 разів.

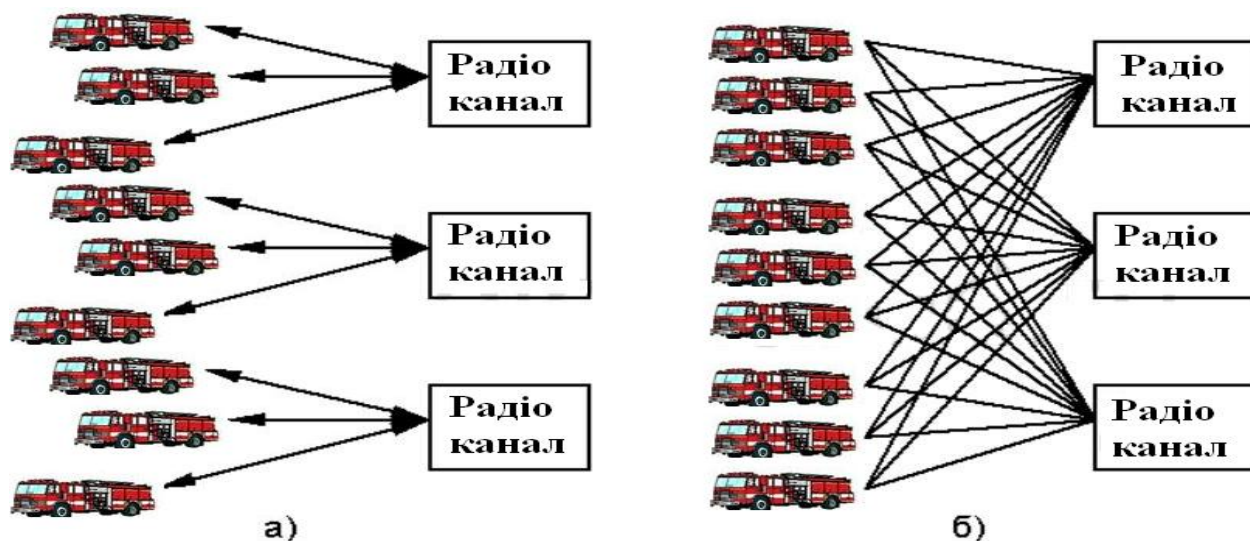


Рисунок 10.3 – Професійні (приватні) системи рухомого радіозв'язку

Мережі професійного радіозв'язку проектуються за аналогією з мережами радіомовлення (рис.10.4): досить потужний передавач працює через високо підвішену антену, охоплюючи територію у межах прямої видимості ра-

діусом до 40 – 50 км. При цьому на площі обслуговування у 5 – 8 тисяч кв. км абонентам може бути доступно кілька десятків радіоканалів.

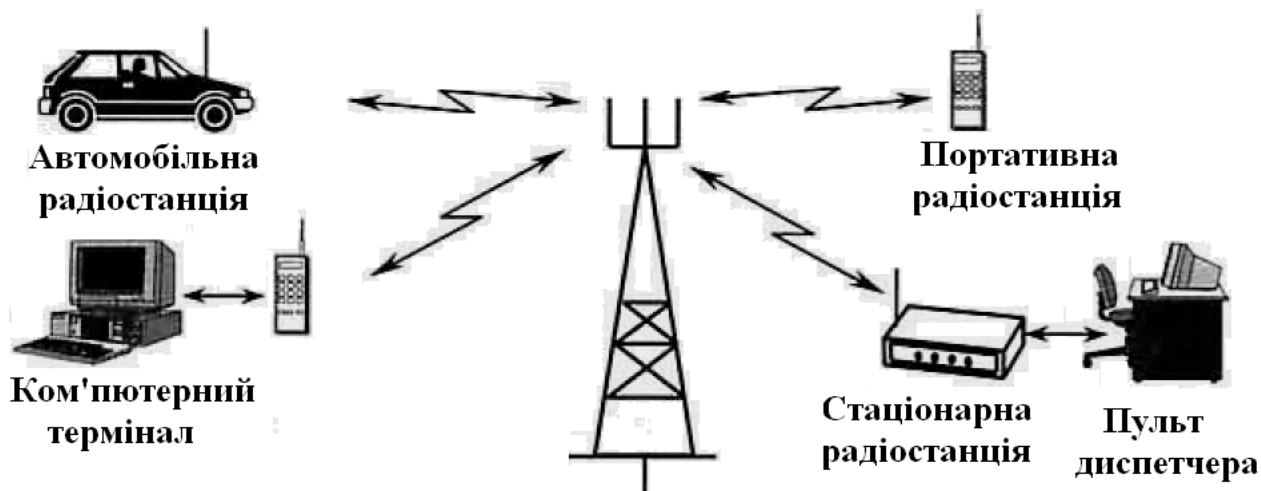


Рисунок 10.4 – Транкінгова система рухомого радіозв'язку

На викладеному транкінговому принципі дії у 60-х роках минулого століття була створена радянська система рухомого зв'язку "Алтай", яка у модернізованому вигляді може використовуватися і зараз у діапазоні 330 МГц. Хоча загальні тенденції розвитку вітчизняних професійних систем рухомого радіозв'язку відповідали тогочасному світовому рівню, однак, вони розроблялися у відповідності до стандартів СРСР, не орієнтовані на західні стандарти, де чітко прослідковуються тенденції міжнародної стандартизації та уніфікації обладнання.

Найбільш поширеним видом транкінгових систем є системи з виділеним каналом управління, що використовують міжнародні стандарти МТР 1327, МТР 1317, МТР 1343 і МТР 1347, які розроблені спочатку у Великобританії на діапазони частот 174-225 МГц і поширені пізніше на інші діапазони.

Відомі також транкінгові системи з поєднаним каналом управління, коли для передачі сигналів управління використовується ділянку інформаційної смуги звукових частот, розташованої нижче спектра частот мовного сигналу – у смузі до 150 Гц. Системи цього виду були розроблені фірмою EFJohnson (США) і отримали позначення LTR.

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.

Ці тенденції насамперед пов'язані з впровадженням загальноєвропейського стандарту на транкінгові системи рухомого радіозв'язку TETRA, розробленого в ETSI (Європейський інститут телекомунікаційних стандартів – European Telecommunications Standards Institute).

Наземне транкінгове радіо (TETRA, TErrestrial TRunked RAdio, раніше відоме як Trans-European Trunked Radio) – відкритий стандарт цифрового професійного рухомого радіозв'язку і двостороння радіостанція (у просторіччі відома як walkie talkie). TETRA була спеціально розроблена для використання державними установами, аварійно-рятувальними службами (поліції, пожежної охорони, швидкої допомоги) для мереж громадської безпеки, залізничного перевезення, транспортних послуг і військових.

Система стандарту TETRA забезпечує передачу мовних повідомлень в цифровій формі, передачу даних і т.д. Вона забезпечує прямий зв'язок абонентів без участі базових станцій. Впровадження систем стандарту TETRA в Європі іде з 1997 року, починаючи зі служб безпеки, поліції та охорони кордонів.

Однак, ефективність транкінгових систем з радіальною структурою мережі виявляється недостатньою для задоволення масового попиту на послуги рухомого зв'язку у густонаселених районах з кількома мільйонним населенням. Проблему організації рухомого зв'язку для густонаселених районів вдалося вирішити шляхом побудови мереж рухомого зв'язку за стільниковим принципом.

Класифікація рішень професійного рухомого радіозв'язку визначається розходженнями потреб замовників, а також галузевою специфікою систем ПРР. Вибір рішення, оцінка й обґрунтування вибору, повинні обов'язково починатися з уточнення потреб замовника для обґрунтування вибору, визначення специфічних особливостей, уточнення постановки завдання.

10.2.3 Класифікація рішень ПРР

На підставі представлених вище специфічних особливостей і вимог до рішення ПРР, всі системи можна розділити на два основних класи, які, у свою чергу, також 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).

У конвенціональних системах кожна радіостанція може очікувати виклик тільки на одній частоті, що обмежує ефективність використання частотного ресурсу.

У транкингових системах у кожної радіостанції для очікування виклику використовуються всі канали, що дозволяє забезпечити як можливість нарощування числа абонентів без збільшення частотного ресурсу, так і зручність користування радіозв'язком. Транкингові системи радіозв'язку, хоча і є більш складними і більш дорогими, найкращим чином задовольняють вимогам що ставляться до професійного радіозв'язку і можуть бути застосовані для міжвідомчого використання, забезпечуючи роботу великої кількості радіоабонентів на величезних територіях без взаємних перешкод.

Класифікація транкингових систем має в основі:

- методи керування перерозподілом каналів радіозв'язку;
- формат передачі даних;
- багатозоновість системи;
- метод надання каналу тощо.

Абонентські радіостанції й аксесуари до них. Модельний ряд абонентських станцій прив'язаний до вищенаведених класів рішень. Лінійка радіостанцій складається із простих конвенціональних радіостанцій, складних конвенціональних радіостанцій (із сигналінгом), транкингових радіостанцій (різних технологій).

Основна маса аналогових радіостанцій призначена для голосового зв'язку, тоді як кілька типів возимих радіостанцій випускаються в спеціалізованих модифікаціях для низькошвидкісної передачі даних. Більша частина цифрових абонентських станцій є універсальними терміналами, які об'єднують у собі функції професійної радіостанції, телефону й терміналу для передачі даних і коротких повідомлень.

Також радіостанції діляться по типу використання на носимі, возимі (мобільні) та стаціонарні.

Подальший розподіл відбувається по діапазнам частот і функціональним можливостям. Функціональні можливості, багато в чому, визначаються можливостями класу рішень, до якого відноситься абонентське устаткування (наприклад, можливість передачі даних і коротких повідомлень, повний дуплекс, наявність аварійного виклику, роумінг тощо).

Поза залежністю від належності до того або іншого класу рішень, абонентське устаткування розрізняється за групою параметрів, що визначають можливості його застосування. Мова йде, насамперед, про такі параметри, як:

- надійність (обумовлена герметичністю, ударо- та віброміцністю, пило- і вологозахищеністю), що дозволяє використовувати радіостанції для роботи у складних умовах;
- вибухобезпечність.

Частотні діапазони професійного зв'язку. Для професійного зв'язку на території СНД відведені ділянки частотного діапазону розташовані в інтервалі від 30 до 470 МГц. Низькочастотна ділянка (30-56 МГц) використовується тільки для симплексного зв'язку та диспетчерських систем без дуплексних ретрансляторів. Ділянка в діапазоні 2 м (145-170 МГц) використовується для симплексного, напівдуплексного і дуплексного зв'язку у конвенціональних

(диспетчерських) системах, в тому числі і з дуплексними ретрансляторами, а також транкінгових системах. Високочастотну ділянку (діапазон 70 см) виділено переважно для використання у транкінгових системах. Розподіл і використання частотних каналів у зазначених діапазонах частот проводиться відповідно до частотно-територіальних планів ДСНС України.

Використання радіоканалу для передачі інформації має на увазі необхідність використання частотного ресурсу. У ПРР використовується кілька основних діапазонів частот (табл.10.1).

Таблиця 10.1 – Використання радіочастотного ресурсу системами рухомого зв'язку

Назва (україн./англ.)	Орієнтовні межі діапазону в Україні	Специфіка
Декаметровий діапазон/ Low Band	33-57 МГц	Застосовувався для сільського радіозв'язку (використовувалися радянські р/с "Льон"). Близькість до КХ визначає специфіку поширення радіохвиль. Використається в слабкозабудованій місцевості. Радіостанції мають габарити на 15-20% більше, ніж р/с інших діапазонів. Можна будувати локальні або симплексні диспетчерські системи
Метровий діапазон/VHF	146-174 МГц	Найбільш насичений діапазон. Практично немає вільних частот. Використовується ДСНС, МВС, СБУ й іншими державними структурами для організації конвенціонального радіозв'язку. Можлива побудова й транкінгових систем, але це робиться рідко. Спостерігається явний дефіцит частот у даному діапазоні
Метровий/VHF	300-342 МГц	Унікальний діапазон (в іншому світі використовується НАТО), що застосовується для систем АЛТАЙ (інших псевдотранкінгових систем типу Senao тощо) і сучасних транкінгових мереж МРТ1327, а також для використання на річковому транспорті. Основними користувачами цього діапазону є нафтогазові компанії, річковий флот. Але в силу унікальності даного діапазону лише обмежене число виробників виготовляє устаткування для даного діапазону
ДЦВ/UHF	400-490 МГц	Найпоширеніший діапазон у Європі. Дуже популярний для застосування в транкінгових системах. Відповідні ділянки цього діапазону виділені для таких відомств як МВС, ДСНС саме для побудови транкінгових систем. Найбільш підходить для міст і для гірської місцевості (з погляду фізики діапазону). Найбільш перспективний діапазон. У цьому ж діапазоні (380-400 МГц, 410-430 МГц, 450-470 МГц) працює устаткування цифрового стандарту TETRA
ДЦВ	815-820 МГц 860-865 МГц	Невелика ділянка діапазону була виділена під транк, але серйозного розвитку в Україні він поки не одержав. Найбільш розвинений цей діапазон у США й в Китаї. У західній Європі частково зайнятий під цифрове ТБ. Устаткування TETRA доступне у цьому діапазоні. Перспективи розвитку цього діапазону для ПРР поки не визначені

10.3 Стільникові системи рухомого радіозв'язку

Стільникова система рухомого радіозв'язку (ССРП) використовує велику 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.

Наприклад, замість використання єдиного ретранслятора для обслуговування території великого міста, місто можна усю площу розбити на кілька невеликих зон покриття, званих стільниками (рос. "сотами"), зв'язок між стаціонарним обладнанням яких здійснюється через ТМЗК. Щоб зрозуміти, як це змінить загальну картину, припустимо, що всі наявні в розпорядженні частотні канали можуть повторно використовуватися в кожному осередку стільникової структури. Тоді необхідні для жителів міста 250 каналів зв'язку можна отримати, поділом території, що обслуговується радіусом у 50 км на 25 осередків радіусом по 10 км з організацією в кожному осередку тільки 10 радіоканалів з одним і тим же набором частот. Наведений приклад служить тільки для пояснення стільникового принципу.

Розрахунки показують, що через неприпустимо великі рівні взаємних перешкод комірки з однаковим набором частот необхідно чергувати буферними осередками з іншими наборами частот. Група осередків у зоні обслуговування з різними наборами частот називається кластером. На рис.10.5 показаний зразок стільникової структури з типовою для аналогових мереж розмірністю кластера $n=7$.

Якщо, наприклад, для обслуговування абонентів в одній комірці потрібно набір з 10 частот, то для створення стільникової структури з розмірністю кластера $n = 7$, яка обслуговує як завгодно велику територію, необхідно розташовувати набором з 70 частот.

10.3.1 Розщеплення осередків

Основний потенціал стільникової ідеї полягає у тому, що рівень взаємних перешкод залежить не від власне відстані між осередками, а від ставлення відстані між осередками до їх радіусу.

Радіус осередку залежить від потужності передавача і, визначається розробником системи, який у процесі проектування повинен вибрати відповідний розмір кластера. Зі зменшенням радіуса осередку зростає кількість базових станцій, що припадають на 1 кв. км площі обслуговування і на 1 МГц використуваної смуги частот.

Звичайно, повномасштабне розгортання мережі з самого початку її введення в експлуатацію видається надзвичайно дорогим. Зазвичай її розгортан-

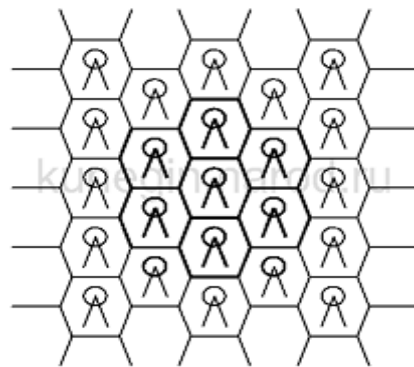


Рисунок 10.5 – Стільниковий кластер

ня починається з невеликого числа великих осередків, які через деякий час поступово трансформуються в більше число більш дрібних осередків. Такий спосіб перетворення називається розщепленням. Коли в деякій клітинці навантаження досягає того рівня, при якому існуюче в ній число каналів виявляється недостатнім для підтримки встановленої якості обслуговування абонентів (тобто ймовірність ненадання каналу при надходженні виклику виявляється більше встановленого значення, як правило, – до 5%), ця комірка розділяється на кілька дрібніших із зниженою потужністю передавачів. При цьому пропускна здатність мережі на території розщепленого осередку збільшується в число разів, рівне числу новоутворених осередків. Ця процедура може повторюватися до тих пір, поки мережа не досягне розрахункового значення своєї пропускної здатності.

Осередки невеликих розмірів потрібні тільки в центральній частині міста зі значною щільністю абонентів. Ближче до околиць щільність знижується, і розміри осередків можуть збільшуватися. Розщеплення осередків може проводитися досить гнучко як у просторі, так і в часі. За задумом розробників стільникової системи вона повинна з'явитися надзвичайно зручним засобом у руках проектувальників для можливості підвищення пропускної спроможності саме там і саме в той час, де і коли це необхідно.

10.3.2 Естафетна передача

Використання порівняно невеликих осередків створює проблему підтримки безперервності зв'язку. При русі по довільному маршруту об'єкт (абонент ССРР) протягом одного сеансу зв'язку може минути кілька осередків (рис.10.6). У цьому випадку безперервність зв'язку забезпечується здатністю системи автоматично передавати зв'язок з об'єктом тим базовим станціям, в зоні дії яких він опиняється у даний момент.

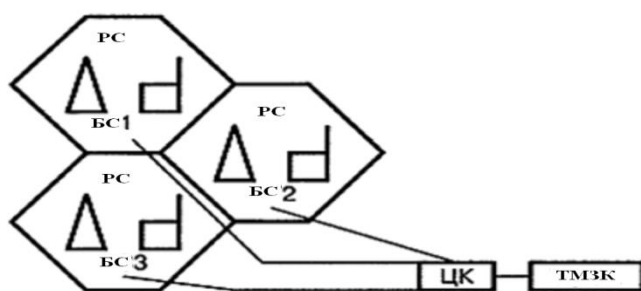


Рисунок 10.6 – Структура ССРЗ загального користування.

Завдяки безперервним вимірюванням рівнів сигналів, що надходять до центру комутації рухомого зв'язку від базових станцій, найближчих до об'єкту, що рухається, система може визначити момент перетину об'єктом кордону двох осередків і перемкнути розмовний канал з першого осередку на другий протягом досить малого проміжку часу, що не

приводить до порушення безперервності розмови. Така процедура, що отримала назву естафетної передачі (хендовер), вимагає досить складного алгоритму визначення саме того осередку з кількох сусідніх, куди пересувається об'єкт, а також швидкодіючих алгоритмів і схемотехнічних рішень, що забезпечують звільнення каналу у першій комірці і пошук вільного каналу з відновленням по ньому зв'язку у другій комірці.

Реалізація описаних основних принципів стільникової архітектури:

- використання малопотужних передавачів з радіопокриттям невеликих за розміром осередків;
- повторне використання частот у межах однієї зони обслуговування;
- поетапне збільшення пропускної спроможності за рахунок розщеплення осередків;
- забезпечення безперервності зв'язку у процесі пересування об'єкта від осередку до осередку

призвела на початку 80-х років до створення у ряді промислово розвинених країн Європи та Північної Америки ССРР, які поклали початок масовому впровадженню послуг рухомого зв'язку в усьому світі.

10.4 Системи персонального радіовиклику

Сучасний ринок послуг рухомого зв'язку характеризується високими темпами розвитку систем персонального радіовиклику (СПРВ), які гармонійно сполучаються з іншими системами радіозв'язку та передачі даних.

Персональний виклик (пейджинг) – послуга електрозв'язку, що забезпечує бездротову односторонню передачу інформації в межах обслуговуваної зони. За призначенням СПРВ можна розділити на приватні (відомчі) та загальногo користування. Приватні СПРВ забезпечують передачу повідомлень в локальних зонах або на обмеженій території в інтересах окремих груп абонентів.

Принципи побудови і роботи систем персонального радіовиклику. Під системою персонального радіовиклику (СПРВ) розуміють сукупність технічних засобів, через які за допомогою ТМЗК відбувається передача у радіоканал повідомлень обмеженого обсягу.

В основі роботи пейджингової системи лежить положення про те, що найчастіше немає необхідності організовувати двосторонній зв'язок, а досить передати тільки коротку інформацію (виклик). Ця задача вирішується шляхом використання радіопередавача при наявності у кожного абонента невеликого приймача, який називають пейджером. На початку свого розвитку СПРВ забезпечувала передачу на пейджер сигналу виклику, після одержання якого абонент повинен був зателефонувати за заздалегідь відомим номером телефону.

Схема, що пояснює принцип роботи найпростішої СПРВ, наведена на рис.10.7.

При необхідності передати сигнал виклику на пейджер, абонент ТМЗК телефонує на пейджинговий центр через міську АТС. Оператор центру приймає інформацію про номер пейджера, на який необхідно передати сигнал виклику. За допомогою клавіатури

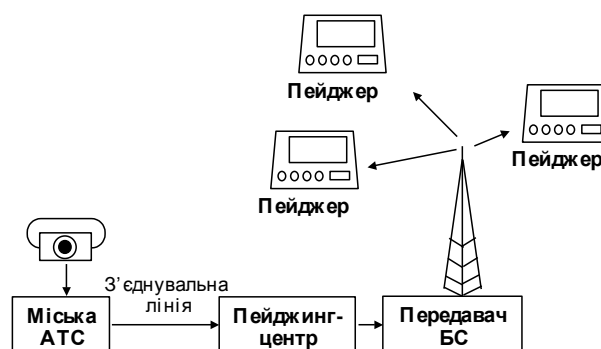


Рисунок 10.7 – Простіша СПРВ

оператор набирає номер пейджера, власник якого викликається.

Після відповідних перетворень це повідомлення (номер пейджера) у вигляді модулюючого електричного сигналу надходить на передавач базової станції (БС). Антена БС випромінює сформований ВЧ сигнал, який і приймається пейджером. Після цього абонент – власник пейджера телефонує на спеціальний номер ТМЗК.

Згодом з'явилася можливість поряд із сигналами виклику передавати цифрові чи алфавітно-цифрові повідомлення. Останнім часом з'явилася можливість приймати на пейджер мовні повідомлення і відтворювати їх динаміком пейджера. Крім того, у СПРВ нових розробок може бути організований контроль за фактом і правильністю доставки повідомлення на пейджер. Для забезпечення такого контролю необхідний уже дуплексний зв'язок між БС і пейджером.

Застосування у пейджингових системах зв'язку кодування й ущільнення сигналів, які передаються, дає можливість використовувати один радіоканал для обслуговування кількох тисяч абонентів. Крім того, малі розміри і вага пейджера, доступні ціни порівняно з цінами стільникових і транкингових систем, у деяких випадках роблять пейджинговий зв'язок досить привабливим.

За своїм призначенням СПРВ розділяють на відомчі і загального користування.

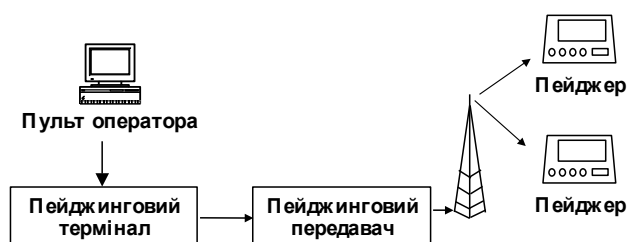


Рисунок 10.8 – Варіант відомчої мережі СПРВ

Відомчі СПРВ (рис.10.8) забезпечують передачу повідомлень на обмеженій території або у локальних зонах в інтересах окремих груп користувачів. Як правило, передача повідомлень у таких СПРВ здійснюється з пультів операторів (диспетчерів) без взаємодії з ТМЗК. Відомчі пейджингові мережі побудовані за радіальним принципом і використовуються у

межах підприємств для забезпечення оперативного зв'язку керівництва зі співробітниками. Основними особливостями таких мереж є обмежене число абонентів і порівняно невеликий радіус дії (до 5 км). Типові області застосування таких мереж: великі промислові підприємства, аеропорти, вокзали, лікарні і т. д.

Одним з основних пристроїв цієї системи є пейджинговий термінал. Він перетворює повідомлення, які надходять з пульта оператора, в спеціальні сигнали і керує малопотужним (до 5 Вт) передавачем. Іноді термінал і передавач об'єднані в одному корпусі. У найпростіших терміналах повідомлення, які необхідно передати, вводяться оператором за допомогою клавіатури. У сучасніших системах до терміналу підключається персональний комп'ютер (ПК).

Під СПРВ загального користування розуміється сукупність технічних засобів, якими через ТМЗК відбувається передача у радіоканал повідомлень обмеженого обсягу. Розвиток СПРВ відбувається шляхом впровадження техніки автоматичного взаємодії з ТМЗК, застосування цифрових способів передачі викликів (адрес) і повідомлень в буквено-цифровому коді, підвищення пропускну здатності і завадостійкості, через мініатюризацію і зменшення споживання електроенергії кінцевими пристроями.

У наш час різними фірмами США, Великобританії, Японії та інших країн розроблені численні типи національних і приватних СПРВ. Ключовим фактором у розвитку СПРВ з'явилася стандартизація радіоінтерфейсу.

У 1978 році був вперше опублікований стандарт на код POCSAG (Post Office Code Standardization Group) і були зроблені пропозиції щодо його широкого впровадження для передачі тональних повідомлень. У 1979 році був опублікований код POCSAG для передачі цифрових і буквено-цифрових повідомлень зі швидкістю 512 біт/с, пізніше швидкість була доведена до 1200 і 2400 біт/с. Код POCSAG був затверджений МККР у 1982 році (рекомендація 584). Сьогодні код POCSAG застосовується в більшості існуючих СПРВ.

Вимоги до функціонального розвитку мереж СПРВ, збільшення швидкості передачі повідомлень, а також інтеграції національних мереж СПРВ в транснаціональні привели до необхідності розробки у 1992 році в рамках ETSI (Європейський інститут по стандартизації у галузі телекомунікацій) загальноєвропейського стандарту на СПРВ, що отримав назву ERMES (European Radio MESSaging System).

Передбачена можливість інтеграції з СПРВ POCSAG. Очікувалося, що до 2000 року послугами СПРВ ERMES будуть користуватися близько 100 млн. абонентів.

Новим напрямком у розвитку СПРВ є розроблений у 1995 р. фірмою Motorola код FLEX і СПРВ на його основі. Фірмою представлені пейджери, що підтримують всі три стандарти – POCSAG, ERMES і FLEX.

Початок впровадження СПРВ в СРСР відноситься до 1980 року, коли в Москві в період літніх Олімпійських ігор була відкрита СПРВ на основі обладнання фірми Multi-Tone (Великобританія).

Другий етап розвитку СПРВ у пострадянських державах відноситься до осені 1993 року, коли практично одночасно цю роботу почали компанії "Вессо-Лінк", "Радіо-Пейдж" і "Інформ-Еском".

До основних переваг СПРВ ERMES відносяться:

- спільна мережа для всіх європейських країн і спільноєвропейський роумінг;
- спільний радіоінтерфейс, що забезпечує високу ємність мережі при передачі різних видів повідомлень, включаючи текстові, у вузькій смузі частот;
- спільна специфікація на приймачі персонального радіовиклику.

10.5 Конвенціональні системи радіозв'язку

Системи із закріпленими каналами призначені для використання в умовах невисокої щільності абонентів (або, точніше, ідентифікаторів (позивних), під яким може розумітися як один абонент, так і група абонентів, що мають індивідуальні або групові ідентифікатори). Групи/абоненти закріплені за тим або іншим радіоканалом, і цей канал обирається абонентом (але не системою).

10.5.1 Локальні системи

Локальні системи (симплексні радіомережі малого радіуса дії) призначені для організації прямого радіозв'язку (direct mode) на невеликій території – класичний приклад конвенціонального радіозв'язку.

У найпростішому випадку це група користувачів, що працюють на одній частоті (симплексному каналі). Всі радіоабоненти чують один одного й викликають необхідного абонента голосом. У такому випадку число радіостанцій, як правило, невелике (2-20). У радіомережі можуть використовуватися ручні, автомобільні й стаціонарні радіостанції. (З технічного боку) Всі вони рівнозначні. Зрозуміло, дальність зв'язку між автомобільними (стаціонарними) станціями вище. Радіус дії радіостанцій без використання базової станції (БС) становить 1-3 км для носимих та 5-8 км для возимих.

Найпростіший метод побудови системи зв'язку. Характерні особливості – обмежений радіус дії, простота організації, мінімум витрат.

Застосовується службами пожежної охорони, на автомобільному транспорті, будівельники, служби охорони локальних об'єктів, групи телеоператорів, організатори масових заходів, а також в інших галузях. У таких радіомережах не використовуються ретранслятори, тому вони мають невелику зону дії й, як правило, застосовуються на невеликих площах, у будинку або групі будинків розміщених один біля одного, невеликому селищі. Тобто там, де вимоги по дальності мінімальні й обмежені радіусом дії радіостанцій. Використовуються звичайні радіостанції з урахуванням специфічних вимог до них. Істотне розширення функціональних можливостей вносить використання радіостанцій з вбудованим сигналінгом (CTCSS, DTMF тощо).

Для роботи системи необхідно одна частота. Залежно від типу застосовуваних станцій можливі два різновиди мереж:

- радіомережі без індивідуального виклику, що працюють за принципом "один говорить – всі чують";
- радіомережі з індивідуальним і груповим викликом, у яких можлива робота на одній частоті кількох груп користувачів з використанням CTCSS або DTMF.

CTCSS – система ідентифікації сигналу "свій/чужий", призначена розділяти користувачів, що працюють в одному частотному діапазоні, на групи. Користувачі з однієї групи можуть чути один одного завдяки ідентифікаційним кодам.

DTMF – двотональний багаточастотний аналоговий сигнал, використовуваний для набору телефонного номера. Сфера застосування тональних сигналів: автоматична телефонна сигналізація між пристроями, а також ручне введення абонентом для різних інтерактивних систем, наприклад голосової автовідповіді. DTMF використовує смугу частот, що відповідає телефонії.

10.5.2 Диспетчерські системи

Велика частина систем радіозв'язку у ДСНС у наш час побудована у вигляді конвенціональних диспетчерських мереж (рис.10.9). Слово "диспетчерські" у початковому змісті слова, припускає наявність людини (диспетчера) при організації переговорів.

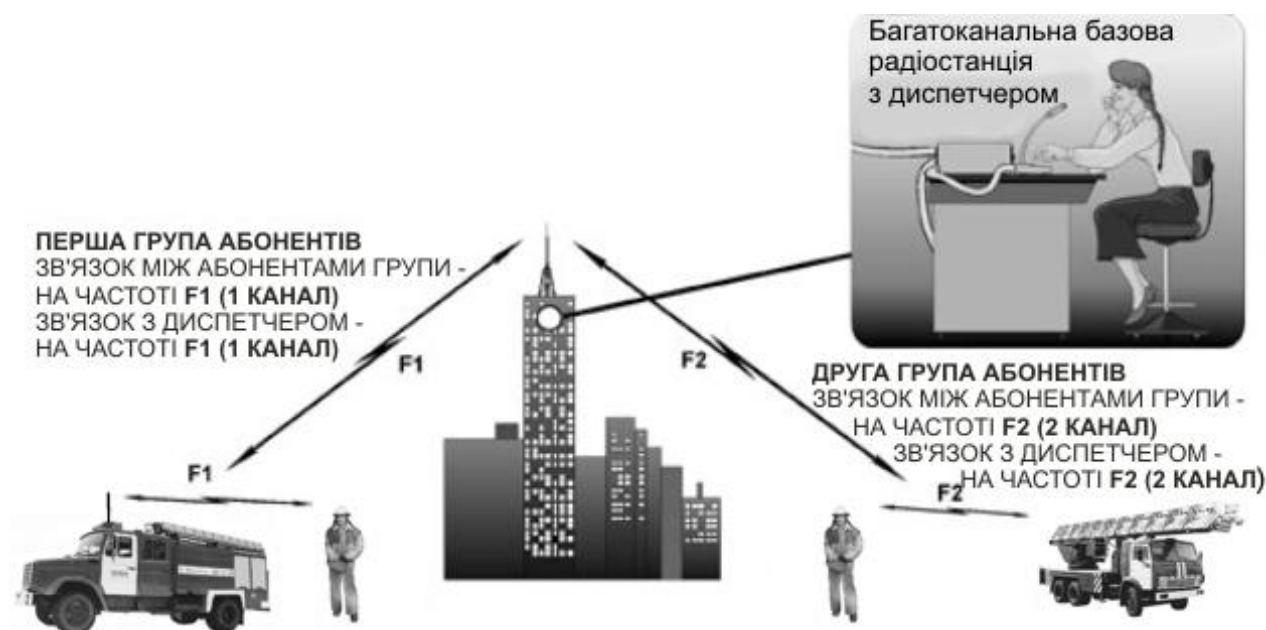


Рисунок 10.9 – Організація диспетчерського радіозв'язку

У конвенціональних диспетчерських системах за кожною групою абонентів закріплюється виділений частотний канал. Такий спосіб організації радіозв'язку є досить ефективним у тих випадках, коли загальна кількість абонентів системи невелика, а необхідна зона радіопокриття обмежена. Абонент через возиму, носиму, або стаціонарну радіостанцію здійснює виклик диспетчерського пункту на певній частоті, потім диспетчер передає повідомлення іншому абонентові на тій же або на іншій частоті.

Наприклад: одна група абонентів працює на частоті 1 (перший канал), а інша група на частоті 2 (другий канал). У цьому випадку, якщо виникає потреба у передачі повідомлення між абонентами різних груп, зв'язок неможливий.

Завдання диспетчера полягає у тому, щоб "ретранслювати" сигнал або перерозподіляти виклики по частотним каналам. При використанні диспетчерської (багатоканальної) радіостанції, прийом інформації від 1-ї групи здійснюється на одному каналі, потім диспетчер перемикається на частотний ка-

нал 2-ї групи й передає повідомлення в ефір. При такій організації можна використовувати прості радіостанції з мінімумом каналів й одну багатоканальну для диспетчера.

Основною перевагою конвенціональної диспетчерської системи радіозв'язку є простота й невисока вартість. До недоліків можна віднести неефективне використання частотного спектра й обмежений набір сервісних функцій. Диспетчерські радіомережі найчастіше використовуються для організації технологічного або службового радіозв'язку.

Системи з використанням диспетчерського пункту найбільш часто використовуються міліцією, пожежною охороною, службою швидкої допомоги, де на диспетчера покладаються функції керування.

10.5.3 Диспетчерські системи на базі симплексної радіостанції

Первинним завданням будь-якої системи зв'язку є забезпечення необхідної дальності зв'язку. Проте дальність радіозв'язку в УКХ діапазоні обмежена властивостями радіохвиль огинати кривизну земної поверхні. Кривизна поверхні Землі не дозволяє здійснювати зв'язок за межі горизонту для УКХ діапазону. Це означає, що між портативними радіостанціями, що перебувають у руках людини на відкритій рівнинній місцевості, зв'язок можливий на відстані близько 5 км. Якщо потрібна більша дальність зв'язку, то застосовують різного типу ретранслятори, високо розташовану антену хоча б у однієї з двох радіостанцій, що зв'язуються між собою.

Призначення однієї з абонентських станцій як стаціонарної диспетчерської радіостанції (з установкою базової антени на значній висоті) дозволяє розширити зону дії по радіусу від диспетчерської станції приблизно до 10 км по носимих та до 20-50 км по возимих радіостанціях. Побудова диспетчерської системи зазвичай передбачає наявність високої антени стаціонарної диспетчерської симплексної радіостанції, що забезпечує зв'язок для автомобільних і портативних абонентських станцій з диспетчером на відносно великій дальності. Таким чином, призначенням таких систем є забезпечення мобільного зв'язку на відносно великій території між абонентами й диспетчером поряд із забезпеченням можливості організації зв'язку й між абонентами, але на таких відстанях, як і в локальних системах. Подібна схема дуже поширена у МВС, ДСНС (практично всі аварійно-рятувальні частини мають власну диспетчерську радіостанцію, що управляє роботою підрозділів), а також у тих організаціях, де є досить тверда прив'язка до диспетчера (наприклад, на річковому або залізничному транспорті), а зв'язок у групі (між собою) потрібний на невеликій відстані (1-2 км). У радянські часи подібна схема радіозв'язку була найпоширенішою.

Істотне розширення функціональних можливостей вносить використання радіостанцій з вбудованим сигналінгом (передачею сигналів).

При цьому зв'язок між двома абонентськими станціями можливий тільки на невеликих відстанях. Якщо виникає потреба у зв'язку на великій відста-

ні, то повідомлення між абонентами повинен повторити диспетчер. Це уповільнює зв'язок, роблячи його незручною і ненадійною.

Якщо диспетчер потрібний лише для збільшення дальності зв'язку (без функції керування), то буде логічно використати ретранслятор.

10.5.4 Диспетчерські системи на базі ретранслятора

Використання спеціального технічного приладу – прийомопередавача (ретранслятора), що приймає сигнал від абонентської радіостанції на одній частоті й одночасно передає його на іншій, дозволяє організувати взаємодію всіх абонентів між собою на всій території дії ретранслятора (тобто зв'язок може бути не тільки із центральною станцією на великій відстані, але й абоненти можуть зв'язуватися між собою). При такій схемі у випадку використання диспетчера йому не обов'язково бути поруч із диспетчерською радіостанцією (аналогічно до диспетчерської системи на базі симплексної радіостанції), він може перебувати в будь-якому місці в зоні дії ретранслятора і як диспетчерську станцію використовувати звичайну абонентську радіостанцію. Дане рішення найпоширеніше й має істотну гнучкість. Використовується практично всіма основними користувачами, наприклад ДСНС, МВС, нафтогазовим комплексом тощо. Істотне розширення функціональних можливостей вносить використання радіостанцій з вбудованим сигналінгом.

Крім своєї основної функції (збільшення дальності), ретранслятори дозволяють створювати складні системи зв'язку. Хоча сам по собі ретранслятор звичайно лише приймає й передає сигнал, але саме це відкриває широкі можливості керування. За допомогою ретранслятора сигнали всіх абонентських радіостанцій "збираються" в одному місці. Це значить, що їх можна аналізувати після прийому й змінювати перед передачею. Це здійснюється за допомогою спеціальних контролерів, що підключаються до ретранслятора.

Контролери – досить складні електронні пристрої, що виконують більшість функцій по ідентифікації абонентів, обмеженню доступу до системи, об'єднанню в рамках єдиної мережі декількох систем, стикування з телефонною мережею й багато чого іншого.

Звичайне створення мережі з конкретними завданнями полягає в підборі необхідного контролера. В наш час випускаються контролери для вирішення практично всіх завдань у радіозв'язку. До речі, організація мереж з автоматичним вибором вільного каналу (транкингових мереж) також зводиться до підключення до ретрансляторів спеціальних транкингових контролерів.

Дуплексні радіомережі. Радіозв'язок здійснюється одночасно на двох частотах. На одній з частот здійснюється прийом, на іншій – передача. При повному дуплексі (як і при напівдуплексі) використовуються дві частоти, але абонентські радіостанції в один момент часу перебувають одночасно й у режимі прийому, і передачі, тобто аналогічно телефону. Безперечно, це підвищує зручність переговорів, тому що вони ведуться у звичній для людини манері. Але використання дуплекса істотно ускладнює й, отже, здорожує устаткування, тому що абонентська станція повинна містити два незалежних трак-

ти – приймач і передавач (у симплексних станціях основну частину електричної схеми звичайно поєднують). Крім того, у більшості систем дуплексний зв'язок неможливий між радіоабонентами, а використовується тільки при з'єднаннях з телефонною мережею. Але навіть при цьому в професійних системах зв'язку (наприклад, у транкингових системах МРТ1327), при проведенні дуплексного зв'язку виділяються два дуплексні канали (4 радіочастоти). Це підвищує навантаження на систему й вимагає збільшення каналів, а це, у свою чергу, веде до ускладнення й, отже, здорожчання системи. Існують варіанти дуплекса у різних частотних діапазонах, наприклад: прийом на 138–174 МГц, а передача у смузі 400–470 МГц. Але такий підхід також пов'язаний з рядом складностей: виділення частот у різних діапазонах, ускладнення системи, підвищені вимоги до налаштування. У серйозних виробників устаткування, розраховане на роботу у міждіапазонному дуплексі (звичайно називають "крос-діапазонний" дуплекс), фактично не виробляється.

За цим принципом побудовані телефонні системи. Для організації професійного рухомого радіозв'язку дуплексний радіозв'язок практично не використовується.

Напівдуплекс (двочастотний симплекс). Радіозв'язок здійснюється з використанням двох частот: прийомної та передавальної, але, в порівнянні з дуплексом, не одночасно, а по чергові. В один момент часу абонент може знаходитися або в режимі "передача" або "прийм". Двочастотний симплекс використовується при організації мереж з використанням ретрансляторів.

10.6 Принципи ретрансляції

Ретранслятор – це пристрій, що приймає радіосигнал і знову передає його в ефір. Навіщо потрібна така "перепередача"? Справа у тому, що для збільшення дальності зв'язку необхідно врахувати кулястість Землі, а це досягається підйомом приймача й/або передавача. Якщо в системі є рухомі абоненти, аварійно-рятувальні спецавтомобілі ДСНС з системами радіозв'язку, то єдиним виходом стає застосування окремого пристрою, встановленого на достатній висоті, що буде приймати й з висоти передавати повідомлення, "розширюючи горизонт". Найбільшу зону охоплення буде мати ретранслятор, установлений на штучному супутнику Землі у космосі. Для забезпечення охоплення невеликих територій найбільш простим варіантом буде установка ретранслятора на штучному або природному висотному спорудженні (будинок, щогла, пагорб).

Практично всі сучасні системи зв'язку мають у своєму складі ретранслятори. Серед рідкісних винятків можна згадати системи, що забезпечують магазини, будівельні майданчики, стадіони тощо, де не потребується встановлення ретрансляторів. В інших випадках потрібна зона охоплення, що перевищує можливості прямого зв'язку.

Тепер є можливість з'ясувати в яких випадках застосовується симплекс і двочастотний симплекс.

10.6.1 Двочастотна ретрансляція

При наявності парку сучасних радіостанцій проблему збільшення дальності зв'язку вирішують шляхом створення конвенціональної радіомережі з дуплексним ретранслятором, що має високу антену. З рис.10.10 видно роботу напівдуплексу (двочастотного симплексу).

Позначимо частоту приймача ретранслятора R (зазвичай більш низькочастотну) як F_H (148 МГц), а частоту його передавача як F_B (172 МГц). Абонентські станції повинні мати навпаки – частоту прийому F_B і частоту передачі F_H .

Через те, що ретранслятор безупинно 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 відрізнятися на певну величину (залежить від устаткування, системи тощо – для систем службового радіозв'язку рознесення частот становить близько 500 кГц та більше). Відповідно в абонентських радіостанціях повинні використовуватися ті ж частоти, але в "перегорнутому" вигляді (приймачна частота ретранслятора повинна відповідати передавальній в радіостанції і навпаки).

Припустимо, що вихід приймача і вхід передавача ретранслятора R, поєднані між собою по низькій частоті $F_{нч}$. Тоді, якщо один з абонентів натисне тангенту і почне говорити, його передавач почне випромінювати сигнал на частоті F_H . Приймач ретранслятора приймає цей сигнал, і у вигляді демодульованого низькочастотного сигналу подає його на вхід передавача, який модулює цим сигналом частоту F_B і випромінює її в ефір. Всі інші абоненти, для яких F_B є частотою прийому чують цього абонента і потім абоненту відповідають. Перший абонент, який вже відпустив тангенту чує відповідь і підтримує сеанс радіозв'язку.

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. Якщо зона дії ретранслятора близька до кола з радіусом 60 км (що справедливо для рівнинної місцевості), то, якщо радіоабоненти розташовані на протилежних кінцях діаметра цієї окружності, дальність зв'язку між ними може досягати 120 км. Диспетчер, тобто особа, яка організовує зв'язок, може бути та-

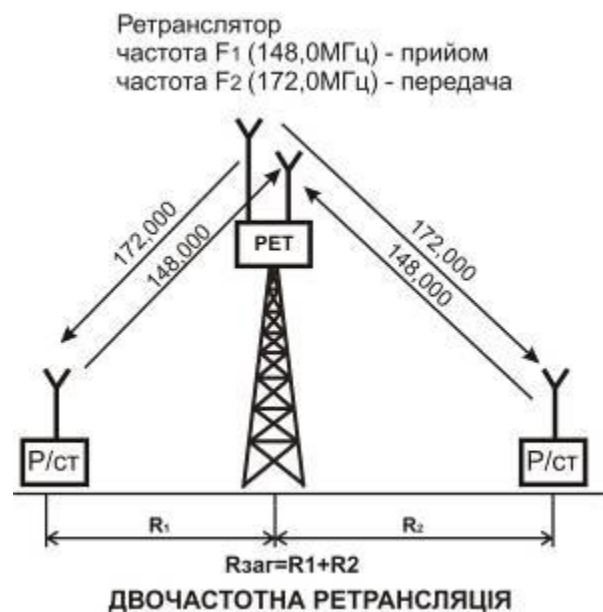


Рисунок 10.10 – Використання двочастотних ретрансляторів

кож рухомим абонентом, що часто буває необхідним при виконанні службового завдання групою радіоабонентів.

Через те, що у всіх абонентських радіостанцій однакові передавальні й прийомні частоти, то прямий зв'язок між ними неможливий (навіть при безпосередній близькості радіостанцій зв'язок буде здійснюватися через ретранслятор).

Описана найпростіша конвенціональна система працездатна, але реальні системи мають деякі відмінності і побудовані за більш складними схемами. Розглянемо докладніше ці відмінності. На відміну від приймача немає необхідності тримати постійно включеним передавач ретранслятора. До того ж, постійна робота передавача скорочує його ресурс через більш важкий тепловий режим. У найбільш простому випадку передавач включається при появі несучої (сигналу) на частоті приймача ретранслятора, здійснюється це за сигналом спрацювання шумоподавлювача. Такий ретранслятор застосовується досить часто. Однак він, як і описаний найпростіший ретранслятор має недолік – сигнали різних перешкод призводять до включення передавача, а через велику височину антени ретранслятора це може відбуватися досить часто, наприклад через наддалеке поширення радіохвиль. Крім марного нагріву передавача, це призводить до того, що всі радіоабоненти мережі змушені прослуховувати ці додаткові перешкоди, які без ретранслятора на свої низько розташовані антени вони б не брали.

Для виключення цього недоліку застосовують управління включенням шумоподавлювача по субтональному сигналу, яким промодульована несуча корисного сигналу. Субтональний сигнал це синусоїдальна напруга з частотою нижче 300 Гц. Значення цієї частоти є ознакою даної радіомережі. Глибина модуляції цією частотою вибирається невеликою, щоб не заважати модуляції корисним сигналом. Прийнятий сигнал у приймачі після демодуляції подається одночасно на цифровий фільтр, налаштований на частоту субтону і на фільтр високих частот, що пропускає в підсилювач низької частоти тільки частоти вище 300 Гц. Ключ шумоподавлювача спрацьовує, якщо після цифрового фільтра буде виявлений субтон з потрібною частотою. Імовірність появи перешкоди з правильним субтоном невелика, тому ретранслятор буде відкриватися практично тільки на корисний сигнал.

На відміну від симплексних мереж напівдуплексні мережі з дуплексним ретранслятором не дозволяють здійснювати прямий зв'язок з іншою абонентською станцією без перемикавання частот.

Дійсно у кожній з абонентських станцій на рис.10.10 частота F_1 є частотою прийому, а F_2 частотою передачі, а значить жодна зі станцій не чує іншу безпосередньо, а тільки через ретранслятор. Однак нерідко виникає необхідність у прямої радіозв'язку, наприклад зв'язку між двома автомобілями, які виїхали за зону дії ретранслятора. У цьому випадку необхідно користувачу радіостанції, що ініціалізує зв'язок, переключити свою станцію на інверсний канал (тобто канал, де частоти прийому та передачі записані навпаки, як у ретрансляторі) і викликати необхідну станцію для зв'язку.

Після закінчення сеансу зв'язку потрібно переключити станцію на колишній канал, що необхідно, щоб не пропустити виклик від інших радіостанцій або ретранслятора.

10.6.2 Одночастотна ретрансляція

Якщо не вистачає частот (найпоширеніший випадок), то можна обійтися симплексом.

У такому випадку абонентське встаткування залишається тим же, тільки в ньому програмуються однакові прийомні й передавальні частоти (рис.10.11). Як ретранслятор можна використати звичайну абонентську радіостанцію, але вона не прийматиме й передаватиме одночасно.

Для роботи такого ретранслятора (його звичайно називають симплексним, "симплексер", "луна-репітер", "зозуля" або "папуга") потрібний спеціальний пристрій – контролер симплексного ретранслятора. Пристрій являє собою так званий цифровий магнітофон, що після декодування оцифровує і записує у пам'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.

У разі, якщо абонент знаходиться недалеко від того, що викликає, він спочатку чує повідомлення прямо від абонента, потім повтор цього повідомлення репітером. Тільки після цього він може відповідати. Потім він змушений буде прослухати повтор своєї відповіді і потім знову двічі прослухати нове повідомлення свого співрозмовника. Якщо радіоабонент, що викликається, знаходиться далеко від того, що викликає, то він уже не чує прямого сигналу, а приймає тільки сигнал репітера. Зв'язок у цьому випадку також відбудеться. Гранична відстань між абонентами при цьому може бути у багато разів більше, ніж при прямому зв'язку.

Виходить, що досить однієї частоти й однієї (не дуплексної) радіостанції.

Такий зв'язок удвічі уповільнює темп радіозв'язку і робить зв'язок менш зручним. Але у ряді випадків це може бути єдиним виходом, наприклад, якщо використовується застарілий парк радіостанцій або радіостанції в низькочастотному діапазоні, де не передбачені дуплексні частотні пари.



Рисунок 10.11 – Використання одночастотних ретрансляторів

Такі луна-репітери на базі автомобільних радіостанцій використовуються для організації тимчасового зв'язку при проведенні будь-яких задач або робіт, коли відстані, що перекивається прямим зв'язком виявляється недостатньою.

При всій простоті й відносній дешевизні методу, у нього є серйозний недолік: абонент повинен витратити час на промову повідомлення, і потім чекати, поки воно відтвориться в ефірі. Таким чином, на радіопереговори при використанні симплексного ретранслятора буде потрібно у два рази більше часу, ніж при використанні дуплексного. 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.

Таким чином, дуплекс застосовують при безперервній ретрансляції, симплекс – у випадках прямого зв'язку (без ретрансляторів) або у випадку симплексної ретрансляції.

10.7 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. Наприклад, для організації зв'язку уздовж трубопроводу, уздовж ліній електропередач (низька щільність абонентів, рідко розташовані центри керування) або для організації зв'язку на великій площі (з низькою щільністю абонентів), наприклад, для організації зв'язку для регіональних митних управлінь тощо.

Подібну організацію можна розглядати як сукупність однозонових систем, об'єднаних в одну загальну мережу (рис.10.12).

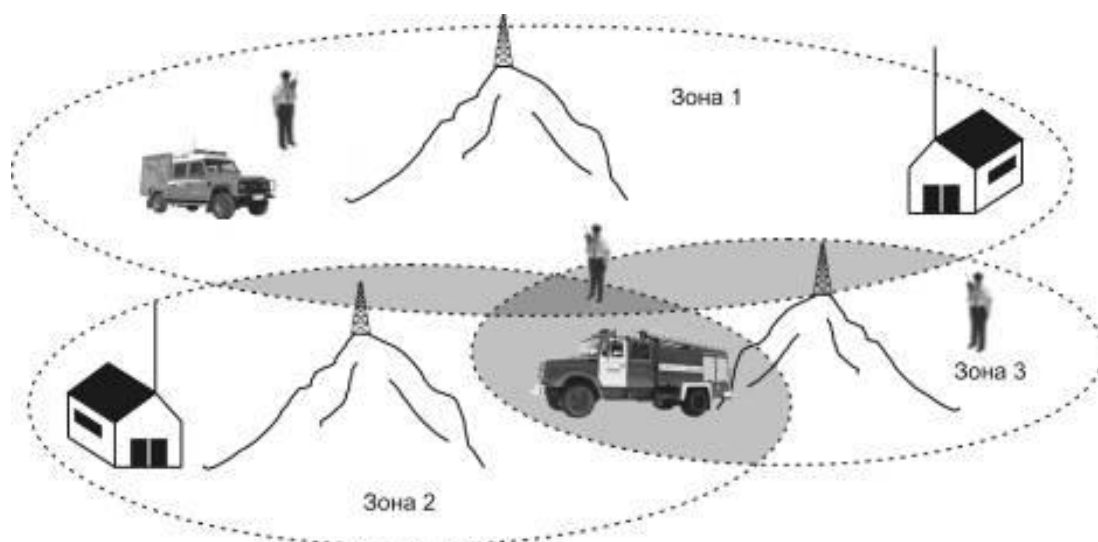


Рисунок 10.12 – Багатозонова система радіозв'язку

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 пульта (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 радіостанцій з убудованим сигналінгом.

Підключення до телефонної мережі. Досить часто при побудові систем зв'язку існує необхідність з'єднання з міською або відомчою телефонною мережею. Одним з методів вирішення цього завдання може бути застосування телефонних інтерфейсів.

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.10.13). А сигнали радіостанції у вигляді 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.

До переваг даного методу стикування з телефонною лінією, варто віднести відносну дешевизну реалізації, простоту підключення, можливість використання практично в будь-яких системах радіозв'язку з будь-яким радіоустаткуванням. До недоліків – легкий доступ до системи. Будь-яка радіостанція, обладнана DTMF-клавіатурою, може вийти на телефонний інтерфейс. Підслухати й розшифрувати пароль доступу при певних навичках і наявності відповідного встаткування – досить проста справа.

Найпоширеніші моделі телефонних інтерфейсів дозволяють при одному базовому пристрої викликати донабором однієї цифри (від 0 до 9) до десяти віддалених абонентів (рухомих радіостанцій), а віддалених (мобільних) станцій



Рисунок 10.13 – Підключення системи радіозв'язку до телефонної мережі

– 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.

Список використаних джерел

1. 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 ДСНС України, 2007 – 224 с.
2. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони. Наказ № 755 від 19.07.2001 р.
3. Чудинов В.Н., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники: Учеб. Пособие для пожарно-технических училищ. – М.: Радио и зв'язок, 1986. – 272 с.: ил.
4. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Є. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Призначення та загальна класифікація мобільних систем радіозв'язку.
2. Основні характеристики систем рухомого радіозв'язку.
3. Основні вимоги до систем професійного рухомого радіозв'язку та їх різновиди.
4. Принципи побудови та функціонування транкінгових систем рухомого радіозв'язку.
5. Стільникові системи рухомого радіозв'язку.
6. Побудова та робота системі персонального радіовиклику.
7. Особливості функціонування та різновиди конвенціональних системи рухомого радіозв'язку
8. Призначення та різновиди радіоретрансляторів.

РОЗДІЛ 11

СУПУТНИКОВІ ТА РАДІОРЕЛЕЙНІ СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ. ВІДОМЧА МЕРЕЖА СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ ДСНС УКРАЇНИ

В умовах росту числа надзвичайних ситуацій оперативний супутниковий радіозв'язок є важливим засобом підвищення ефективності управління силами і засобами ПРС ДСНС України.

Вибір найбільш прийнятної для ОРС ЦЗ системи мобільного радіозв'язку здійснюється, як правило, з урахуванням можливостей цих систем (тобто видів і послуг зв'язку) та економічних аспектів, тобто вартості устаткування, кількості абонентів, що обслуговуються та інших факторів.

11.1 Радіорелейні системи передачі

Радіорелейний зв'язок (РРЗ) – один з видів наземного радіозв'язку, заснований на багаторазовій ретрансляції радіосигналів з метою збільшення дальності лінії радіозв'язку. Цей зв'язок здійснюється, як правило, між стаціонарними об'єктами.

Історично РРЗ між станціями здійснювався з використанням ланцюжка ретрансляційних станцій, які могли бути як активними, так і пасивними.

Радіосистема передачі, у якій сигнали електрозв'язку передаються за допомогою наземних ретрансляційних станцій, називається *радіорелейною системою передачі* (рис.11.1).

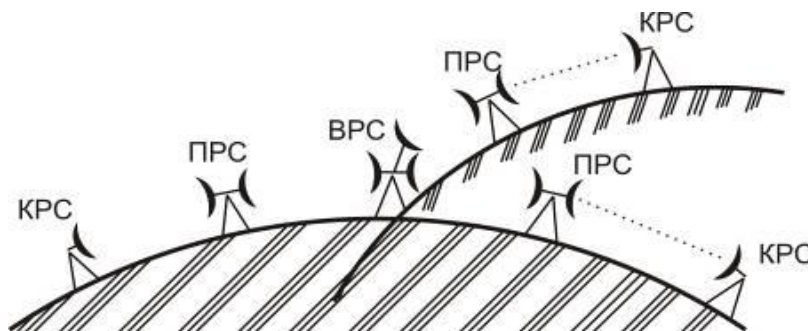


Рисунок 11.1 – Принцип радіорелейного зв'язку

КРС – кінцева радіорелейна станція; ПРС – проміжна радіорелейна станція; ВРС – вузлова радіорелейна станція

Відмінною особливістю РРЗ від усіх інших видів наземного радіозв'язку є використання вузькоспрямованих антен (рис.11.2), а також дециметрових, сантиметрових або міліметрових радіохвиль.

Різновиди радіорелейного зв'язку:

- радіорелейний зв'язок прямої видимості;
- тропосферний радіорелейний зв'язок;
- іоносферний радіорелейний зв'язок;
- метеорний радіорелейний зв'язок.

Порівняно з провідниковими чи оптоволоконними лініями радіолінії мають переваги і недоліки.

До переваг слід віднести:

- значно коротший термін на побудову ліній, оскільки не треба займатись прокладенням цих ліній в землі чи на опорах;
- можливість зв'язатись в умовах, які для кабельних ліній є або критичними, або взагалі неможливими: в складних природних умовах (через болото, річку, забрудненість), коли кореспондент переміщується, рухається;
- не треба відчужувати землі для прокладення ліній;
- систему зв'язку, що використовує радіолінії, легко перебудувати для зв'язку з іншими кореспондентами; можна організувати глобальний зв'язок.



Рисунок 11.2 – Радіорелейні антени

До недоліків відносяться:

- необхідність реєструвати (одержувати ліцензію) частоту в державних органах України;
- у радіолінії можуть з'явитися різноманітні перешкоди: від інших радіоелектронних засобів, промислових та медичних служб, блискавки і т.і.;
- радіорелейне обладнання дещо дорожче, порівняно з обладнанням, орієнтованим на кабельні лінії зв'язку;

– при випромінюванні радіосигналів одночасно може опромінюватись і обслуговуючий персонал;

– порівняно з ВОЛЗ, у радіолініях дещо гірші умови передачі сигналів, тому в них не вдається отримати дуже низькі ймовірності похибок (менші $P_{\text{пох}} = 10^{-8} \dots 10^{-9}$), а також швидкості більші $10 \dots 100$ Гбіт/с.

Для професіональних радіосистем зв'язку, в тому числі й СРСП, можуть використовуватись різноманітні діапазони (табл.11.1).

11.1.1 Радіорелейний зв'язок прямої видимості

Як правило під РРЗ розуміють саме радіорелейний зв'язок прямої видимості. В цьому випадку при побудові радіорелейної лінії зв'язку антени сусідніх радіорелейних станцій розташовуються у межах прямої видимості (рис.11.3).

Радіорелейні лінії (РРЛ) займають діапазони УВЧ і НВЧ, причому границя між аналоговими й цифровими радіорелейними системами (РРС) лежить поблизу частоти 11 ГГц. На цих частотах надійний зв'язок з низьким рівнем перешкод може бути отриманий лише в умовах прямої видимості між антенами, які випромінюють радіохвилі. Відстань між антенами радіорелейних систем залежить від структури земної поверхні й висоти антен над нею. Типові відстані становлять 40-50 км при висотах веж і щогл, на яких встановлюються антени, близько 100 м. Обмеженість відстані прямої видимості не слід розгля-

дати як недолік. Саме за рахунок неможливості вільного поширення радіохвиль на більші відстані усуваються взаємні перешкоди між радіорелейними системами передачі всередині однієї країни та різних країн. Крім того, у зазначених діапазонах практично відсутні атмосферні та промислові перешкоди.

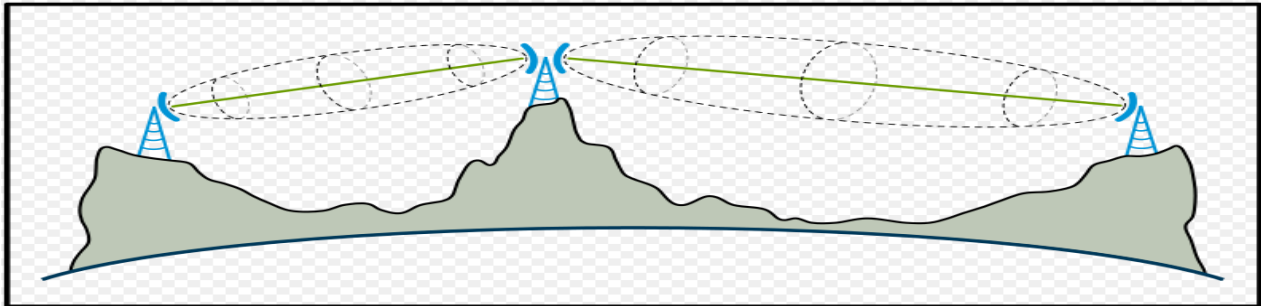


Рисунок 11.3 – Траси радіорелейного зв'язку

Анени можуть працювати в режимі передачі і прийому для одночасної передачі в протилежних напрямках з використанням двох частот: f_1 й f_2 . При цьому, якщо станція передає сигнал на частоті f_1 і приймає на частоті f_2 , то сусідні з нею станції передають на частоті f_2 , а приймають на частоті f_1 . Ця пара частот утворює радіочастотний ствол.

Таблиця 11.1 – Основні параметри аналогових радіорелейних систем

Параметр	Значення параметра для аналогової радіорелейної СП							
	КУРС-4М	КУРС-6	"Радуга-4"	"Радуга-6"	"Електроника-связь-6-1"	КУРС-2М-2	КУРС-8	КУРС-8-ОУ
Діапазон частот, ГГц	3,4..3,9	5,67... 6,17	3,4..3,9	5,67... 6,17	5,67..6,17	1,7... 2,1	7,9..8,4	7,9..8,4
Число каналів ТЧ у ТЛФ стволі	1020	1320	1920	1920	1020/1920	720	300	300
Потужність ПРД, Вт	1	7,5	0,5; 2; 4	1; 3	1; 3	0,4	0,3	0,4
Коефіцієнт шуму ПРМ	2,8	10	2,8	2,8	2,8	4,5	10	10
Число дупл. стволів	8	8	8	8	8	4	4	4
Первинна мережа	Магістральна					Внутрішньо зонава		

Аналогові РРС призначені в основному для передачі багатоканальних телефонних сигналів в аналоговій формі і сигналів даних з низькою та середньою швидкістю по каналах тональної частоти (ТЧ – канал який забезпечує

передачу повідомлень з ефективною смугою частот 300...3400 Гц, відповідає основному спектру телефонного сигналу), а також сигналів телебачення. Цифрові РРС використовуються для організації цифрових трактів зі швидкостями від 2 до 140 Мбіт/с.

Більшість станцій РРЛ це проміжні радіостанції (ПРС), які відіграють роль активних ретрансляторів. На всіх станціях РРЛ доцільно мати однотипну уніфіковану прийомо-передавальну апаратуру (ППА), що задовольняє вимогам заданого частотного плану.

Найбільш часто використовується ППА, у якій обробка сигналів здійснюється на проміжній частоті $f_{ПЧ}$. Номінальне значення $f_{ПЧ}$ обирається відповідно до рекомендацій Міжнародного союзу електрозв'язку і звичайно складає 70 МГц.

Застосування проміжної частоти для обробки сигналу дозволяє уніфікувати апаратуру підсилення сигналу, а також введення та виведення інформаційних сигналів на проміжних, вузлових та кінцевих станціях. Основні параметри радіорелейних систем передачі наведені в табл.11.1 і табл.11.2.

Таблиця 11.2 – Основні параметри цифрових радіорелейних систем

Параметр	Значення параметра для цифрової радіорелейної СП							
	Радан	Пихта-2	Електро-ника-М	Електро-ника-Связь	Електро-ника-Изотоп	КУРС-8-02	Ракита-8	Ком-плекс-5М
Діапазон частот, ГГц	10,7..11,7	1,7..2,1	10,7..11,7	10,7..11,7	1,7..2,1	7,9..8,4	7,9..8,4	10,7..11,7
Число каналів ТЧ у тлф. стволі	15	30	120	120	120	120	480	30/60 120/240
Тип цифрової системи передачі	ІКМ-15	ІКМ-30	ІКМ-120	ІКМ-120	ІКМ-120	ІКМ-120	ІКМ-480	ІКМ-30 ІКМ-120
Метод модуляції несучої НВЧ	ЧМ	2-ВФМ (відносна фазова модуляція)	АМ	ВФМ	ЧМ	ЧМ	4-ВФМ	ЧМ
Первинна мережа	Місцева	Місцева	Внутрішньо зонава				Магістральна	Місцева внутрішньо зонава

11.1.2 Тропосферні системи передачі

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.11.4.

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 характерно сильне ослаблення сигналу. Ослаблення виникає як при поширенні сигналу через атмосферу, так і внаслідок розсіювання частини сигналу при відбитті від тропосфери. Тому для стійкого радіозв'язку як правило використовують передавачі потужністю до 10 кВт, антени з великою апертурою (до 30 х 30 м), а значить, і великим коефіцієнтом посилення, а також високочутливі приймачі з малошумлячими елементами. Так само для тропосферних радіорелейних ліній зв'язку характерно постійна наявність швидких, повільних і селективних замирань радіосигналу. Зменшення впливу швидких замирань на прийнятий сигнал досягається використанням рознесеного частотного та просторового прийому. Тому на більшості тропосферних радіорелейних станцій розташовано кілька прийомних антен.

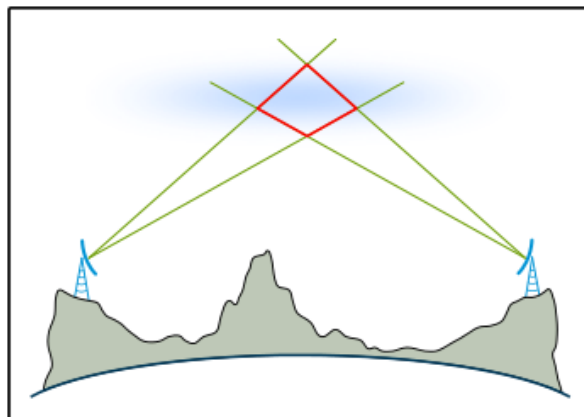


Рисунок 11.4 – Принцип тропосферного радіозв'язку

З огляду на те, що неоднорідності перебувають на значній висоті, неважко уявити, що розсіяні ними радіохвилі можуть поширюватися на сотні кілометрів. Це дає можливість рознести станції на відстань 200-400 км одна від одної, що значно більше відстані прямої видимості.

Лінії на основі тропосферних радіорелейних систем передачі будуються, як правило, у важкодоступних і віддалених районах.

Значні відстані між станціями, безумовно, вигідні при організації протяжних ліній, оскільки потрібна менша кількість станцій. Однак за рахунок глибоких замирань через нестійкість просторово-часової структури тропосфери та у край малої потужності радіосигналу в точці прийому організація гарної якості зв'язку та значної кількості каналів ускладнена.

У табл.11.3 наведено параметри деяких тропосферних радіорелейних систем передачі.

Таблиця 11.3 – Основні параметри тропосферних радіорелейних систем передачі

Тип апаратури	Діапазон частот, ГГц	Середня відстань між станціями, км	Число каналів ТЧ
"Горизонт-М"	0,8...1	300	60
ТР-120	0,8...1	300	120
ДТР-12	0,8...1	600	12

11.1.3 Іоносферні системи передачі

Радіосистема передачі, у якій використовується розсіювання метрових хвиль на неоднорідностях іоносфери, називається іоносферною системою передачі на метрових хвилях (табл.11.4). Утворення іоносферних хвиль у метровому діапазоні багато в чому подібне до утворення тропосферних хвиль. Різниця полягає в тому, що розсіювання відбувається не у тропосфері, а в іоносфері на висоті 75-95 км. Гранична дальність зв'язку в цьому випадку 2000-3000 км, найбільш придатні частоти 40-70 МГц. При іоносферному розсіюванні в пункт прийому приходить лише незначна частина випромінюваної енергії, що змушує використовувати потужні радіопередавачі і великі за розміром антени. Такі системи дозволяють організувати із задовільною якістю до трьох телефонних каналів.

Таблиця 11.4 – Основні параметри іоносферних радіорелейних систем

Діапазон частот, МГц	Середня відстань між станціями, км	Число каналів ТЧ
40...70	2000-3000	до 3

11.1.4 Метеорні системи передачі

В атмосферу Землі безупинно проникають потоки дрібних космічних часток – метеорів. Більшість із них згорає на висоті 80-120 км, утворюючи іонізовані сліди. Довжина сліду 10-25 км, а час існування від 5 мс до 20 с. Радіосистеми, що використовують відбиття від слідів метеорів, працюють у діапазоні 30-70 МГц (табл.11.5). Час проходження радіосигналів при метеорному зв'язку становить лише 2...4 год на добу.

За допомогою таких радіосистем організовується передача телеграфічних сигналів, причому таких, для яких затримка в передачі не грає істотної ролі. Метеорні системи передачі застосовуються для дублювання іоносферних систем на декаметрових хвилях у полярних широтах, для зв'язку в метеорологічній службі та деяких інших цілей.

Таблиця 11.5 – Узагальнені параметри радіорелейних систем передачі

Тип апаратури	Діапазон частот	Відстань між станціями, км	Число каналів ТЧ (ТЛФ)
Прямий відомості	1,7-11,7 ГГц	10-60	До 2000
Тропосферні	0,3-5 ГГц	200-600	12-120
Іоносферні	40-70	2000-3000	до 3
Метеорні	30...70	до 3000	ТЛГ (до 300 бит/с)

11.2 Схеми ретрансляції сигналів у РРС

Сигнали по РРЛ передаються (ретранслюються) від однієї радіорелейної станції (РРС) до іншої по-різному. Існує кілька схем ретрансляції. Розглянемо ці схеми.

Ретрансляція сигналів високою частотою (рис.11.5) використовується на практиці здебільшого в аварійних випадках, коли немає можливості використати інші схеми.

Ретрансляція сигналів проміжною частотою без демодуляції сигналів (рис.11.6) є основною і використовується на практиці в проміжному режимі.

У вузловому режимі ретрансляція в РРС може відбуватись або проміжною частотою (частиною спектра) і груповим спектром або тільки низькою частотою (повністю груповим спектром). Схема такої ретрансляції зображена на рис.11.7.

Розглянемо, яким чином на РРЛ використовуються частоти, що виділяються для станцій. Вони можуть використовуватись по-різному. Існують дво- та чотиричастотні плани їх використання. При двочастотному плані кожна із РРС приймає сигнали від сусідніх РРС на одній частоті прийому f_1 , і передає їм також на одній f_2 частоті передачі відмінній від першої.

На рис.11.8 показано принцип побудови двочастотного плану. Це досить вдалий план, хоч є небезпека, що при особливих умовах поширення радіохвиль можливі аномальні траєкторії їх поширення, які на рис.11.8 позначені штриховою лінією. В такому випадку на лінії можуть виникнути завади, які дуже важко врахувати.

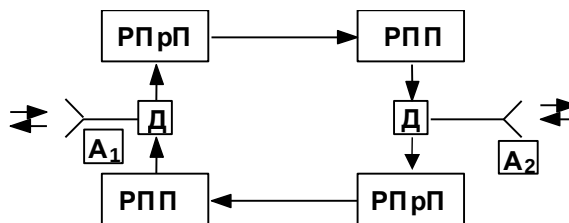


Рисунок 11.5 – Структурна схема РРЗ у режимі ретрансляції високою частотою

Д – дуплексер, РПП – радіопередавач, РПрП – радіоприймач

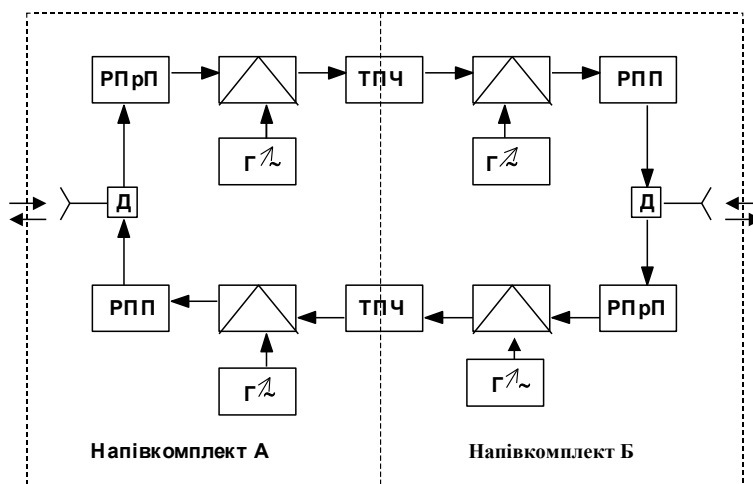


Рисунок 11.6 – Структурна схема РРС в режимі ретрансляції проміжною частотою:

ТПЧ – тракт проміжної частоти

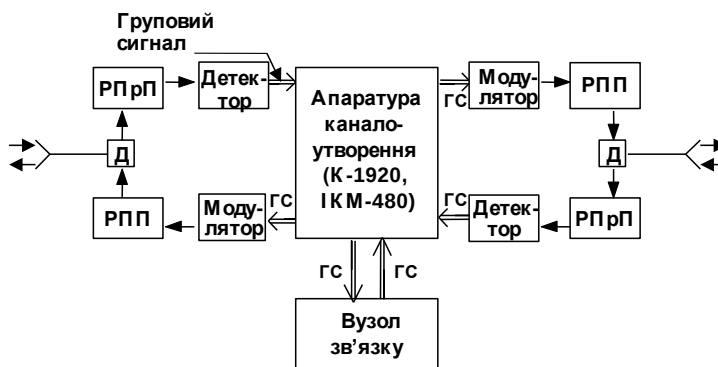


Рисунок 11.7 – Структурна схема РРС у вузловому режимі

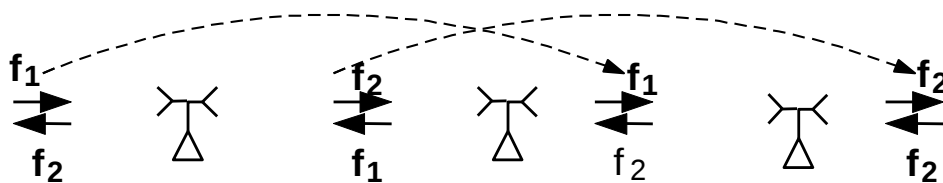


Рисунок 11.8 – Приклад реалізації двочастотного плану на ділянці РРЛ

Для виключення таких небажаних випадків є кілька шляхів. Можна використати чотиричастотний план (рис.11.9).

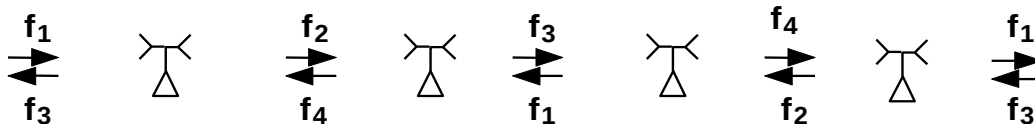


Рисунок 11.9 – Приклад реалізації чотиричастотного плану на ділянці РРЛ

Іншим рішенням може слугувати побудова РРЛ за принципом зигзага. В цьому випадку РРС₃, яка могла б створити заваду для РРС₅, своє випромінювання направить мимо РРС₅ (рис.11.10).

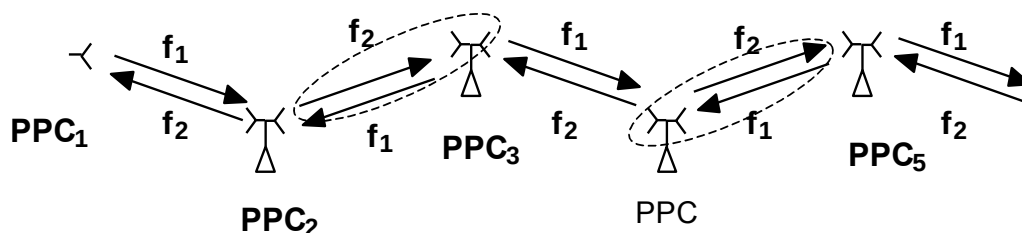


Рисунок 11.10 – Побудова РРЛ за принципом зигзага

Враховуючи, що у РРС коефіцієнти підсилення антен G сягають величин 1000-10000 (30-40 дБ), ширина головної пелюстки антени буде $\varphi = (1-2)^\circ$. Таким чином, для того, щоб пелюстки антени РРС₃ та РРС₅ не перетинались, кути зустрічі зигзага РРЛ досить взяти більшими $(2-3)^\circ$.

РРЛ рідко виконують таким чином, що вони передають один якийсь груповий сигнал. Частіше зустрічаються РРЛ з передачею 2, 3, 4 чи більше групових чи телевізійних сигналів. Така передача окремого сигналу відбувається на окремій частоті, окремими прийомо-передавачами.

Комплект апаратури, який забезпечує передачу окремого групового чи телевізійного сигналу, на окремій частоті формує окремий ствол. Таким чином, РРС можуть бути як одно-, так і багатоствольними. По суті, кожний ствол утворюється одним комплектом апаратури. Однак для всіх стволів спільними є антени та антенна опора, вузол живлення, пульт керування і деякі інші блоки та елементи.

При багатоствольній передачі, як правило, виділяють один із стволів для гарячого резерву. При неполадках в одному із робочих автоматично від-

бувається перехід на резервний ствол. Автоматика, що забезпечує цей перехід, реагує на зникнення контрольних пілот-сигналів, які передаються разом з груповим спектром. Іншими ознаками, за якими спрацьовує автоматика, можуть бути такі чинники, як зникнення групового сигналу або різке зростання рівня шуму. Існують такі схеми резерву: 1 + 1, 2 + 1, 3 + 1 (на один, два чи три робочих – один резервний ствол).

РРС можуть бути пристосовані для передачі аналогових чи цифрових сигналів, хоча є варіант і спільного використання цих сигналів у межах одного ствола.

11.3 Супутникові системи зв'язку

11.3.1 Загальна характеристика

Супутниковою системою зв'язку (ССЗ) є комплекс зв'язківського обладнання, який забезпечує передачу інформації через ретранслятор зв'язку (РЗ), що розміщується у космічному просторі. Ретранслятори монтуються на штучних супутниках Землі (рис.11.11).

Супутниковий зв'язок здійснюється між ЗС, які можуть бути як стаціонарними, так і мобільними. Він є розвитком традиційного радіорелейного зв'язку шляхом винесення РЗ на дуже велику висоту (від сотень до десятків тисяч км) – рис.11.12. Оскільки зона його видимості в цьому випадку – майже половина Земної кулі, то необхідність ланцюжку ретрансляторів відпадає – у більшості випадків достатньо й одного.

11.3.2 Коротка історія розвитку ССЗ

У 1945 році в статті "Позаземні ретранслятори" ("Extra-terrestrial Relays"), опублікованій у жовтневому номері журналу

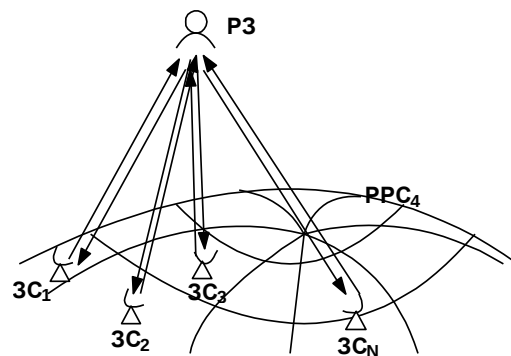


Рисунок 11.11 – Схема супутникового зв'язку для земних станцій (ЗС) через ретранслятор РЗ

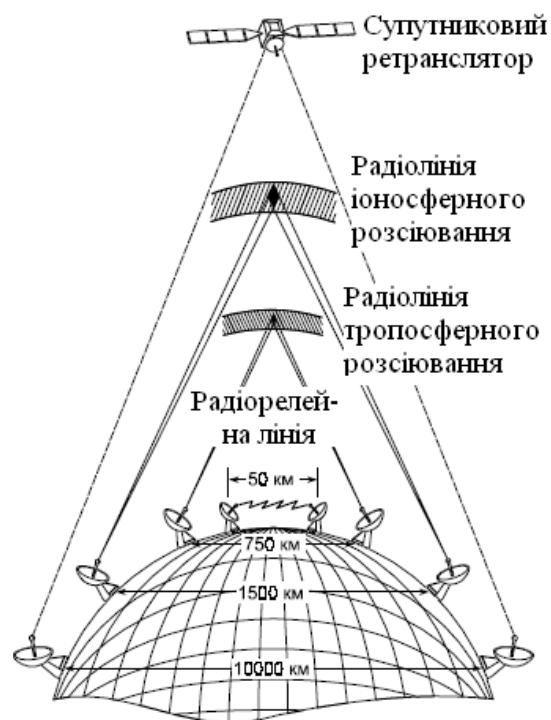


Рисунок 11.12 – Співвідношення трас ретрансляції у РРЗ та СЗ

"Wireless World", англійський учений, письменник і винахідник Артур Кларк запропонував ідею створення системи супутників зв'язку на геостаціонарних орбітах, які дозволили б організувати глобальну систему зв'язку.

Згодом Кларк на питання, чому він не запатентував винахід (що було цілком можливо), відповідав, що не вірив у можливість реалізації подібної системи при своєму житті, а також вважав, що подібна ідея повинна приносити користь всьому людству.

Перші дослідження в області цивільного супутникового зв'язку почали з'являтися у світі в другій половині 50-х років XX століття. Поштовхом до них послужили збільшені потреби в трансатлантичному телефонному зв'язку.

У СРСР в 1957 році був запущений перший штучний супутник Землі з радіоапаратурою на борту.

12 серпня 1960 року фахівцями США було виведено на орбіту заввишки 1500 км. надувну кулю. Цей космічний апарат називався "Місяць-1". Його металізована оболонка діаметром 30 м виконувала функції пасивного ретранслятора.

20 серпня 1964 року 11 країн підписали угоду про створення міжнародної організації супутникового зв'язку Intelsat (International Telecommunications Satellite organization), але СРСР в їх число не входив з політичних причин.

23 квітня 1965 року був запущений на високу еліптичну орбіту перший радянський супутник зв'язку "Молния-1", що ознаменував становлення у нашій країні супутникового радіозв'язку.

6 квітня 1965 року в рамках програми Intelsat корпорацією COMSAT на геостаціонарну орбіту був запущений перший комерційний супутник зв'язку Early Bird. За сьогоденніми мірками супутник Early Bird (INTELSAT I) володів більш ніж скромними можливостями: маючи смугу перепускання 50 МГц, він міг забезпечувати до 240 телефонних каналів зв'язку. У кожен конкретний момент часу зв'язок міг здійснюватися між земною станцією у США і лише однією з трьох земних станцій в Європі (у Великобританії, Франції або Німеччині), які були поєднані між собою кабельними лініями зв'язку. Згодом технологія зробила крок уперед, супутник INTELSAT IX вже мав смугу перепускання 3456 МГц.

У СРСР довгий час супутниковий зв'язок розвивався переважно на користь міністерства оборони. Розвиток цивільного супутникового зв'язку почався угодою між 9 країнами соціалістичного блоку про створення системи зв'язку "Інтерспутник", яке було підписано у 1971 році.

Таким чином, була реалізована приваблива ідея різкого збільшення дальності радіозв'язку завдяки розміщенню ретранслятора високо над поверхнею Землі, що дозволило забезпечити одночасну радіовидимість розташованих у різних точках великої території радіостанцій.

11.3.3 Склад і основні характеристики систем супутникового зв'язку з рухомими об'єктами (ССРЗ)

До складу ССРЗ, структура якої наведена на рис. 11.13, незалежно від їх призначення входять такі компоненти, як:

1) космічна станція, що представляє собою супутниковий ретранслятор (СР), встановлений на штучному супутнику землі (ШСЗ);

2) абонентські земні станції (ЗС), що забезпечують дуплексний обмін інформацією;

3) центральна (координуюча) ЗС (ЦЗС), що забезпечує контроль за режимом роботи СР та дотриманням ЗС важливих для роботи ССРЗ параметрів (випромінюваної потужності, несучої частоти, виду поляризації, характеристик модулюючого сигналу і т.д.);

4) центральна ЗС системи управління та контролю ШСЗ (ЦУС), що забезпечує управління всіма технічними засобами, розміщеними на ШСЗ, контроль за їх станом;

5) з'єднувальні наземні лінії (ЗЛ), що забезпечують підключення ЗС до джерел і споживачів переданої інформації;

6) центр управління (ЦУП) ССРЗ, що представляє державний орган, який здійснює керівництво експлуатацією ССРЗ і її розвитком.

Сигнали можуть ретранслюватися кількома супутниками (рис.11.14).

ШСЗ переміщуються в космічному просторі без двигунів. Їх рух обумовлює сила земного тяжіння. Лише для корекції їх руху вмикаються бортові двигуни. Рух ШСЗ відбувається замкнутими траєкторіями – орбітами за законами орбітального руху.

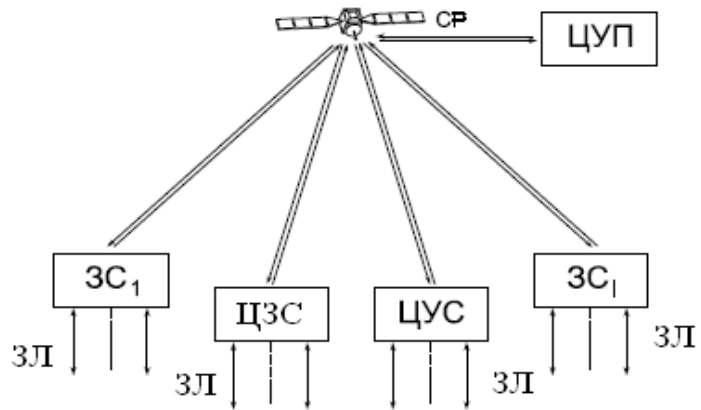


Рисунок 11.13 – Структура системи супутникового зв'язку з рухомими об'єктами

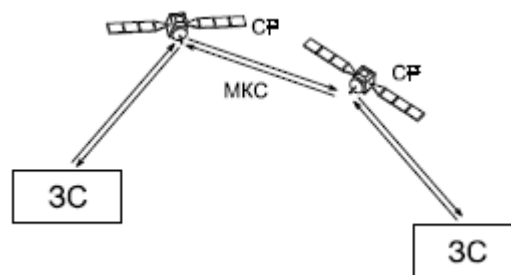


Рисунок 11.14 – Варіант супутникової системи зв'язку з двома ретрансляторами

11.3.4 Орбіти супутникових ретрансляторів

Орбіти супутникових ретрансляторів підрозділяють на три класи: екваторіальні, похилі і полярні (рис.11.15 – 11.17).

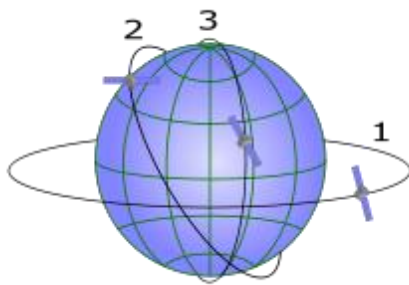


Рисунок 11.15 – Орбіти супутникових ретрансляторів:

1 – екваторіальна ($\theta=0^\circ$), 2 – похила (θ – будь-яке, крім 0° и 90°), 3 – полярна ($\theta=90^\circ$).

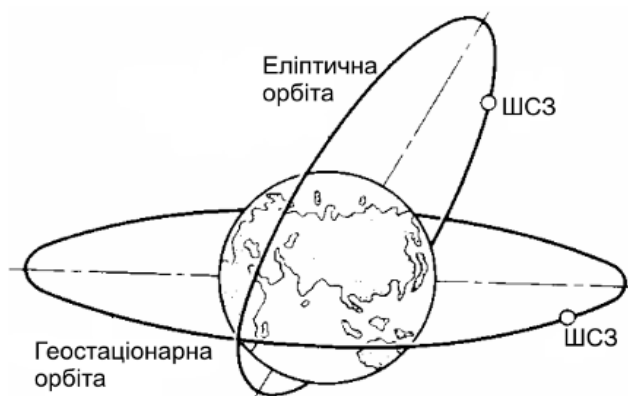


Рисунок 11.16 – Еліптична та геостационарна орбіти супутникових ретрансляторів

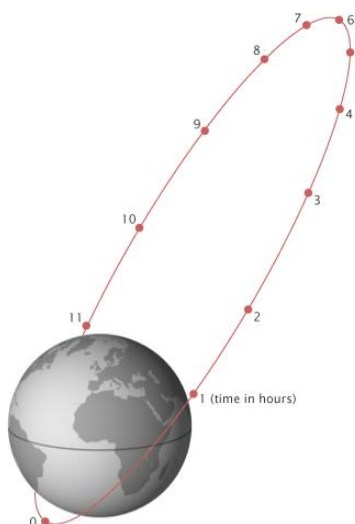


Рисунок 11.17 – Типова орбіта КА "Молнія": червоними точками помічено час руху супутника по орбіті у годинах

Еліптичні орбіти розрізняють на:

– низькі – висота від 160 км (період обертання біля 88 хв.) до 2000 км (період біля 127 хв.);

– високі – тип еліптичної орбіти, у якій висота в апогеї у багато разів більш висоти у перигеї.

Важливим різновидом екваторіальної орбіти є геостационарна орбіта (рис.11.16), на якій супутник обертається з кутовою швидкістю, рівною кутовій швидкості Землі, у напрямі, що збігається з напрямом обертання Землі. Очевидною перевагою геостационарної орбіти є те, що приймач у зоні обслуговування "бачить" супутник постійно в одному напрямі, не треба відслідковувати цей напрям. Це робить геостационарну орбіту привабливою для застосування багатьма земними службами телекомунікації. Проте геостационарна орбіта одна, і всі супутники вивести на неї неможливо. Іншим її недоліком є велика висота (35 786 км над рівнем моря), а значить, і велика ціна виведення супутника на орбіту. Крім того, супутник на геостационарній орбіті нездатний обслуговувати земні станції у приполярній області.

Похила орбіта дозволяє вирішити ці проблеми, проте, через переміщення супутника відносно земного спостерігача необхідно відслідковувати напрям антени на супутник, запускати не менше трьох супутників на одну орбіту і перемикаати напрям на супутник, щоб забезпечити цілодобовий доступ до зв'язку.

Полярна орбіта – граничний випадок похилої (з нахилом 90°).

При використанні похилих орбіт земні станції обладнаються системами стеження, що здійснюють наведення антени на супутник. Станції, що працюють з супутниками, що знаходяться на геостаціонарній орбіті, як правило, також обладнаються такими системами, щоб компенсувати відхилення від ідеальної геостаціонарної орбіти. Виняток становлять невеликі антени, використовувані для прийому супутникового телебачення: їх діаграми спрямованості досить широкі, тому вони не відчувають коливань супутника біля ідеальної точки.

11.3.5 Супутникові ретранслятори (СР)

Для передачі через супутник сигнал повинен бути модульованим. Модуляція відбувається на земній станції. Модульований сигнал переноситься на потрібну частоту, підсилюється, надходить на передавальну антену та передається по каналу "Земля-супутник".

Устаткування супутника приймає цей сигнал, підсилює, переносить на іншу частоту і випромінює по каналу "супутник-Земля" у напрямку отримувача, віддаленого на відстань до кількох тисяч км.

Для цього СР містить приємодовіддавальний пристрій, антени для прийому і передачі радіосигналів, а також ряд систем забезпечення енергопостачання, орієнтації антен і сонячних батарей, корекції положення ШСЗ на орбіті та ін.

У перші роки досліджень використовувалися пасивні супутникові ретранслятори (приклади – супутники "Відлуння" і "Місяць-2"), які були простими відбивачами радіосигналу (часто – металева або полімерна сфера з металевим напилом), що не несе на борту будь-якого приймо-повіддавального устаткування. Такі супутники не отримали поширення. Всі сучасні супутники зв'язку є активними. Активні ретранслятори обладнані електронною апаратурою для прийому, обробки, посилення і ретрансляції сигналу.

Ретранслятори зв'язку (РЗ) розміщуються на ШСЗ, який може бути багатоцільовим, нести на собі ще й інші бортові системи: системи радіонавігації, радіомоніторингу і т.д. Але найчастіше обладнання ШСЗ забезпечує умови функціонування РЗ, що забезпечує електроживлення (сонячні панелі та акумулятори), стабілізацію платформи, корекцію орбіти, перехід на резервні елементи, термостабілізацію та ін.

Супутникові ретранслятори можуть бути нерегенеративними і регенеративними.

Нерегенеративний супутник, прийнявши сигнал від однієї земної станції, переносить його на іншу частоту, підсилює й передає іншій земній стан-



Рисунок 11.18 – Світлина супутнику зв'язку Syncom-1

ції. У супутнику може бути кілька незалежних каналів, що здійснюють ці операції, кожний з яких працює у певному діапазоні частот (ці канали обробки називаються трансподерами).

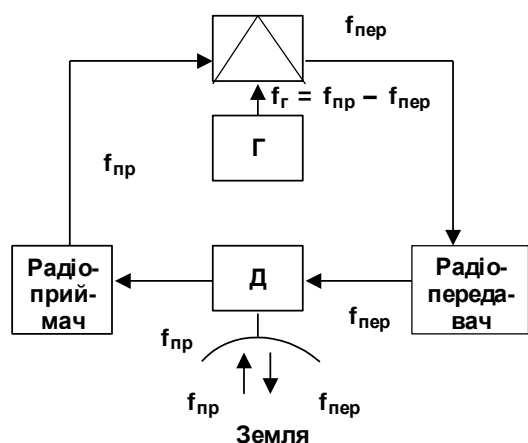


Рисунок 11.19 – Структурна схема ретранслятора з одним перетворенням частоти

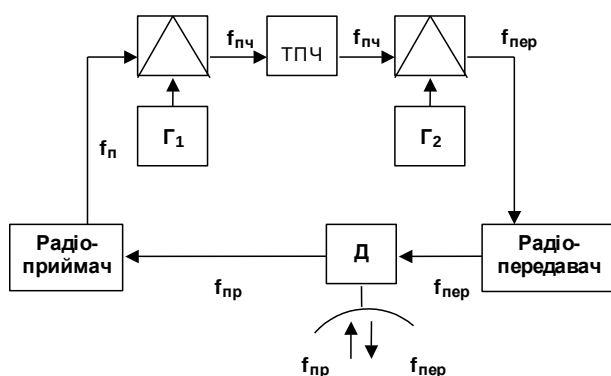


Рисунок 11.20. Структурна схема СП з двома перетвореннями та трактом проміжної частоти (ТПЧ)

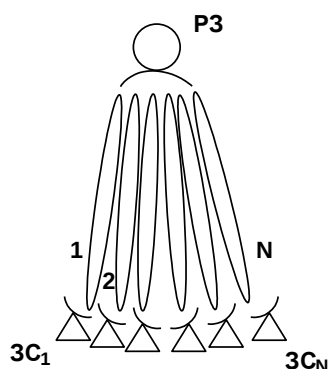


Рисунок 11.21 – Схема організації зв'язку одного СП із земними станціями при БДПР

Регенеративний супутник проводить демодуляцію прийнятого сигналу і наново модулює несучу, яку випромінює. Завдяки цьому проводиться подвійне виправлення помилок: на супутнику і на приймачій земній станції. Недолік цього методу – складність (а значить, набагато вища ціна) супутника, а також збільшена затримка передачі сигналу.

Сам РЗ складається з двох основних частин: приймальної та передавальної, що використовують одну або різні антени. Структурна схема найпростішого ретранслятора зображена на рис.11.19.

Складнішою є структурна схема РЗ, що зображена на рис.11.20. В цій схемі є два перетворення частот і є тракт проміжних частот, в якому забезпечується необхідна вибірковість приймального пристрою.

Методи багатостанційного доступу СП, що існують сьогодні:

- БД з частотним розділенням;
- БД з часовим розділенням;
- БД з кодовим розділенням;
- БД з просторовим розділенням (БДПР).

БД з просторовим розділенням (БДПР) реалізується за допомогою багатопроменевої антени, яка встановлюється на борту ретранслятора (рис.11.21).

Багатопроменева антена може бути реалізована за допомогою багатьох (N) випромінювачів, які розміщують у фокусі однієї дзерка-

льної антени. Промені можуть вмикатись та вимикатись або переміщуватись в іншу точку простору, залежно від потреб.

Перевагами систем супутникового зв'язку є:

- велика пропускна здатність та можливість обслуговування багатьох користувачів;
- глобальність дії, передача даних на великі відстані;
- висока якість зв'язку;
- простота реконфігурації системи (зміни напрямів передачі) при зміні положення кореспондентів;
- незалежність затрат на організацію від відстані між об'єктами;
- незначний вплив атмосфери і географічних особливостей розташування земних станцій на сталість зв'язку.

Залежно від призначення супутникової системи зв'язку і типу ЗС регламентом МСЄ розрізняються наступні служби:

1) *фіксована супутникова служба* (ФСС) для зв'язку між станціями, розташованими в певних фіксованих пунктах, а також розподілу телевізійних програм;

2) *рухома супутникова служба* (РСС) для зв'язку між рухомими станціями, розташовуваними на транспортних засобах (літаках, морських судах, автомобілях тощо);

3) *радіомовна супутникова служба* для безпосередньої передачі радіо- й телевізійних програм на термінали, що перебувають в абонентів.

На початковому етапі розвитку ФСС розвивалася в напрямку створення систем магістрального зв'язку із застосуванням великих земних станцій з діаметрами дзеркала антен порядку 12-30 м. У цей час функціонує близько 50 систем ФСС. Як приклади можна відзначити радянські ССЗ "Молнія-3", "Радуга", "Горизонт" і міжнародні системи Intelsat й Eutelsat. Розвиток ФСС іде по напрямках збільшення терміну служби ШСЗ, підвищення точності втримання ШСЗ на орбіті, розробки й удосконалювання багатопроменевих антен, а також можливості роботи на антени ЗС малого діаметра (1,2-2,4 м) (системи VSAT).

У силу міжнародного характеру роботи транспорту для його керування створюються міжнародні системи глобального супутникового зв'язку (РСС).

На сьогодні найбільш відомі розгорнуті РСС Inmarsat, Iridium, Globalstar, Thuraya.

Для ССЗ існують деякі особливості передачі сигналів:

– запізнювання сигналів – для геостаціонарної орбіти близько 250 мс в одному напрямку. Є однією з причин появи луна-сигналів при телефонних переговорах;

– ефект Доплера – зміна частоти сигналу, прийнятого з рухомого джерела. Для швидкостей багато менших швидкості світла $v/c \ll 1$ зміна частоти становить $f = f_0 / (1 \pm v/c)$. Ефект Доплера проявляється для ШСЗ, що використовують негеостаціонарні орбіти.

Для побудови ССЗ використовуються в основному три різновиди ШСЗ:

- на високій еліптичній орбіті (ВЕО),

- на геостаціонарній орбіті (ГСО),
 - на низьковисотній орбіті (НВО).
- Кожен тип ШСЗ має свої переваги й недоліки.

11.4 Відомча мережа супутникового зв'язку ДСНС України

Конфігурація ССЗ залежить від типу штучного супутника Землі (ШСЗ), виду зв'язку й параметрів земних станцій.

Створення відомчої мережі супутникового зв'язку ДСНС України умовно складається з 3-х етапів.

На першому етапі здійснюється монтаж та налагодження стаціонарного обладнання ЗС в ГУ територіальних підрозділів з виділенням номерного ресурсу для них.

Другий етап містить встановлення додаткового телекомунікаційного обладнання у ДСНС України з підключенням його до відомчої АТС ДСНС. Після того, як буде змонтовано обладнання у ДСНС України, починаються роботи по налагодженню локальної мережі комп'ютерного зв'язку ДСНС.

На третьому етапі – закупівля та постачання до територіальних підрозділів ДСНС України спеціальних автомобілів, які будуть оснащені засобами радіо– та проводового зв'язку сучасного зразка, станцією супутникового зв'язку, та міні-АТС за допомогою якої можна буде організувати як телефонний зв'язок на місці ліквідації наслідків НС з можливістю виходу на канали зв'язку ГУ та безпосередньо на ДСНС України, так і радіозв'язок з цими ж структурами, а також підключення до локальної комп'ютерної мережі ДСНС України.

На початок 2007 р. в Міністерстві України з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи введено в експлуатацію відомчу мережу супутникового зв'язку (ВМСЗ).

Розробка та встановлення відомчої мережі супутникового зв'язку проведено з метою резервування проводових ліній зв'язку тональної частоти (які орендуються ДСНС у ВАТ "Укртелеком").

З цією метою в 26 обласних ГУ ДСНС України, 6 підрозділах спеціального призначення, на вузлі зв'язку ДСНС, в Міністерстві та підрозділі ДСНС у м.Чорнобиль встановлено земні станції супутникового зв'язку (ЗССЗ) які забезпечують один канал для передачі мовної інформації та один канал для передачі даних. У вказаних підрозділах встановлено комплекти обладнання ЗССЗ DW6000 (табл.11.6).

Таблиця 11.6 – Комплектність ЗССЗ відомчої мережі

№ з/п	Виріб, що входить до комплекту	Од. вим.	К-ть
1.	Супутниковий модем DW6000	шт.	1
2.	Голосовий модуль DW6040	шт.	1
3.	Антенa	компл.	1
4.	РЧ блок (передавач)	шт.	1
5.	Кабель РЧ (RG-6)	м	Від передавача антени до модема

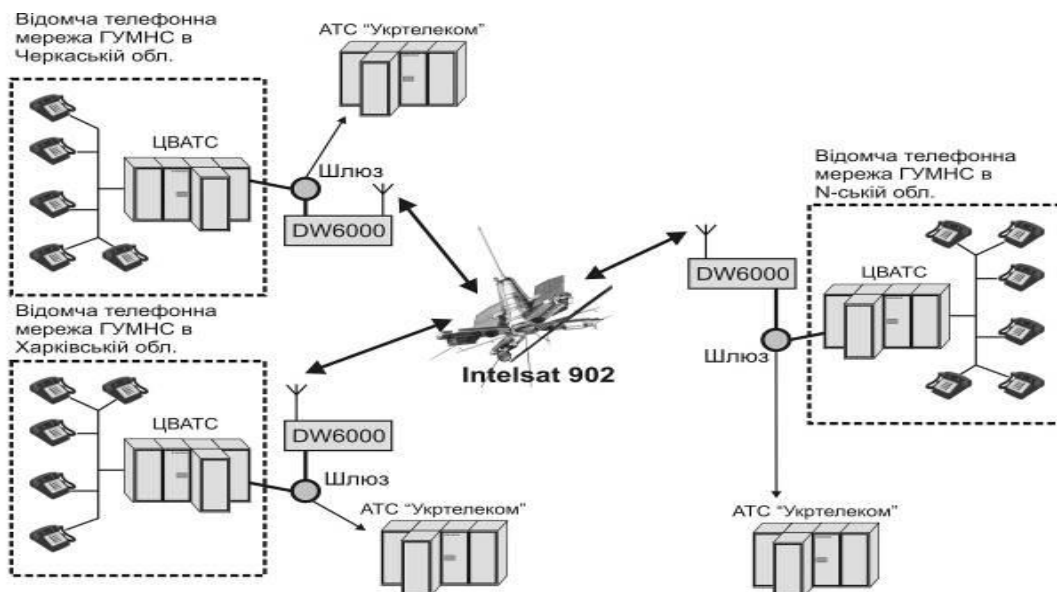


Рисунок 11.22 – Створення єдиної відомчої телефонної мережі адміністративно-управлінського зв'язку з використанням ЗССЗ DW6000

Станції зв'язку встановлені стаціонарно і призначені для організації телефонного адміністративно-управлінського зв'язку між підрозділами ДСНС в областях та з ДСНС.

У першому півріччі 2007 року введено в експлуатацію два канали зв'язку на кожну станцію – 1 телефонний та 1 для передачі даних. В перспективі планується розширення ЗССЗ за допомогою підключення цифрових відомчих АТС (ВАТС) та локальних обчислювальних мереж (ЛОМ), які створено на базі обласних ГУ(У)ДСНС. Об'єднання відомчих АТС та ЛОМ дозволить створити єдину телефонну мережу адміністративно-управлінського зв'язку (рис.11.22) у межах всієї України та єдину відомчу ЛОМ (рис.11.23).

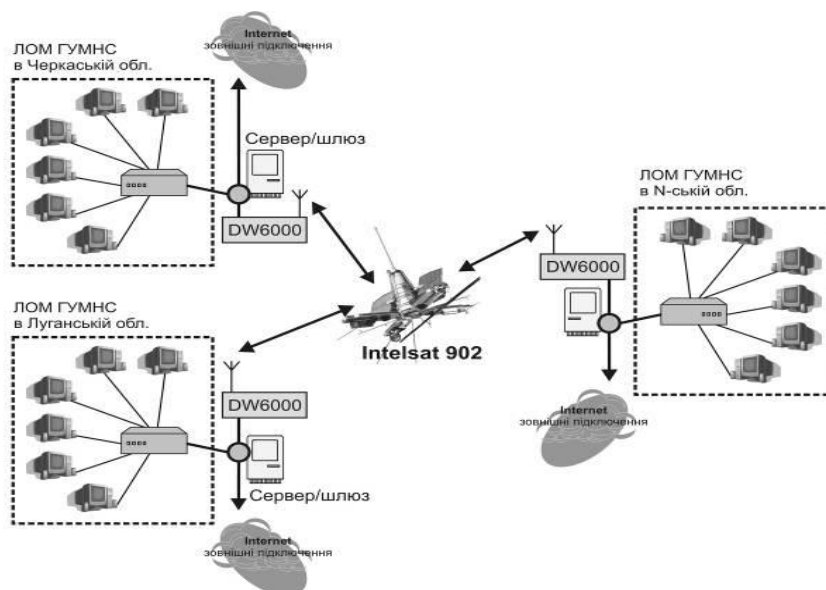


Рисунок 11.23 – Створення єдиної відомчої ЛОМ з використанням ЗССЗ DW6000

Однак ВМСЗ є за призначенням системою адміністративно-управлінського зв'язку (це зумовлено вибором системи фіксованого супутникового зв'язку), і її введення в експлуатацію не вирішує питань, що стосуються модернізації систем оперативно-диспетчерського радіозв'язку.

Таблиця 11.7 – Основні характеристики ЗССЗ DW6000 відомчої мережі СЗ ДСНС України

Параметри супутника	
Назва супутникової групи	Intelsat
Назва супутника	Intelsat 902
Орбітальна точка супутника (град)	62° E
Радіочастотні параметри	
Частота передачі (МГц)	14000
Частота прийому (МГц)	11099,5
Поляризація сигналу на передачу	лінійна; вертикальна
Поляризація сигналу на прийом	лінійна; горизонтальна
Нестабільність частоти передавача	10-8
Потужність випромінювання (Вт)	< 2 Вт
Чутливість приймача	0,8дБ (60К)

Наземна станція супутникового зв'язку DW6000 призначена для організації відомчої мережі супутникового зв'язку між ДСНС України та її територіальними підрозділами (табл.11.7).

За допомогою цієї станції можливо організувати зв'язок в телефонному режимі та передачу даних по локальній відомчій мережі в електронному вигляді.

Відомча мережа супутникового зв'язку ДСНС України побудована на використанні ССЗ “Intelsat”.

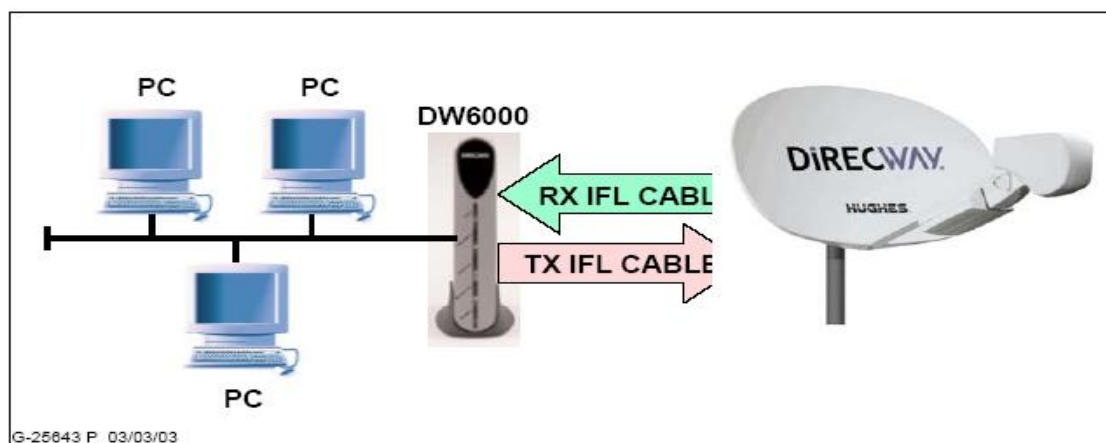


Рисунок 11.24 – Варіант підключення комп'ютерної мережі до ССЗ “ Intelsat “ за допомогою земної станції DW6000.

Консорціум Intelsat (The International Telecommunications Satellite Organization) – найстаріший і найбільш великий – утворений в 1965 р. з ме-

тою надання державам-учасникам (в основному – країнам, що розвиваються) сучасних технологій зв'язку. Intelsat – це організація, що включає більш 120 країн повних учасників і близько 60 країн – асоційованих учасників.

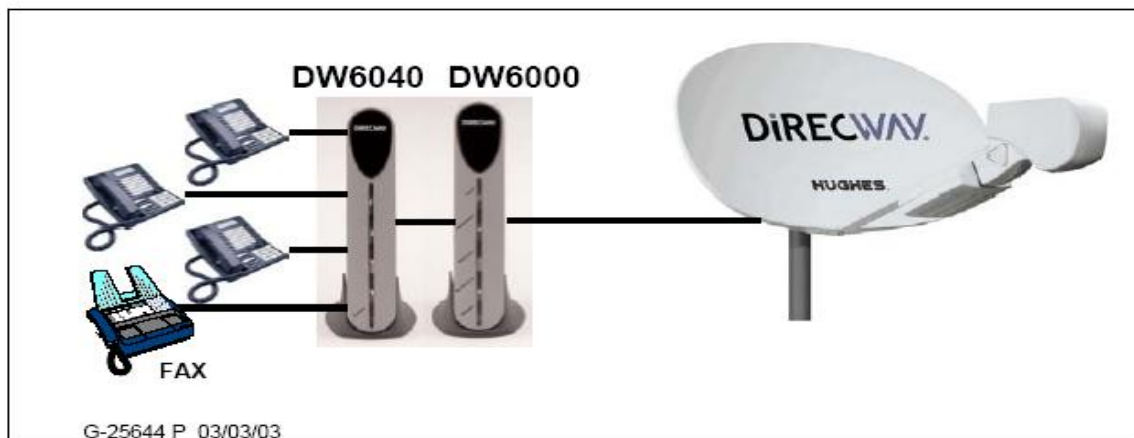


Рисунок 11.25 – Варіант підключення телефонних терміналів до земної станції DW6000 за допомогою VoIP модему DW6040

ССЗ “Intelsat” має 18 супутників, що розташовуються над Атлантикою, Індійським і Тихим океанами. У цей час базовими супутниками “Intelsat” є наймогутніші “Intelsat-VIII” й “Intelsat-K”. “Intelsat-VIII” має 36 C-смуг й 10 Ku-смуг і підтримує сотні тисяч телефонних каналів. Ціна супутника на один канал з 100 тис. дол. знизилася до декількох тисяч, а ціна хвилини використання каналу абонентом, що становив раніше 10 дол. понизилася до 1 долара. Потужність сонячних батарей “Intelsat-VIII” становить 4 кВт.

11.5 Супутникові системи мобільного телефонного зв'язку

Система супутникового мобільного телефонного зв'язку стандарту GSM Турая була заснована в ОАЕ в 1997 році консорціумом провідних національних телекомунікаційних операторів і міжнародних інвестиційних будинків під головуванням компанії Boeing Satellite Systems (колишня корпорація Hughes Space and Communications). Остаточний проект був здійснений американським супутниковим виробником Hughes (HSCI), що входить у корпорацію Боїнг. Мережею Турая управляє акціонерне товариство Thuraya JSK зі штаб-квартирою в Арабських Еміратах. Акціонерами Thuraya в основному є національні оператори зв'язку країн, що входять у зону обслуговування цієї супутникової мережі – усього більше 20 акціонерів.

Станція сполучення з телефонною мережею розташована в м Шаржа, ОАЕ, обслуговує повністю зону покриття Турая і планує незабаром встановити подібні додаткові національні станції в інших регіонах. Високий ступінь рухливості системи Турая і її зручність змінить спосіб життя і роботи людей, їхню щоденну манеру підтримувати зв'язок з діловими партнерами, асоціаціями, сім'ями та друзями.

З початку 2001 року Турая пропонує оптимальні по вартості послуги мобільного супутникового на території третини земної кулі.

Завдяки партнерству з провідними національними мобільними і телефонними компаніями Турая забезпечує покриття 99 країн в Європі, на Близькому Сході, в Північній і Центральній Африці, на півострові Індостан і в Центральній Азії – території з населенням в 2.5 млрд осіб. Абоненти підключаються до мобільного супутникового системі через сервіс – провайдерів, які можуть бути як національними компаніями мережі GSM, так і місцевими операторами. По суті Турая є доповненням національних мереж GSM, дозволяючи абонентам залишатися підключеними до національної мобільної мережі і входити в систему Турая, коли обрана національна мережа є недосяжною. Турая пропонує супутникове, стільникове (GSM) обслуговування та систему позиціонування (GPS) в єдиній двостандартній телефонній трубці – легкої, елегантною, простий для користувача. Динамічні термінал пропонує наступні послуги: передача даних, факсів, передача коротких текстових повідомлень і стандартна голосова телефонія.

Технологія Thuraya. Система супутникового мобільного телефонного зв'язку стандарту GSM Турая складається з трьох ключових елементів – космічного сегмента, наземного сегмента і сегмента користувача.

Космічний сегмент: Супутник "Thuraya-1" на борту ракети Sea Launch Zenit 3SL був успішно запущений з екватора (старт з водною платформи в Тихому океані) 21 жовтня 2000. Спеціально розроблені супутники Турая, забезпечують пропускну здатність мережі до 13,750 одночасно використовуваних телефонних каналів. Системний супутник розташований на геостаціонарній орбіті в 36,000 км від екватора, в 44 градусах на схід. Проектний термін експлуатації супутника – 15 років.

До особливостей супутника відносяться:

- 250 -300 випромінюваних точкових променів,
- цифрове формування променів (яке забезпечує динамічну зону покриття і оптимізує перерозподіл навантаження на вимогу)
- комутація на борту – для міжмобільних переговорів
- динамічний контроль потужності, що забезпечує 10дБ запас потужності у випадку роботи в радіотіні)

Thuraya-2. 10 червня 2003 компанією Thuraya Satellite Communication успішно проведений запуск другого геостаціонарного супутника Thuraya-2 з морської стартової платформи "Odyssey" з акваторії Тихого океану. Він дозволив істотно розширити ємність супутникового сегмента. Це відкриває нові напрямки зростання: збільшення супутникового ресурсу в деяких областях, створення нових ринків і розвиток нових супутникових додатків. Зона дії супутників – близько 50% території Російської Федерації.

Thuraya-3. 15 січня 2008 в 13:49 за київським часом з плавучої платформи Одісей стартового комплексу "Sea Launch" здійснено запуск телекомунікаційного супутника Thuraya-3. Супутник Thuraya-3 буде виведений на геостаціонарну орбіту в позиції 98,5 град. с.д. і істотно розширить зону покриття ме-

режі супутникового мобільного зв'язку Турая. Компанія Турая надає послуги супутникового телефонії (передача голосу і даних) в 110 країнах Європи, Близького Сходу, Північної та Центральної Африки, Середньої Азії, частині Індії. Функціонування супутникової мережі забезпечується геостационарними супутниками Thuraya-1 (запуск 20.10.2000 р) і Thuraya-2 (запуск 10.06.2003 р) в точці 44 градусів с.д. Новий супутник майже вдвічі збільшить область покриття і охопить країни Південно-Східної Азії, Тихоокеанського регіону, включаючи Китай, Японію, Корею, Індонезію і Австралію. Технологічні можливості супутника Thuraya-3 забезпечать високошвидкісний доступ до мережі Інтернет, передачу даних, голосову телефонію з високою якістю. Запуск супутника виконаний українсько-російською ракетою-носієм "Зеніт-3SL". Розрахунковий експлуатаційний період супутника Thuraya-3 – 12 років.

Супутники мають такі особливості: 250-300 променів багатопротеневої антени, наявність зв'язку між мобільними телефонами тільки через супутник, без участі наземного сегмента, висока ємність (13.750 ліній зв'язку).

Переваги системи супутникового зв'язку Турая:

- невеликий розмір телефонів;
- відносно невисока вартість телефонів (від \$ 866);
- єдиний номер для супутникового та стільникового зв'язку;
- невелика вартість дзвінків (вихідні – від \$ 0.25, що входять в супутниковому режимі – безкоштовно).

Наземний сегмент системи Турая. Наземний сегмент містить центр управління супутником і базову станцію сполучення з наземними мережами, розташованими в місті Шарджа (ОАЕ). Користувальницький сегмент включає в себе супутникові телефони двох видів та автомобільні, стаціонарні, морські аксесуари для супутникових телефонів.

Система Турая створена для ефективної роботи в супутниковому і GSM режимах. Це надає високу ступінь мобільності для користувача, забезпечує можливість розширення і модифікації зони покриття системи навіть у послезапусковий період.

Наземна станція сполучення з телефонною мережею (gateway), розташована в Шаржі, ОАЕ, діє як операційний центр для мобільних супутникових систем.

Зона покриття Thuraya. Рухома супутниковий зв'язок Thuraya забезпечує безперервний зв'язок над територією Європейських держав, в т.ч України, африканського континенту, країн Близького Сходу. Зона дії супутників охоплює близько 80% території Російської Федерації. Південно-Східну Азію, Тихоокеанський регіон, включаючи Китай, Японію, Корею, Індонезію і Австралію.

Сегмент користувача. Мобільні термінали Турая порівняні з аналогічними в GSM за розміром, зовнішнім виглядом і якістю передачі голосу.

Послуги, доступні для абонентів системи супутникового зв'язку Турая: телефон, електронна пошта, передача даних, GPS, факс, короткі повідомлення, визначення місцеположення, аварійні служби, сигнал оповіщення про вхідний дзвінок, регулятор даних.

Частоти абонентських терміналів:

-Земля – космос 1626.5 – 1660.5 МГц

-Космос – земля 1525.0 – 1559.0 МГц.

Міжнародний код доступу для дзвінків на телефони Турая: +88216. Технологічні можливості супутників Турая забезпечують високошвидкісний доступ до мережі Інтернет, передачу даних, голосову телефонію з високою якістю.

11.6 Міжнародні ССЗ

Inmarsat – перша система мобільного супутникового зв'язку. Inmarsat була заснована на геостаціонарних супутниках в 1979 році для забезпечення супутниковим зв'язком рухомих морських абонентів (існує більше 25 років). Вона давно й успішно експлуатується в Україні й по всьому світі. У цей час системи Inmarsat стандарту А і С входять до складу Глобальної морської системи зв'язку при нещасті й для забезпечення безпеки (ГМСЗБ). За допомогою системи можна зв'язатися практично з будь-якого куточка земної кулі (крім полярних районів) з будь-якою точкою світу. Система широко використовується на морських і річкових суднах, крім того, користувачами системи є транспортні компанії, авіалінії, авіапасажири та органи управління повітряним рухом, працівники державних установ, підрозділи цивільної оборони, рятувальні організації та підрозділи міністерства з надзвичайних ситуацій, а також глави держав.

Зараз функціонує вже третє покоління системи Інмарсат. Чотири геостаціонарних супутника забезпечують покриття всієї земної кулі за винятком полюсів. Дзвінок з терміналу Інмарсат потрапляє на супутник, який спускає його на наземну станцію (LES). LES відповідає за перенаправлення дзвінків в/за телефонних мереж загального користування та Інтернет. Якщо в якомусь районі спостерігається підвищена активність абонентів, супутник виділяє кілька додаткових променів на роботу з цим регіоном. На додаток до стандартних телефонів система підтримує обладнання, що дозволяє відстежувати місцезнаходження абонентів. Термінали стандарту Інмарсат-С застосовуються як для передачі текстових повідомлень, так і для моніторингу рухомих об'єктів (суден, автомобілів, літаків). Система застосовується для забезпечення безпеки мореплавання (ГМЗЛБ) та для управління повітряним рухом.

Послуги, доступні для абонентів системи супутникового зв'язку Інмарсат: телефон, факс, електронна пошта, передача даних (в т.ч. високошвидкісна), телекс (для деяких стандартів) GPS.

Iridium. Супутникова система зв'язку Iridium створювалася як перша супутникова система з міжсупутниковими зв'язками, тобто з можливістю передачі даних між супутниками й мінімальним використанням наземного сегмента. Також, по суті революційної, стала можливість відслідковувати місце розташування телефону, забезпечуючи, таким чином, проходження сигналу до абонента поза залежністю від його місця розташування. Фактично за допомогою 66 низькоорбітальних супутників, система Iridium забезпечує 100%

покриття Землі. Із грудня 2000 р. система супутникового зв'язку Iridium обслуговує абонентів Пентагона й уряду США. З березня 2001 р. система після свого банкрутства знову відновила комерційну експлуатацію. Система Iridium дозволяє цілодобово надавати послуги персонального рухомого цифрового зв'язку, що містить дуплексний телефонний і факсимільний зв'язок, пейджинг, передачу даних (табл.11.8) на всій земній поверхні, включаючи її водну, полярні області й повітряний простір.

Таблиця 11.8 – Основні послуги ССЗ Iridium

Абонентське устаткування	Послуга
Супутниковий телефон	Голосовий (телефонний), з кінця 1999 року – факсимільний зв'язок (2,4 кбіт/с) та передача даних (2,4 кбіт/с), роумінг в стільникових мережах. Малогабаритні термінали (вага близько 0,4 кг) одно- та двомодові.
Пейджер	Глобальний супутниковий пейджинг.

Система Iridium містить у собі чотири основні сегменти: космічний, сегмент керування й контролю, сегмент станцій сполучення й сегмент користувача. Відповідно до проекту (табл.11.9), космічний сегмент складається з 66 основних ШСЗ й 6 резервних, розташованих на 6 орбітах – по 11 основних ШСЗ на кожній.

Таблиця 11.9 – Основні характеристики ССЗ Iridium

Характеристика космічного сегменту	
Кількість супутників	66
Площин орбіт	6
Висота орбіти	780 км
Нахил площин орбіт	86,4°
Період обертання	100 хв. 28 сек.
Вага супутника	700 кг
Зональні промені	48 на кожному супутнику
Потужність сигналу	16 Дб для голосового зв'язку (середня)
Строк життя супутника	7-9 років
Типи кодування сигналу	
Шлюз до міжнародного комутуючого центра – передача PCM й SSP-ISUP або MFCR2. Телефонний зв'язок Iridium – частотний поділ сигналу/часовий поділ сигналу (FDMA/TDMA) – квадратурна фазова маніпуляція (QPSK).	
Частотні смуги	
Телефон – Супутник	L BAND 1616 – 1626.5 МГц
Супутник – Телефон (пейджер)	L BAND 1616 – 1626.5 МГц
Супутник – Супутник	Ka BAND 23.18 – 23.38 ГГц
Супутник – Наземна станція сполучення	Ka BAND 19.4 – 19.6 ГГц
Наземна станція сполучення – супутник	Ka BAND 29.1 – 29.3 ГГц

Орбіти – полярні, кругові з нахилом до екватора – 86,4°, що забезпечують 100-процентне покриття земної поверхні. Період обігу ШСЗ на орбіті дорівнює 100 хв 28 секунд. Висота орбіт становить близько 800 км. Всі супут-

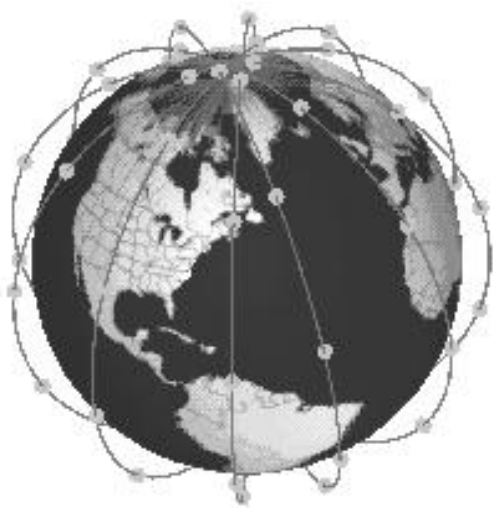


Рисунок 11.26 – Угрупування супутників системи Iridium

ники були запущені ракетами "Delta II" компанії Боїнг (5 супутників Iridium на запуск), "Протон" ГКНПЦ ім. Хрунічева (сім супутників Iridium за запуск) і "Long March 2C/SD" компанії China Great Wall (два супутники Iridium за запуск). Кожен космічний апарат формує свою зону обслуговування площею близько 19 млн. кв. метрів.

Сегмент керування й контролю складається з основного й резервного центрів керування й контролю, розташованих у США й Італії. Центри виконують функції по керуванню орбітальним угрупованням супутників, передачею на стан-

ції сполучення інформації про положення супутників, забезпечують зв'язувальний ресурс і керування супутниковою мережею в критичних ситуаціях. Зв'язок з орбітальним угрупованням вони здійснюють через антенні пости спостереження й передачі даних, розташовані в США, Канаді й Ісландії.

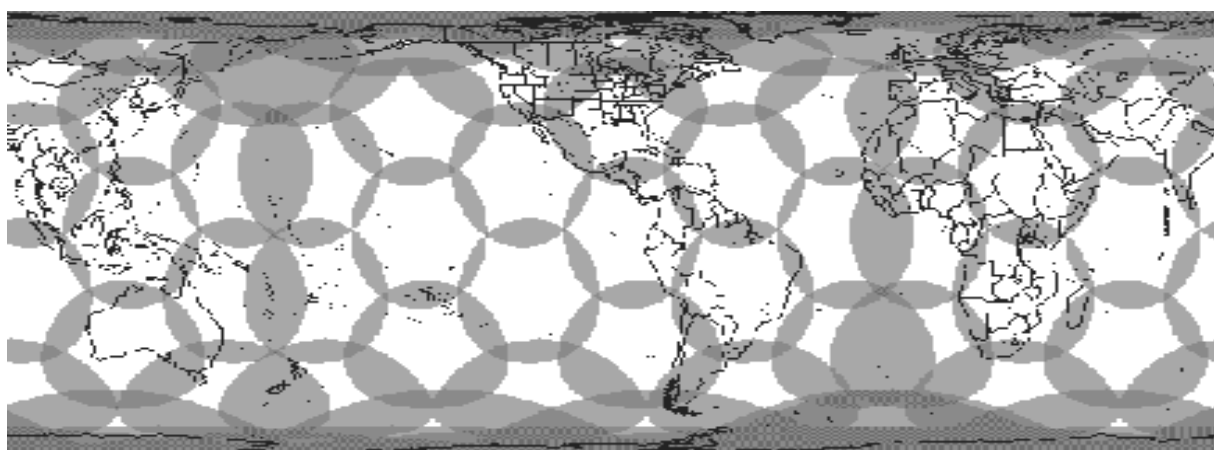


Рисунок 11.27 – Карта зони покриття СС Iridium

Сегмент станцій сполучення організує доступ користувачів до системи й забезпечує сполучення з наземними комутованими телефонними мережами загального користування. У цей час створюється 12 станцій сполучення по усьому світі.

Сегмент користувача (абонентські засоби системи Iridium) складається зі станцій різного призначення й конструктивного виконання для персонального й колективного користування.

Абонентське встаткування. У системі Iridium всі послуги зв'язку (передача голосу й пейджинг) надаються незалежно від місцезнаходження абонента й наявності телекомунікаційних мереж. Повний спектр абонентського встаткування для зв'язку в системі Iridium включає двомодові телефони, спе-

ціалізовані авіаційні й суднові термінали, цифрові й буквено-цифрові пейджери.

Портативний телефон Iridium нагадує звичайний стільниковий телефон. Розміри, вага й час роботи від акумулятора його цілком близькі до стільникових трубок. Оскільки телефон Iridium працює у двох режимах – стільниковому й супутниковому – при наявності відповідної мережі він може використовуватися й у стільниковому режимі.

Пейджер Iridium забезпечує дійсний "глобальний роумінг" за допомогою невеликого поясного персонального приймача повідомлень.

Послуги, доступні для абонентів системи супутникового зв'язку Iridium: телефон, передача даних, пейджинг.

Достоїнства системи супутникового зв'язку Ірідіум:

- працює практично на всій території земної кулі;
- найменші телефони з усіх супутникових (розмір трохи більше стільникового);
- автоматичне перемикання між супутниковою і стільниковим зв'язком;
- відносно невелика вартість дзвінків. Вхідні дзвінки – безкоштовні.
- затримки голосу і відлуння практично непомітні у порівнянні з системами, що використовують середньорбітальні та геостаціонарні супутники.

Globalstar. Супутникова система зв'язку Globalstar з самого початку формувалася як система, призначена для взаємодії з існуючими стільниковими мережами, доповнюючи й розширюючи їхні можливості за рахунок здійснення зв'язку за межами зон покриття, а також для стаціонарного зв'язку у віддалених районах, де створення стільникової інфраструктури або інфраструктури мережі загального користування по економічним або по технологічних причинах недоцільно. Система супутникового зв'язку Globalstar забезпечує повний спектр послуг супутникового зв'язку високої якості на території Землі від 70 градусів північної широти до 70 градусів південної широти.

Послуги, доступні для абонентів системи супутникового зв'язку Глобалстар: телефон, передача даних, служба коротких повідомлень (SMS), пейджинг, GPS.

Переваги системи супутникового зв'язку Глобалстар:

- працює на всій території земної кулі, крім полярних областей;
- дуже портативні і легкі телефони, розміром і вагою трохи більше стільникового телефону;
- автоматичне перемикання між супутниковою і стільниковим зв'язком;
- проста у використанні, є докладні інструкції російською мовою;
- відносно невисока вартість телефонів;
- відносно невелика вартість дзвінків;
- велика кількість додаткових аксесуарів, включаючи автомобільні комплекти, факси й інше;
- затримки голосу і луна практично непомітні в порівнянні з системами, що використовують середньорбітальних і геостаціонарні супутники.

Коспас-Сарсат. Серед основних напрямків мирного використання космічної техніки й міжнародного співробітництва видне місце займає програма створення космічної системи виявлення людей, судів і літаків, що терплять нещастя. Дана система була розроблена при участі СРСР, США, Франції й Канади в 1977 році й одержала назву Коспас-Сарсат. У цей час система Коспас-Сарсат входить до складу Глобальної морської системи зв'язку при нещасті й для забезпечення безпеки (ГМССБ). За допомогою системи з початку її експлуатації й по теперішній час врятовано більше 15700 чол. в усьому світі.

Список використаних джерел

1. 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 ДСНС України, 2007 – 224 с.
2. Настанова по службі зв'язку і АСУ пожежної охорони. Наказ № 755 від 19.07.2001 р.
3. Чудинов В.Н., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники: Учеб. Пособие для пожарно-технических училищ. – М.: Радио и зв'язок, 1986. – 272 с.: ил.
4. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Принципи організації, переваги та недоліки радіорелейного зв'язку.
2. Класифікація радіорелейного зв'язку за лініями передачі.
3. Різновиди систем ретрансляції у радіорелейному зв'язку.
4. Призначення та структура супутникової системи радіозв'язку.
5. Різновиди супутникових систем ретрансляції.
6. Різновиди супутникових ретрансляторів.
7. Склад та параметри відомчої мережі супутникового зв'язку ДСНС України.
8. Технічні характеристики глобальних супутникових систем мобільного телефонного зв'язку.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТА

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ, ОПОВІЩЕННЯ І ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ДСНС УКРАЇНИ

РОЗДІЛ 12

ВИДИ ТА ОРГАНІЗАЦІЯ ЗВ'ЯЗКУ В ПІДРОЗДІЛАХ ДСНС УКРАЇНИ

Ефективність боротьби з надзвичайними ситуаціями значною мірою залежить від надійно організованої системи зв'язку. Подальший розвиток системи зв'язку у підрозділах здійснюється в напрямку удосконалення організаційної структури видів зв'язку ДСНС.

Впровадження нових засобів телекомунікацій відкриває широкі можливості для своєчасного виявлення надзвичайних ситуацій, дистанційного управління силами і засобами, а також запису і аналізу процесу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

12.1 Призначення, задачі і вимоги до системи зв'язку ДСНС України

12.1.1 Організація зв'язку під час ліквідації наслідків НС

Зв'язок є основним процесом, що забезпечує безперервне управління підрозділами під час ліквідації наслідків НС. Система зв'язку має забезпечувати надійне та своєчасне передавання наказів, розпоряджень, команд, сигналів та донесень на всіх етапах дій органів управління та підрозділів ОРС ЦЗ.

Залежно від особливостей території (місцевості), на якій виникла НС, визначаються телекомунікаційні мережі зв'язку, які необхідно використовувати (організовувати) на цій території на період ліквідації наслідків НС.

Залежно від рівня НС 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.

Основним видом зв'язку на період проведення АРІНР є радіозв'язок. Радіозв'язок організовується засобами, які знаходяться на оснащенні підрозділів ОРС ЦЗ. Під час ліквідації наслідків НС організовується УКХ, КХ та супутниковий радіозв'язок за зразком схеми зв'язку .

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

- мережі, радіонапрямки УКХ та КХ радіозв'язку;
- прямі канали електрозв'язку (телекомунікацій);
- телефони місцевого (міжміського) зв'язку телекомунікаційної мережі загального користування;
- польова мережа автоматичного (ручного) зв'язку;
- мережа гучномовного зв'язку;
- мережа передавання даних чи факсимільних повідомлень;

комплекс супутникового зв'язку.

Зв'язок організовується відповідно до рішення керівника органу управління (підрозділу) ОРС ЦЗ.

Радіозв'язок є найважливішим засобом, який спроможний забезпечити безперервне управління підрозділами ОРС ЦЗ.

Дротовий зв'язок використовується для нарощування системи зв'язку під час проведення довготривалих АРІНР.

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

На місці ліквідації НС організовується зв'язок з державним центром управління у НС, територіальними органами ДСНС, мобільною оперативною групою та оперативно-черговими (диспетчерськими) службами центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, органів місцевого самоврядування, спеціалізованими службами цивільного захисту, що беруть участь у ліквідації наслідків НС.

На місці ліквідації НС 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.

Зв'язок між взаємодіючими підрозділами ОРС ЦЗ організовується технічними засобами зв'язку підрозділів, які беруть участь у ліквідації НС. У разі порушення зв'язку начальники взаємодіючих підрозділів зобов'язані вжити всіх заходів щодо його відновлення.

Система зв'язку ДСНС України призначена для прийому повідомлень про пожежі та інші надзвичайні ситуації, відправлення необхідних сил і засобів до місця події; управління підрозділами на шляху прямування та при роботі на місці виклику; залучання спеціальних служб, які взаємодіють з пожежно-рятувальною службою, а також для рішення інших спеціальних завдань.

Зв'язок у ДСНС України є основним засобом, що забезпечує постійне керування підрозділами. Зв'язок у ДСНС України забезпечує:

- оперативний, точний прийом і передачу повідомлень про пожежі, аварії, стихійні лиха та інші надзвичайні ситуації (НС);

- своєчасне висилання необхідних сил і засобів для ліквідації НС та їхніх наслідків;

- постійне керування підрозділами, що прибувають до місця НС, що працюють на ліквідації їх наслідків і при рішенні адміністративно-управлінських задач;

- обмін інформацією між підрозділами ДСНС України й іншими службами (міліція, медична допомога, аварійна газу, енергетична, водопровідна служба); їх часто називають службами взаємодії;

- керування силами і засобами рухомого пункту зв'язку (РПЗ) і взаємодії з військовими частинами, службами забезпечення суспільного порядку.

Виходячи з поставлених задач, зв'язок у підрозділах ДСНС України повинен задовольняти вимогам, найважливішими з яких є надійність, своєчас-

ність, достовірність, необхідна пропускна здатність і прихованість передачі інформації.

Надійність – здатність телекомунікаційних систем (зв'язку) та інформаційних технологій забезпечити безперервне управління аварійно-рятувальними підрозділами ДСНС України у будь-яких умовах надзвичайних ситуацій;

Надійність та якість зв'язку у НС досягається:

завчасним плануванням заходів з організації зв'язку;

завчасним обладнанням вузлів зв'язку пунктів управління сучасними технічними засобами зв'язку та утриманням їх у постійній готовності до використання;

комплексним використанням різних видів і технічних засобів зв'язку;

належною спеціальною підготовкою та постійними тренуваннями фахівців зв'язку;

наявністю резерву технічних засобів зв'язку.

Своєчасність зв'язку – це спроможність забезпечення передачі (прийому) повідомлень у терміни, обумовлені оперативною обстановкою.

Вона досягається:

– постійною готовністю до застосування систем і засобів зв'язку;

– правильним вибором засобів організації зв'язку;

– передачею (прийомом) повідомлень у терміни, що відповідають ступеню оперативної інформації;

– високою технічною підготовкою спеціалістів зв'язку;

– твердим знанням і чітким виконанням особовим складом підрозділів ДСНС України правил користування зв'язком.

Достовірність зв'язку визначається ступенем точності відтворення переданих повідомлень у пунктах прийому і забезпечується :

– підтримкою технічних і електричних параметрів каналів і апаратури зв'язку у встановлених експлуатаційних нормах;

– високими практичними навичками осіб, що використовують засоби зв'язку;

– передачею важливих повідомлень по декількох незалежних каналах одночасно.

Пропускна спроможність – це можливість телекомунікаційних систем (зв'язку) та інформаційних технологій забезпечити своєчасність передачі та обробки заданих потоків інформації;

Необхідна пропускна спроможність досягається:

– ефективним використанням каналів і засобів зв'язку;

– скороченням часу опрацювання і проходження інформації на вузлах зв'язку;

– постійним контролем посадовими особами обсягів переданої інформації.

Прихованість (таємність) – здатність телекомунікаційних систем та інформаційних технологій обмеження несанкціонованого доступу до схем ор-

ганізації телекомунікацій, переданої інформації й засобів телекомунікації та інформатизації;

Прихованість зв'язку полягає в обмеженні несанкціонованого доступу до документа, схеми організації зв'язку, переданої інформації й апаратури зв'язку і досягається:

- застосуванням засобів організації зв'язку й апаратури, що відповідає вимогам схованого керування;
- суворим дотриманням усіма співробітниками правил ведення переговорів по відкритих каналах зв'язку;
- застосуванням апаратури маскувannya промови;
- високою дисципліною зв'язку, умінням особового складу користуватися документами схованого керування;
- проведенням заходів щодо запобігання несанкціонованого доступу до засобів зв'язку і забезпечення радіоконтролю;
- суворим дотриманням правил відкритої передачі інформації за допомогою радіозв'язку;
- маскуванням місцезнаходження засобів оперативного зв'язку;
- проведенням робіт з апаратурою зв'язку у виділених помешканнях з урахуванням вимог нормативно-технічних документів з протидії іноземній технічній розвідці.

Управління зв'язком в підрозділах ДСНС України полягає

- у своєчасному проведенні заходів щодо організації зв'язку, забезпеченні його надійної роботи;
- в ефективному використанні засобів зв'язку, підтримки їх в постійній готовності;
- у плануванні розвитку та поліпшення експлуатації засобів зв'язку;
- у підготовці сил і засобів зв'язку до виконання поставлених задач;
- у матеріальному і технічному забезпеченні експлуатації засобів зв'язку;
- в організації технічного обслуговування і ремонту засобів зв'язку;
- в узагальненні і поширенні передового досвіду організації зв'язку і використанні засобів зв'язку;
- у вивченні потреби підрозділів ДСНС України у нових засобах зв'язку, розробці пропозицій по їхньому створенню.

Основними органами управління зв'язком є пункти (вузли) зв'язку, які об'єднуються між собою мережею проводового і радіозв'язку, основою якої складає міська телефонна мережа.

Система зв'язку гарнізону ДСНС України складається з рухомих і стаціонарних вузлів зв'язку.

Рухомі вузли зв'язку – це засоби зв'язку, змонтовані на транспортній базі і призначені, як правило, для рішення оперативних задач при ліквідації НС.

Стаціонарні вузли зв'язку – це комплекс засобів зв'язку, ліній і каналів зв'язку, що об'єднані у визначеному порядку і призначені для забезпечення керування повсякденною діяльністю підрозділів ДСНС України і рішення оперативних задач.

До засобів зв'язку відносяться:

- радіостанції, радіопередавачі, радіоприймачі, радіоретранслятори;
- радіорелейні станції, телефонна, телеграфна, фототелеграфна, телевізійна апаратура, апаратура телекерування і телесигналізації, дистанційного керування, гучномовна апаратура і апаратура факсимільного зв'язку, звукозапису, оповіщення, контрольно-вимірювальна апаратура, зарядні і випрямні пристрої, джерела й агрегати електроживлення; інша техніка, яка призначена для утворення каналів і ліній зв'язку, передачі, прийому і перетворення інформації;
- проводові лінійні засоби, що включають у себе підземні і підводні кабелі, легкі польові кабелі зв'язку, польові кабелі дальнього зв'язку, увідні і розподільні польові кабелі, арматура і матеріали для будівництва і прокладки ліній зв'язку;
- сигнальні засоби зв'язку (звукові і світлотехнічні).

Система зв'язку і в області, і в гарнізоні ДСНС України уявляє собою телекомунікаційну мережу, яка будується на основі мереж проводового і радіозв'язку.

Мережа проводового зв'язку гарнізону ДСНС України зорганізується на базі місцевих і міжміських ліній «Укртелекома», проводових каналів зв'язку інших міністерств і відомств із використанням їхніх об'єктів і споруд, а також споруджень і об'єктів Головного управління (управління) ДСНС України.

Мережа проводового зв'язку гарнізону включає:

- лінійні і кабельні споруди Головного управління (управління) ДСНС України;
 - мережу міжміського телефонного зв'язку для взаємодії з підрозділами ДСНС України інших міст, селищ, населених пунктів;
 - мережу міського автоматичного зв'язку (МАТЗ), що має, як правило, радіально-вузлову структуру і використовує автоматичні телефонні станції (АТС) для обслуговування індивідуальних абонентів районів міста через районні АТС (РАТС), абонентів особливо важливих об'єктів (ОВО) і виробничих (ВАТС) телефонних станцій;
 - мережу телефонного зв'язку по спеціальних лініях “101”.
- МАТЗ мають вихід до відповідних АТС крізь з'єднувальні лінії та комутаційне устаткування вузлів спеціального зв'язку міських АТС;
- мережу прямих телефонних ліній, призначених для зв'язку між підрозділами ДСНС України і зі службами взаємодії;
 - мережу телеграфного зв'язку;
 - мережу телеграфного зв'язку для забезпечення документування інформації при обміні повідомленнями між абонентами;
 - мережу фототелеграфного (факсимільного) зв'язку для обміну між абонентами графічною і буквено-цифровою інформацією;
 - мережу для передачі даних і сигналів дистанційного управління між пунктом зв'язку частини (ПЗЧ), центральним пунктом радіозв'язку (ЦПР), рухомим пунктом радіозв'язку, пунктом централізованої охорони (ПЦО);

– мережу сільського телефонного зв'язку, що складається із сукупності центральних, вузлових і кінцевих телефонних станцій, що працюють в автоматичному або ручному режимі й обслуговують як індивідуальних абонентів, так і абонентів ОВО, ПЦО, РАТС або ВАТС.

Мережа радіозв'язку гарнізону ДСНС України включає окремі радіомережі і радіо напрями.

Радіомережа утворюється в тому випадку, коли на одній хвилі працюють три і більше радіостанцій. Робота радіомережі характеризується тим, що забезпечується можливість передачі повідомлень із ЦПР всім радіостанціям мережі одночасно, тобто циркулярно.

Радіонапряма є окремим випадком радіомережі й утворюється при роботі на одній хвилі тільки двох радіостанцій.

Схема радіозв'язку в гарнізоні ДСНС України зорганізується з урахуванням місцевих умов, тактико-технічних можливостей застосовуваних радіостанцій й електромагнітної обстановки у місці розташування гарнізону.

Радіостанції ДСНС України підрозділяються на стаціонарні, возимі і носимі.

Стаціонарні радіостанції встановлюються в ЦПР, ПЗЧ, возимі – на основних і спеціальних пожежно-рятувальних автомобілях, а носимі – застосовуються особовим складом ДСНС України для організації зв'язку при ліквідуванні НС або їх наслідків.

Частіше усього радіозв'язок організується комбінованим засобом, коли в схему входять і радіомережі, і радіонапрями.

12.1.2 Організація каналів і мереж зв'язку ДСНС

Для забезпечення управління силами цивільного захисту ДСНС телекомунікаційні системи та інформаційні технології ДСНС повинні мати високий рівень готовності, мобільності, доступності, надійності, оперативності, достовірності, необхідної пропускнуєї спроможності та скритності передачі інформації.

Центральний та резервний вузли відомчої цифрової телекомунікаційної мережі ДСНС (ВЦТМ) належать до сфери відповідальності ДСНС України. На резервному центральному вузлі ВЦТМ здійснюється резервування сервісів ВЦТМ і створено резервний центр обробки даних.

Територіальні органи, підрозділи центрального підпорядкування, заклади освіти, підприємства, організації та установи сфери управління ДСНС виступають окремими вузлами ВЦТМ 1-го рівня (далі – окремі вузли ВЦТМ) і мають власну ІР-адресацію, визначену відповідним наказом ДСНС. Фіксована ІР-адресація поширюється на підрозділи ДСНС, розташовані в населених пунктах будь-якого типу та їх районах. Підрозділи ДСНС, які не підпорядковуються безпосередньо апарату ДСНС, виступають окремими вузлами 2-го рівня.

ВЦТМ поєднує як самостійні підмережі територіальних органів, підрозділів центрального підпорядкування, закладів освіти, підприємств, організацій та установ сфери управління ДСНС (далі – окремі вузли ВЦТМ) із

центральною вузлами ВЦТМ, так і може надавати можливість здійснювати обмін даними між окремими вузлами ВЦТМ без залучення обладнання центральної вузлів ВЦТМ.

Канали зв'язку між вузлами ВЦТМ будуються на базі:

- каналів зв'язку ДСНС;
- каналів зв'язку операторів (провайдерів) телекомунікацій, що надають послуги з доступу до мережі Інтернет та мають чинні атестати відповідності системи захисту, видані Державною службою спеціального зв'язку та захисту інформації України;
- державних каналів зв'язку спеціального призначення – національна телекомунікаційна мережа, телекомунікаційна мережа спеціального призначення тощо.

Доступ до ВЦТМ підрозділів, які підпорядковані територіальним органам ДСНС, здійснюється через територіальні органи ДСНС.

Окремим способом підключення до ВЦТМ виступає під'єднання через відомчий VPN сервер. VPN виступає складовою ВЦТМ.

Правила побудови мережі в окремих вузлах ВЦТМ відзначаються відповідними наказами. Мережа Wi-Fi має бути розгорнута в окремому сегменті.

12.2 Види зв'язку ДСНС України

Зв'язок ДСНС України підрозділяється на такі види:

- зв'язок сповіщення;
- оперативно-диспетчерський зв'язок;
- зв'язок на пожежі;
- адміністративно-управлінський зв'язок.

Зв'язок сповіщення забезпечує передачу і прийом повідомлень про виникнення НС від заявників і пристроїв автоматичної пожежної й охоронно-пожежної сигналізації.

Здійснюється зв'язок сповіщення за допомогою:

- міського та об'єктового телефонного зв'язку;
- електричної пожежної сигналізації;
- спеціального пожежного телефонного зв'язку.

Для забезпечення зв'язку сповіщення проводиться:

- з'єднання ПЗЧ із міською телефонною станцією вхідними з'єднувальними лініями, що призначені спеціально для прийому сповіщень про пожежі, аварії та стихійні лиха. За наявності в місті АТС зв'язок абонентів цієї телефонної станції з підрозділами ДСНС України здійснюється по лініях спецзв'язку "01";

- установка апаратури електричної пожежної сигналізації для прийому сповіщень з особливо важливих об'єктів, розташованих у районі виїзду частини;

– з'єднання прямими проводовими лініями із комутаторами органів внутрішніх справ і підрозділами позавідомчої охорони для прийому повідомлень про пожежі, аварії та стихійні лиха;

– з'єднання заявника із ПЗЧ по каналах радіозв'язку.

Оперативно-диспетчерський зв'язок організовується для забезпечення своєчасної передачі і прийому розпоряджень підрозділами для висилання сил і засобів для ліквідації НС, для централізованого управління силами і засобами.

Оперативно-диспетчерський зв'язок забезпечує:

– прямий телефонний і радіозв'язок центрального пункту зв'язку гарнізону (ОДС ОКЦ) із пунктами зв'язку частин і загонів;

– телефонний і радіозв'язок ОДС ОКЦ з підрозділами, що працюють на пожежі, аварії та ліквідуванні стихійного лиха;

– радіозв'язок центрального пункту радіозв'язку з пожежно-рятувальними автомобілями, автомобілями зв'язку й освітлення і оперативними автомобілями, що знаходяться на шляху проходження;

– прямий телефонний зв'язок із службами взаємодії.

Зв'язок на пожежі призначається для керування силами і засобами, забезпечення їхньої взаємодії й обміну інформацією.

Для керування силами і засобами на пожежі встановлюється зв'язок між керівником гасіння пожежі (КПП) і штабом пожежогасіння, начальником тилу (НТ), начальниками бойових ділянок (БД) і, за необхідності, із пожежними автомобілями.

Керування роботою підрозділів на бойових ділянках забезпечується застосуванням радіостанцій і гучномовних установок автомобілів зв'язку і освітлення, носимих радіостанцій, польових телефонних апаратів, переговорних пристроїв, електромегафонів.

Наприклад, застосовується електромегафон типу ЕМ-2, що призначений для посилення промови при короткочасній спрямованій передачі розпоряджень, команд і т.д. на відкритому повітрі й у великих закритих приміщеннях.

Для взаємодії між бойовими ділянками, що працюють на ліквідації НС, встановлюється зв'язок між начальниками бойових ділянок (підрозділів) і забезпечується тими ж засобами, що і керування роботою бойових ділянок. У тих випадках, коли застосовувати засоби зв'язку неможливо, використовуються сигнали керування відповідно до бойового статуту пожежної охорони.

Для забезпечення передачі і прийому інформації встановлюється:

зв'язок між керівником гасіння пожежі, штабом пожежогасіння і ОДС ОКЦ (ПЗЧ) за допомогою міської телефонної мережі або радіостанцій пожежних автомобілів, автомобілів зв'язку й оперативних автомобілів.

При цьому забезпечуються:

обмін інформацією між ОДС ОКЦ (ПЗЧ) і підрозділами ДСНС України, що знаходяться на бойових ділянках і на шляху проходження; передача повідомлень про установку і хід ліквідації пожежі, аварії або наслідків стихійного лиха; виклик додаткових сил і засобів;

передача вимог керівника гасіння пожежі до служб взаємодії.

Керівник гасіння пожежі несе безпосередню відповідальність за організацію зв'язку на пожежі і зобов'язаний забезпечити дотримання всіма абонентами правил радіообміну при використанні засобів радіозв'язку на пожежі.

Адміністративно-управлінський зв'язок призначається для забезпечення адміністративно-управлінської діяльності Головного управління (управління) ДСНС України.

Для адміністративно-управлінського зв'язку використовуються, як правило, міські і відомчі телефонні мережі зв'язку, радіомережі і радіонапрями. У разі потреби і не на шкоду виконанню оперативно-тактичних задач, для забезпечення адміністративно-управлінської діяльності іноді використовуються засоби оперативного зв'язку.

12.3 Служба зв'язку в ДСНС

Основними призначенням служби зв'язку ДСНС відповідно до галузевого спрямування діяльності є організація та забезпечення надійним зв'язком органів управління та сил Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту в умовах загрози виникнення і виникнення НС (НП), здійснення контролю за організацією та виконанням заходів щодо підтримання у готовності автоматизованих систем централізованого оповіщення про загрозу або виникнення НС (НП) для оповіщення центральних та місцевих органів виконавчої влади, органів управління та сил цивільного захисту в мирний час та в особливий період.

Основними завданнями служби є:

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.

12.4 Організація зв'язку в гарнізоні ДСНС України

Відповідальним за зв'язок є начальник управління територіального органу ДСНС, а безпосередня організація та забезпечення зв'язку покладається на начальника служби зв'язку гарнізону.

Начальник служби зв'язку гарнізону ОРС ЦЗ призначається наказом начальника гарнізону ОРС ЦЗ із осіб начальницького складу, які мають спеціальну підготовку за фахом, є посадовою особою гарнізону, підпорядковується начальнику (заступнику начальника) гарнізону ОРС ЦЗ, а під час виконання оперативних дій – керівнику ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, керівнику гасіння пожежі і несе відповідальність за організацію зв'язку, постійну готовність до використання технічних засобів.

12.4.1 Структура служби зв'язку гарнізону

Головною організуючою і керівною ланкою в організації телекомунікаційних систем та інформаційних технологій в гарнізонах ДСНС України (ГУ(У) ДСНС в областях) є **відділ(сектор) телекомунікацій, інформаційних технологій та Системи 112** (відділ, сектор), що організовує всі основні

види зв'язку. Відділ (сектор) створюється в усіх ГУ(У) ДСНС і є самостійним структурним підрозділом в складі ГУ(У) ДСНС.

Завдання відділу ТСтІТ:

- організація і розвиток систем оперативного зв'язку, телекомунікаційних та інформаційних систем, забезпечення їх надійного функціонування з метою централізованого управління підрозділами пожежно-рятувальних сил;
- впровадження та супроводження системи «Служба 112», чергової зміни оперативно-координаційного центру (далі – ОКЦ) та їх взаємодія;
- організаційне та методичне забезпечення надійного функціонування та розвитку телекомунікаційних та інформаційних систем пожежно-рятувальних сил у мирний час, на особливий період, у період ліквідації аварій, стихійного лиха та інших надзвичайних ситуацій;
- розробка нормативних документів з організації технічної експлуатації і належності засобів зв'язку, комп'ютерного обладнання, програмного забезпечення та інших питань щодо функціонування телекомунікаційних систем, інформаційних технологій;
- участь у розгляді проектів програм розвитку телекомунікаційних систем, програм інформатизації Міністерства. Спільно з іншими науковими і проектними організаціями вирішення технічних питань, пов'язаних з проектуванням і виготовленням нових засобів зв'язку і автоматизації, розробки і впровадження програмного і інформаційного забезпечення задач автоматизованої системи управління для потреб підрозділів пожежно-рятувальних сил Головного територіального управління, нових інформаційних і управлінських технологій;
- забезпечення безвідмовного функціонування засобів зв'язку, обчислювальної техніки та програмного забезпечення Головного територіального управління.

Основним підрозділом, який відповідає за технічну експлуатацію телекомунікаційних систем та інформаційних технологій в гарнізонах ДСНС України (ГУ(У) ДСНС в областях), є **Центр оперативного зв'язку телекомунікаційних систем та інформаційних ресурсів (ЦОЗ)**.

Центр створюється в усіх ГУ(У) ДСНС області і функціонально підпорядковується начальнику відділу (сектору) телекомунікацій, інформаційних технологій та Системи 112 ГУ(У) ДСНС області.

До складу Центру входять підрозділи **телекомунікацій, інформаційних технологій, підрозділ захисту інформації, радіотехнічного контролю та кіберзахисту, підрозділ технічного забезпечення**.

12.4.2 Структурні підрозділи зв'язку гарнізону

В апаратах ГУ(У) ДСНС в областях та місті Києві створюються посади начальників відділів (секторів), або помічників начальників Управлінь з питань телекомунікаційних систем та інформаційних технологій (в залежності

від штатної чисельності територіальних органів). Штатна чисельність секторів становить не менше двох посад.

Для виконання завдань щодо забезпечення діяльності ГУ(У) та його підпорядкованих підрозділів за напрямками оперативного зв'язку, телекомунікаційних систем, інформаційних технологій, технічного захисту інформації, технічного забезпечення та обслуговування засобів телекомунікацій і обчислювальної техніки в територіальних органах ДСНС України створюються центри оперативного зв'язку, телекомунікаційних систем та інформаційних технологій (ЦОЗ, ТС та ІТ), а також відділення зв'язку (ВЗ АРЗ СП) та майстерні по ремонту засобів зв'язку аварійно-рятувальних загонів спеціального призначення.

До складу ЦОЗ, ТС та ІТ входить не менше двох відділів чисельністю не менше 5 посад, а також відділення чисельністю не менше 3 посад та сектори чисельністю не менше 2 посад.

Посада заступника начальника ЦОЗ поєднується з посадою начальника відділу інформаційних технологій, а при чисельності ЦОЗ, ТС та ІТ 17 посад і більше вводиться додаткова посада заступника начальника центру.

Виконання обов'язків начальника польового вузла зв'язку покладається на начальника відділу телекомунікаційних систем ЦОЗ, ТС та ІТ або на заступника начальника ЦОЗ, ТС та ІТ, при його наявності.

12.4.3 Організація оперативно-технічної служби вузла зв'язку ДСНС

Зв'язок у гарнізоні ДСНС України організується шляхом створення розгалуженої мережі стаціонарних і рухомих пунктів (вузлів) зв'язку, що обладнані засобами зв'язку у відповідності до свого призначення. Такими пунктами є:

- оперативно-диспетчерська служба оперативно-координаційного центру (ОДС ОКЦ);
- пункт зв'язку загону (ПЗЗ);
- пункт зв'язку частини (ПЗЧ);
- рухомий вузол зв'язку.

Оперативно-технічна служба (ОТС) є ведучою службою вузла зв'язку (ВЗ), що організовується з метою забезпечення своєчасного обміну всіма видами інформації по управлінню силами ЦЗ.

Начальник ВЗ несе особисту відповідальність за організацію, своєчасне і якісне виконання завдань оперативно-технічної служби на ВЗ. Відповідальність за організацію оперативно-технічної служби у групі (відділенні) ВЗ покладається на начальника групи (відділення) ВЗ.

Основними завданнями ОТС є:

- забезпечення проходження вузлом зв'язку всіх видів інформації у встановлені контрольні терміни;
- забезпечення встановлення зв'язку, який передбачається схемами-наказами згідно діючих нормативів;

- забезпечення постійної готовності вузла зв'язку до обміну інформацією;

- організація чіткого чергування на ВЗ та його постах.

Дані про проходження всіх видів інформації повинні включати відомості:

- про час проходження сигналів управління, оповіщення та особливо важливої інформації;

- про затримки обробки особливо важливої інформації та причини затримки.

Ці дані надходять до чергового центру від постів чергової зміни.

Встановлення зв'язків, що передбачені схемами-наказами, здійснюються особовим складом чергової зміни ВЗ під безпосереднім керівництвом начальників чергових змін постів ВЗ під загальним керівництвом чергового центру.

Схема організації чергування на ВЗ з розрахунком особового складу чергової зміни ВЗ розробляється начальником ВЗ і затверджується начальником центру.

Інструкції особам чергової зміни ВЗ розробляються для всіх начальників і номерів чергових змін постів. Вони визначають відповідальність, обов'язки та дії номерів чергової обслуги при виконанні конкретних завдань під час несення чергування.

12.5 Організація оперативно-диспетчерського зв'язку в гарнізоні ДСНС України

Головною організуючою і керуючою ланкою служби зв'язку цивільного захисту є ОДС ОКЦ, що забезпечує всі основні види зв'язку.

ОДС ОКЦ створюється в гарнізоні ДСНС України і населених пунктах із числом пожежно-рятувальних частин не менше двох.

ОДС ОКЦ повинен виконувати такі функції:

- приймати сповіщення про пожежі, аварії та стихійні лиха;

- своєчасно направляти підрозділи ДСНС України на гасіння пожеж або ліквідацію наслідків аварій і стихійних лих, а в необхідних випадках – забезпечувати тимчасову передислокацію підрозділів і оповіщення керівного складу Головного управління (управління) ДСНС України;

- забезпечувати оперативно-диспетчерський зв'язок з підрозділами ДСНС України;

- передавати і приймати інформацію з місця бойової роботи підрозділів ДСНС України;

- забезпечувати надійний зв'язок як з особливо важливими об'єктами міста, так і зі службами взаємодії (міліція, швидка допомога, служба газу, енергослужби, водопровід);

- забезпечувати оперативне і точне урахування пожежної та аварійно-рятувальної техніки гарнізону, що знаходиться в базовому розрахунку, у резерві, на виконанні завдань;

– забезпечувати зв'язок Головного управління (управління) ДСНС України з підрозділами ДСНС України області.

На ОДС ОКЦ гарнізону ДСНС України покладається прийом повідомлень про пожежі, аварії, стихійні лиха в області і висилання на ліквідацію їх наслідків сил і засобів сусідніх гарнізонів ДСНС України.

Оперативно-диспетчерський зв'язку гарнізону ДСНС України являє собою упорядковану сукупність органів управління, ліній і засобів проводового зв'язку, які призначені для управління діями підрозділів під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій і повинні забезпечувати обмін службовою інформацією між підрозділами гарнізону, а також між зовнішніми абонентами міста.

При цьому, оперативно-координаційний центр (ОКЦ) гарнізону має розгалужену мережу ліній та каналів зв'язку, основні з яких забезпечують цілодобовий зв'язок з пунктами зв'язку (ПЗЧ) Державних пожежно-рятувальних частин (ДПРЧ), спеціальними службами міста, особливо важливими об'єктами (ОВО), окремими об'єктами захисту.

Для підвищення надійності (живучості) зв'язку використовують декілька ліній, що дублюють зв'язок. Так, лінії зв'язку ОКЦ і ПЗЧ включають до себе некомутовані (прямі) телефонні лінії зв'язку, лінії автоматичної телефонної станції (АТС) повної значності, спеціального зв'язку по лініях «101(112)», факсимільний і телеграфний зв'язок.

Зв'язок ОКЦ і спеціальних служб міста здійснюється за прямими некомутованими лініями зв'язку, за лініями АТС та за лініями спецзв'язку «101(112)» за допомогою вузла спецзв'язку (ВСЗ). Зв'язок ОКЦ з особливо важливими об'єктами здійснюється за прямими лініями зв'язку, за лініями АТС та за високочастотними (ВЧ) каналами. Високочастотні канали, як правило, служать для передачі дискретних сигналів, зокрема, від датчиків контролю автотранспорту, що знаходяться в депо пожежно-рятувальних частин, а також від апаратури автоматичної сигналізації, що влаштована на об'єктах, що охороняються.

За наявності в місті сучасної охоронно-пожежної сигналізації, ОКЦ і ПЗЧ мають зв'язок по прямих лініях зв'язку та по лініях АТС з пультами централізованого спостереження. Сигнали, прийняті на пульт централізованого спостереження від суміщених об'єктових приладів тривожної сигналізації, передаються на ОКЦ чи на пункт зв'язку пожежно-рятувальної частини.

Зв'язок на місці події при організації оперативного штабу на базі автомобіля зв'язку і освітлення (АЗО) здійснюється з використанням засобів радіо і проводового зв'язку. Для організації проводового зв'язку використовується комутатор оперативного зв'язку (КОЗ), до якого підключені телефонні апарати з тональним викликом керівника гасіння пожежі (КЛП) та начальників бойових дільниць (НБД). Для організації телефонного зв'язку КГП з диспетчером ОКЦ в комутаторі передбачено можливість підключення до телефонної мережі міста за допомогою районної АТС (РАТС).

Для здійснення гучномовного оповіщення на місці події використовується підсилювач потужності (ПП), до якого підключені гучномовці на кожному бойову дільницю. При цьому КГП за допомогою виносного мікрофону (М) має можливість передачі циркулярної інформації на всі бойові дільниці.

На рис.12.1 наведено структурну схему проводового оперативно-диспетчерського зв'язку пожежно-рятувальної служби в гарнізоні ДСНС України. Зі схеми видно, що основу проводового оперативно-диспетчерського зв'язку складають лінії міської телефонної мережі (МТМ).

Передача повідомлень про надзвичайні події від заявників ОДС ОКЦ ГУ ДСНС України в області ДСНС, пункту зв'язку пожежно-рятувальної частини (ПЗ ДПРЧ) забезпечується наступним чином.

Від окремих об'єктів захисту передача повідомлень про надзвичайні події здійснюється об'єктовою оперативно-диспетчерською службою (ОДС).

При цьому застосовуються:

- лінія прямого зв'язку ОДС з ПЗ найближчої ДПРЧ. Ця лінія проходить через з'єднувальні плати найближчої районної автоматичної телефонної станції (РАТС);
- лінія спецзв'язку 01(112) з ОКЦ і ПЗ найближчої ДПРЧ через найближчий районний вузол спецзв'язку 01(112);
- лінія пожежної сигналізації для зв'язку ОДС з ПЗ найближчої ДПРЧ;
- лінія повної значності для зв'язку ОДС з ОКЦ і ПЗ найближчої ДПРЧ, а також з іншими службами через комутатори районних АТС міста (РАТС).

Від житлових будинків передача повідомлень про надзвичайні події здійснюється:

- індивідуальними абонентами (Інд АБ), при цьому застосовуються лінія спецзв'язку 01(112) з ОКЦ і ПЗ найближчої ДПРЧ через найближчий районний вузол спецзв'язку 01(112), або лінії повної значності для зв'язку з іншими службами через комутатори районних АТС міста (РАТС);
- охороною під'їздів (ОП), при цьому застосовуються лінія спецзв'язку 01(112) з ОКЦ і ПЗ найближчої ДПРЧ через найближчий районний вузол спецзв'язку 01(112), або лінії повної значності для зв'язку з іншими службами через комутатори районних АТС міста (РАТС), крім того повинен бути застосований прямий зв'язок з диспетчером комунально-житлової служби;
- диспетчером житлово-комунальної служби (Дисп ЖКС), у якого повинні бути засоби диспетчерського зв'язку, такі самі як на окремому об'єкті захисту.

З моменту надходження інформації від заявника про виникнення надзвичайної ситуації починається процес оперативно-диспетчерського управління діями пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС.

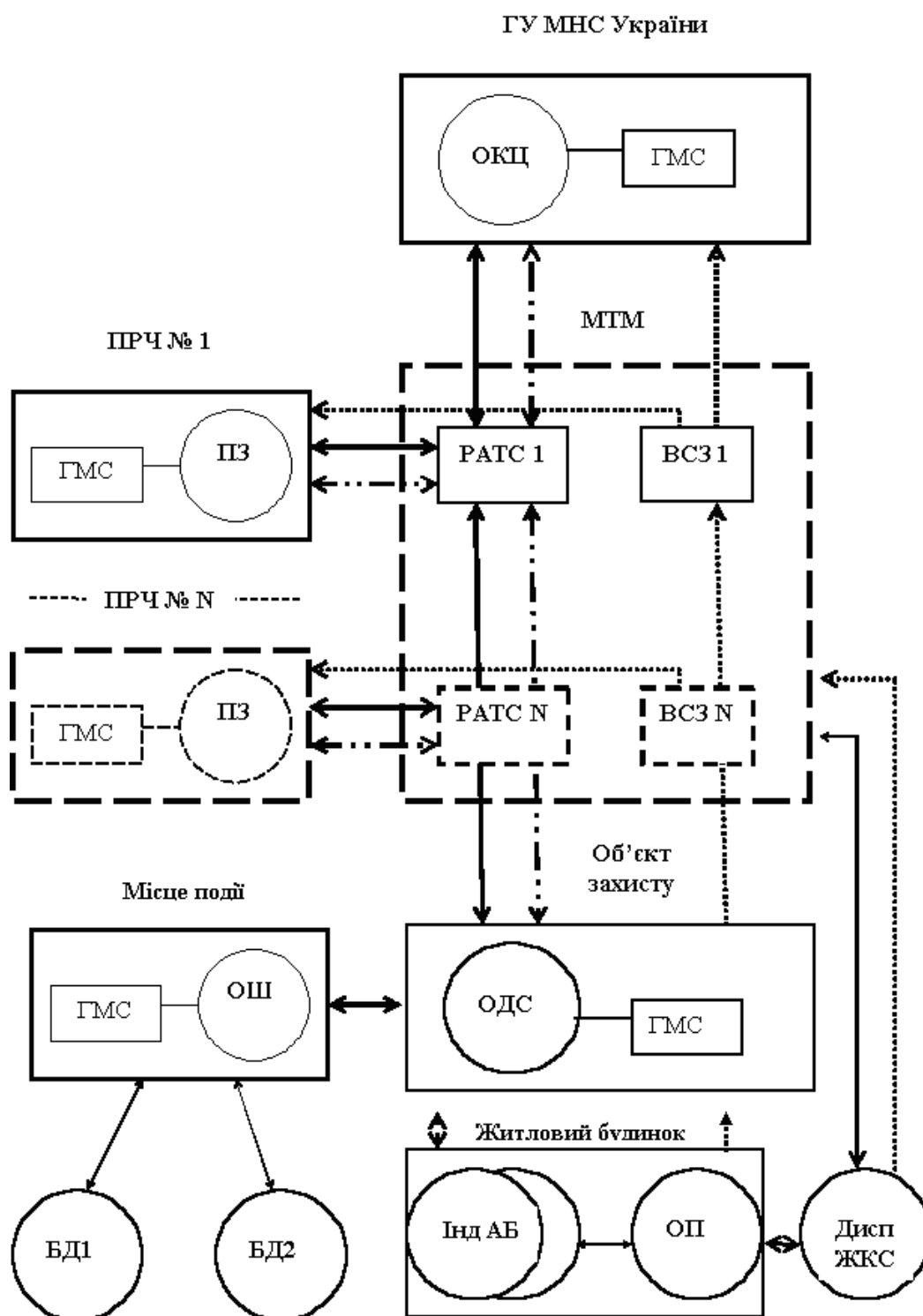


Рисунок 12.1 – Структурна схема проводового оперативно-диспетчерського зв'язку пожежно-рятувальної служби в гарнізоні ДСНС України

Управління діями пожежно-рятувальних підрозділів ДСНС забезпечується спеціальним комплектом оперативно-диспетчерського зв'язку, який у свій склад включає: центральний пульт, групові пульти або станції, кінцеві абонентські прилади (телефонні апарати), підключені до групових пульти за допомогою абонентських ліній.

При цьому оперативно-диспетчерське управління забезпечує усі види прямого зв'язку між взаємодіючими підрозділами: ОКЦ – ПЗ ДПРЧ – об'єктова оперативно-диспетчерська служба – оперативний штаб ліквідації надзвичайної події – начальники бойових ділень.

12.6 Перспективи створення системи 112

В рамках реалізації Державної цільової програми підготовки та проведення в Україні фінальної частини чемпіонату Європи 2012 року з футболу затвердженої Постановою КМУ від 14.04.2010 №357 актуальним є завдання зі створення та впровадження системи екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112.

Завдання системи:

- порятунк життя та зменшення страждань;
- мінімізація втрат майна;
- швидке отримання повідомлень із усіх можливих інформаційних каналів;
- комплексне координування усіх служб, покращення ефективності існуючих колцентрів 101,102,103,104 та ін.;
- оперативне отримання компетентної допомоги, відповідно рівню небезпеки;
- інтеграція в єдине Європейське об'єднання служб спасіння та виконання рекомендацій ЄС щодо 112;
- своєчасне виявлення та реагування на стихійні лиха та техногенні катастрофи;
- забезпечення постійної інтеграції нових систем та баз даних;
- збереження навколишнього середовища;
- ефективна протидія тероризму та інше.
- До переваг системи відносяться:
- багатомовність, швидкість прийому повідомлень;
- концентрація постійно оновленої інформації з відомств та миттєва передача на підрозділи;
- більш ефективна обробка надзвичайних ситуацій;
- більш оперативні дії з економією ресурсів;
- попередження аварій і катастроф;
- зменшення втрат від аварій і катастроф.

Основний зміст "Системи 112" полягає в тому, щоб людина, яка опинилась в надзвичайній ситуації не роздумуючи знала, куди звернутися по допомогу, і могла б оперативно її одержати. Держава вже веде роботу зі створення в країні Служби 112, яка повинна забезпечити виклик усіх екстрених служб по єдиному номеру, де показник оперативності реагування є основним.

Головне, що для цього потрібно – побудувати інформаційну систему, здатну скоординувати дії всіх оперативних служб, організувати обмін інфор-

мацією між ними, а також успішно використовувати досвід, накопичений у колишніх надзвичайних ситуаціях (НС).

Черговий диспетчер служби 112 буде приймати сигнали про надзвичайні ситуації незалежно від їхнього виду – будь те пожежа, техногенна катастрофа або терористичний акт і направляти їх у відповідні оперативні служби. Він також буде координувати дії служб під час рятувальних операцій і консультувати людей, які опинились в надзвичайній ситуації, як правильно поводитися в умовах, що створилися. Таким чином, і одержання громадянами необхідної допомоги й керування діями рятувальних служб буде здійснюватися з єдиного центру, що підвищить результативність проведення рятувальних операцій і знизить рівень людських і матеріальних втрат.

Ефективність дій рятувальників буде забезпечувати потужна інформаційна система підтримки прийняття рішень. Система буде "видавати" план дій екстрених оперативних служби для даного типу надзвичайної ситуації й контролювати хід його виконання. Це завдання вимагає від системи здатності працювати з величезною кількістю інформації, щоб з великого обсягу даних добувати потрібні й робити це в найкоротший термін.

Існуюча телекомунікаційна система доставки екстрених викликів (101,102,103,104) організована через спецвузли Укртелекому, які на даний час вже перевантажені, мають обмежену пропускну спроможність, та швидкість передачі інформації. В перспективі не ясна ситуація з приватизацією державного підприємства Укртелеком.

Самі великі проблеми, які потрібно вирішувати в першу чергу, це:

- перевантаженість диспетчерських служб, телефонних мереж загального користування особливо в часи "пік" або святкові дні потоком одночасних викликів від громадян. За цим іде

- людські помилки операторів, які позбавлені оперативної інформації, неможливість вчасного надання допомоги потерпілим, та загибель людей, колосальні матеріальні збитки під час НС. Крім того

- існує нормативна та законодавча невизначеність з доставкою аварійних сигналів від Систем пожежної та техногенної автоматики до Системи 112.

- потрібна концентрація та маршрутизація усіх можливих технічних форм та способів екстрених викликів від осіб з фізичними вадами (SMS, E-mail, факс, прямі кнопки, аварійні GPS системи безпеки автомобіля та інші). З метою підвищення надійності роботи та гарантованості доставки інформації до центрів обробки екстрених викликів системи 112 потрібне забезпечення резервування доставки викликів на дублюючі регіональні центри Системи 112 у випадку відмови, перевантаження основного.

Для вирішення зазначених проблем на основі європейського досвіду пропонується на базі ресурсу телефонних мереж загального користування створити Спеціальний оператор телекомунікацій (COT), який буде складовим елементом системи екстрених телекомунікацій. COT уявляє собою вузол концентрації та подальшої маршрутизації екстрених мультимедійних викликів

від абонента (автоматики) через виділену мережу оператора телекомунікацій до оператора Системи 112. При цьому оператори телекомунікацій телефонних мереж загального користування створюють власну виділену мережу екстрених телекомунікацій.

Основними завданнями та функціями СОТ повинні бути:

- забезпечення гарантованої доставки голосового екстреного виклику за номерами 101,102,103, 112 від абонента телефонної мережі загального користування до оператора Системи 112;
- забезпечення гарантованої доставки сигналів телеметрії від систем автоматичної пожежної сигналізації та інших систем раннього виявлення надзвичайної ситуації (НС) до оператора Системи 112;
- забезпечення резервування доставки екстрених викликів до дублюючих регіональних Центрів 112 та організація пріоритетних міжнародних зв'язків у період НС відповідно до плану нумерації;
- спільно з операторами телекомунікацій побудова виділеної (накладеної) мережі екстрених телекомунікацій;
- організація Call-центра для надання населенню інформаційних послуг.

Техніко економічне обґрунтування свідчить, що СОТ в сучасних умовах доцільно створювати підприємством, яке займається комерційною діяльністю. Для розгортання підприємства необхідно придбати та змонтувати телекомунікаційне обладнання із розрахунку 2 млн. грн. на кожен обласний центр, тобто необхідно інвестицій орієнтовно 60-65 млн.

12.6.1 Розрахунок пропускної спроможності мережі спецзв'язку «101 (112)»

Оптимізація мережі спецзв'язку зводиться до знаходження такого числа n ліній зв'язку «101(112)» і диспетчерів, при яких забезпечується виконання умови, такої що імовірність втрати виклику $P_{вдм\ n}$ не перевищить заданого рівня P_B . При цьому забезпечується необхідна пропускна спроможність мережі спецзв'язку.

Таким чином, послідовно збільшуючи число ліній зв'язку від 1 до n , потрібно знайти таке число ліній зв'язку, при якому виконується умова $P_{вдм\ n} \leq P_B$.

Відносне навантаження, яке створюється в мережі спецзв'язку, може бути визначене за допомогою формули:

$$y = \lambda T_{\Pi}; \quad (12.1)$$

де λ — інтенсивність вхідного потоку викликів, що надходить до мережі спецзв'язку за лініями «01(112)», $1/\text{хв}$.

T_{Π} — середній час переговорів в мережі спецзв'язку за лініями «01(112)», хв.

В загальному вигляді імовірність того, що всі n ліній зв'язку вільні, визначається як:

$$P_{0n} = \frac{1}{\sum_{k=0}^n \frac{y^k}{k!}} \quad (12.2)$$

де k – послідовність цілих чисел, $k = 0, 1, 2, \dots, n$.

Імовірність того, що всі n ліній зв'язку будуть зайняті (імовірність відмови в обслуговуванні) визначається за формулою:

$$P_{вдм\ n} = \frac{y^n}{n!} P_{0n} \quad (12.3)$$

Таким чином, розраховуючи $P_{вдм\ n}$, необхідно отримане значення порівняти з P_B , поки не буде досягнуто узгодження з поставленою умовою.

Після задоволення умови $P_{вдм\ n} \leq P_B$ визначається імовірність того, що виклик буде прийнято на обслуговування (чи відносна пропускна здатність мережі спецзв'язку), користуючись наступною формулою:

$$P_{обс} = 1 - P_{вдм\ n}; \quad (12.4)$$

Список використаних джерел

1. Автоматизовані системи управління та зв'язок: курс лекцій / Уклад. Л.В. Борисова, О.В. Загора, А.Б. Фещенко . — Х : НУЦЗУ, 2018 . — 282 с.
2. Автоматизовані системи управління та зв'язок: методичні вказівки до виконання контрольної роботи на тему: «Розрахунок параметрів проводового оперативно-диспетчерського зв'язку і дальності дії мережі радіозв'язку для забезпечення оперативного управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС України». / Уклад. В.О. Собина, А.Б. Фещенко, О.В. Загора . — Х : НУЦЗУ, 2018 . — 39 с.
3. Автоматизовані системи управління та зв'язок: методичні вказівки з організації та завдання до самостійної роботи під час вивчення дисципліни / Уклад. В.О. Собина, В.О. Загора, А.Б. Фещенко . — Х : НУЦЗУ, 2018 . — 27с.
4. В. О. Собина, Д. В. Тарадуда, М. М. Піксасов, Л. В. Борисова, О. В. Загора, 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.
Режим доступу: <http://ndr.dsns.gov.ua/?p=7135>
5. І.А. Чуб, В.Е. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Кліменко. Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту, навчальний посібник, за загальною редакцією Щербака Г.В., — Харків, АЦЗУ, 2005. — с. 2 – 20.

6. Щербак Г.В., Мельнікова Л.І. та ін.. Сучасні телекомунікаційні мережі у цивільному захисті: Підручник, – Харків, 2007, – с. 139 – 145.
7. Чудинов В.Н., Козловский Г.Я. Связь в пожарной охране и основы электроники, М., "Радио и связь", 1986. – 272 с.: ил.
8. Положення про організацію оповіщення про загрозу виникнення або виникнення надзвичайних ситуацій та зв'язку у сфері цивільного захисту, затверджене постановою Кабінету Міністрів України від 27.09.2017 р. № 733.
9. Наказ МНС від 30.09.2011 № 1045 " СТАТУТ Вузла зв'язку МНС України".
10. Порядок класифікації надзвичайних ситуацій за їх рівнями, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 24 березня 2004 р. N 368
11. Наказ МВС України № 340 від 26.04.2018 року "Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів ОРС ЦЗ"
12. Закон України №9074 від 26.08.2011 "Про систему екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112"
13. Постанова кабінету міністрів України № 1031 від 17.10.2012 р. "Про затвердження Порядку функціонування системи екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112"

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Для чого використовується зв'язок у ДСНС України?
2. Які вимоги висуваються до відомчої мережі зв'язку ДСНС України.
3. Види зв'язку у ДСНС України.
4. Структурна схема та робота системи проводового оперативно-диспетчерського зв'язку гарнізону ДСНС України.
5. Призначення та перспективи створення Системи 112 в Україні.
6. Як розраховується пропускної спроможності мережі спецзв'язку?

РОЗДІЛ 13

ЗАДАЧІ І ПРИНЦИПИ ФУНКЦІОНУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ОПЕРАТИВНО-ДИСПЕТЧЕРСЬКОГО УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ ДСНС УКРАЇНИ

При одночасному виникненні декількох пожеж або інших НС в місті і швидкому ускладненні оперативної обстановки диспетчери не в змозі без наявності засобів автоматизації раціонально (тим більше оптимально) управляти силами і засобами ОРС гарнізону ДСНС. Вони за короткий час повинні зробити обґрунтований вибір техніки для виїзду на ліквідацію НС, встановити зв'язок з підрозділами ОРС, видати необхідні накази і проконтролювати їх виконання. При цьому багато часу диспетчери втрачають на ручну реєстрацію управлінських рішень, наказів по використанню сил і засобів і інші дії. В екстремальних умовах, що створюються при складній оперативній обстановці в місті, різко зростають помилки як диспетчера, так і керівників, що організують ліквідацію НС.

Одним із найбільш трудомістких процесів у діяльності ОРС є збір, накопичення, обробка, збереження, передача та інші операції над інформацією, що представлена численними фондами і потоками. Інформація є надзвичайно важливим ресурсом, який забезпечує службову, оперативну, профілактичну, керівну, кадрову, фінансово-планову та інші види діяльності органів ДСНС.

На заповнення документів, їх оформлення та переробляння кожний працівник ПРС витрачає в середньому понад 30% робочого часу. Саме цим зумовлюється на сьогодні актуальність питання про створення інформаційних систем і АРМ для працівників ДСНС різних категорій. Необхідність їх створення викликана і тим, що належне опрацювання програм та дій можливе ні лише за наявності найбільш повних і точних відомостей.

Для управління силами і засобами ОРС створюється автоматизована система оперативно-диспетчерського управління підрозділами ОРС (СОДУ), структура якої визначається складністю задач, що вирішується, а її ефективність – ступенем автоматизації рішення цих задач.

13.1 Призначення, структура і принципи побудови автоматизованих систем управління (АСУ) ЦЗ

13.1.1 Система управління діяльністю підрозділів ДСНС України

Діяльність підрозділів ДСНС є цілеспрямованим процесом з виконання службових задач. Ефективність цього процесу залежить від належної організації управління.

Сутність управління у ДСНС полягає у цілеспрямованій діяльності керівних осіб з підготовки підлеглих підрозділів до виконання службових завдань, а також безпосереднє керування діями підрозділів у ході їх виконання.

Основу управління складає управлінське рішення, у змісті якого визначаються сили та засоби, які залучаються до виконання завдання, порядок їх застосування, додаткові сили та сили взаємодії.

Управлінське рішення формується на основі інформації, яка надходить до керівної особи з місця події, від підлеглих підрозділів та інших джерел.

Обмін інформацією між керівною особою і підлеглими підрозділами здійснюється за допомогою засобів зв'язку, які вважаються основними засобами управління, оскільки процес управління здійснюється на певній територіальній відстані між керівною особою та підлеглими підрозділами.

Організація управління засновується на створенні системи управління, яка являє собою сукупність суб'єктів (керівні особи) та об'єктів управління (підлеглі підрозділи), які функціонально поєднані між собою лініями та засобами зв'язку.

Система управління повинна мати чітко визначену організаційну структуру, елементи якої мають конкретне функціональне призначення та підпорядкованість.

Загальна структура управління має наступний вигляд (рис.13.1).

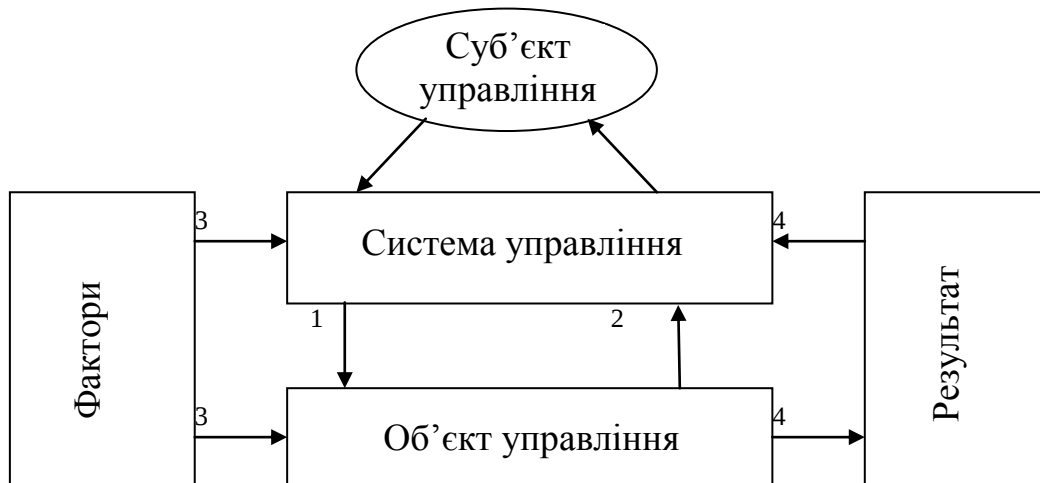


Рисунок 13.1 – Загальна структура управління

Суб'єкт управління (керівна особа) організовує, здійснює і контролює управління шляхом віддачі наказів, розпоряджень і окремих команд суб'єктам управління підлеглих підрозділів по каналах зв'язку, контроль здійснюється шляхом отримання доповідей про дії підрозділів по каналах зв'язку.

Процес управління зініціюється впливом зовнішніх факторів, наприклад станом об'єкту захисту, погодних умов і т.ін., при цьому інформація надходить по каналах зв'язку.

Управління корегується врахуванням результату дій підлеглих підрозділів, інформація про результат дій надходить по каналах зв'язку.

Безпосередній зв'язок між керівною особою і підлеглими підрозділами при виконанні ними службових завдань може бути відсутнім. В систему управління між керівною особою і підлеглими підрозділами включаються до-

поміжні функціональні елементи, наприклад диспетчерська служба, яка забезпечує допомогу керівній особі у формування управлінського рішення.

При цьому диспетчерська служба приймає на себе значну частину управлінських функцій. Вона координує інформаційний обмін, виконує збір, обробку, аналіз, зберігання, а також відображення інформації у зручному для використання вигляді, наприклад у вигляді текстових і графічних документів, світлових, звукових і гучномовних сигналів оповіщення, формує варіанти управлінських рішень.

Якщо робота диспетчерської служби здійснюється за допомогою засобів автоматизації зв'язку і апаратури формування управлінських рішень, то маємо справу з автоматизованою системою управління (АСУ), або інформаційно-керуючою системою (ІКС). Різниця між ними полягає у тому, що в АСУ процес обробки інформації, звертання до бази даних (БД) і формування управлінських рішень складають єдиний (як правило незмінний алгоритм роботи персоналу диспетчерської служби і засобів автоматизації), в ІКС ті чи інші розрахунково-аналітичні або логічні операції при формуванні управлінських рішень виконуються за потребою окремими запитами.

13.1.2 Призначення, структура і принципи побудови АСУ

Під автоматизованою системою управління розуміється людино-машинна система, що забезпечує автоматизований збір і обробку інформації, необхідної для оптимізації управління в різних сферах людської діяльності.

Основним завданням АСУ є підвищення ефективності управління при значних обсягах інформації, яка обробляється при формуванні управлінських рішень. Роль АСУ підвищується коли фактор часу має першорядне значення, а саме при виконанні оперативних задач з ліквідації подій та їх наслідків на об'єктах захисту ОРС.

АС являє собою організаційно-технічну систему, що забезпечує прийняття рішень на основі автоматизації інформаційних процесів у різних сферах діяльності (управління, проектування, виробництво і ін.) або їхніх сполученнях.

Автоматизована система (АС) – система, яка складається з персоналу и комплексу засобів автоматизації його діяльності, та реалізує інформаційну технологію виконання встановлених функцій.

Структура АСУ визначається видами забезпечення, які розробляються при її побудові для вирішення задач за призначенням.

У процесі проектування АСУ (її частин) розробляють, у загальному випадку, такі види забезпечення: програмне, технічне, інформаційне, організаційно-методичне, метрологічне, правове, математичне, лінгвістичне, ергономічне.

Програмне забезпечення автоматизованої системи – сукупність програм на носіях інформації із програмною документацією, розробленої відповідно до діючих ДСТ.

Сукупність програм на носіях, даних і програмних документів, призначена для налагодження, функціонування й перевірки працездатності АСУ.

Технічне забезпечення автоматизованої системи – сукупність всіх технічних засобів, використовуваних при функціонуванні АСУ/ засобів реалізації керуючих впливів (засобів одержання, введення, підготовки, перетворення, обробки, зберігання, реєстрації, виводу, відображення, використання й передачі даних) з конструкторською й експлуатаційною документацією, розробленої відповідно до діючих ДСТ.

Інформаційне забезпечення автоматизованої системи – сукупність системно-орієнтованих даних, що описують прийнятий у системі словник базових описів (класифікатори, типові моделі, елементи автоматизації, формати документації й т.д.), і актуалізованих даних про стан інформаційної моделі об'єкта автоматизації (об'єкта керування, об'єкта проектування) на всіх етапах його життєвого циклу.

Сукупність форм документів, класифікаторів, нормативної бази й реалізованих рішень по обсягах, розміщенню й формам існування інформації, застосовуваної в АС при її функціонуванні.

Організаційно-методичне забезпечення автоматизованої системи – сукупність документів, що визначають:

- що встановлюють організаційну структуру, права й обов'язки користувачів й експлуатаційного персоналу АС в умовах функціонування, перевірки й забезпечення працездатності АС

- що описують технологію функціонування АС, методи вибору й застосування користувачами технологічних прийомів для одержання конкретних результатів при функціонуванні АС

Правове забезпечення автоматизованої системи – сукупність правових норм, що регламентують правовідносини при функціонуванні автоматизованої системи, і юридичний статус результатів її функціонування.

Математичне забезпечення автоматизованої системи – сукупність математичних методів, моделей й алгоритмів обробки інформації, використовуваних при функціонуванні системи.

Лінгвістичне забезпечення автоматизованої системи – сукупність мовних засобів для формалізації природної мови, побудови й сполучення інформаційних одиниць, використовуваних в АС при функціонуванні системи для спілкування із КЗА.

Ергономічне забезпечення автоматизованої системи – сукупність взаємозалежних вимог, спрямованих на узгодження психологічних, психофізіологічних, антропометричних, фізіологічних характеристик і можливостей людини-оператора, технічних характеристик КЗА й параметрів робітничого середовища на робочому місці.

У процесі функціонування АСУ являє собою сукупність комплексу засобів автоматизації (КЗА), організаційно-методичних і технічних документів і фахівців, що використовують їх у процесі своєї професійної діяльності.

Комплекс засобів автоматизації (КЗА) – це сукупність взаємопогоджених компонентів і комплексів програмного, технічного і інформаційного забезпечення, що розроблюється, виготовляється і поставляється як продукція виробничо-технічного призначення.

Внутрішня побудова АСУ характеризують за допомогою структур, що описують стійкі зв'язки між їхніми елементами. До них відносяться:

- 1) функціональні (елементи-функції, задачі, процедури; зв'язки-інформаційні);
- 2) технічні (елементи-пристрої, компоненти и комплекси; зв'язки-лінії та канали зв'язку);
- 3) організаційні (елементи-колективи людей и окремі виконавці; зв'язки – інформаційні, підлеглі и взаємодії);
- 4) документальні (елементи-неподільні складові частини та документи АС; зв'язки-взаємодії, вихідності та підлеглості);
- 5) алгоритмічні (елементи-алгоритми; зв'язки-інформаційні) ;
- 6) програмні (елементи-програмні модулі та вироби; зв'язки-керуючі);
- 7) інформаційні (елементи-форми існування и представлення інформації в системі; зв'язки-операції перетворення інформації в системі).

Принципи побудови АСУ

При створенні АС необхідно керуватися принципами системності, розвитку (відкритості), сумісності, стандартизації (уніфікації) і ефективності.

Принцип системності полягає в тому, що при декомпозиції повинні бути встановлені такі зв'язки між структурними елементами системи, що забезпечують цілісність АС та її взаємодію з іншими системами.

Принцип розвитку (відкритості) полягає в тому, що, виходячи з перспектив розвитку об'єкта автоматизації, АС повинний створюватися з урахуванням можливості поповнення і відновлення функцій і складу АС без порушення її функціонування.

Принцип сумісності полягає в тому, що при створенні систем повинні бути реалізовані інформаційні інтерфейси, завдяки яким вона може взаємодіяти з іншими системами відповідно до встановлених правил.

Принцип стандартизації (уніфікації) полягає в тому, що при створенні систем повинні бути раціонально застосовані типові, уніфіковані і стандартизовані елементи, проектні рішення, пакети прикладних програм, комплекси, компоненти.

Принцип ефективності полягає в досягненні раціонального співвідношення між витратами на створення АС і цільовими ефектами, включаючи кінцеві результати, одержувані в результаті автоматизації.

13.2 Призначення і задачі автоматизованої системи оперативно-диспетчерського управління підрозділами ОРС ЦЗ

Найбільш актуальним і специфічним комплексом задач для гарнізону ДСНС є задачі оперативного управління силами і засобами ОРС ЦЗ. Вирішувати ці задачі можна тільки шляхом створення спеціалізованого комплексу засобів автоматизації на базі ЕОМ, з'єднаних у відомчу цифрову телекомунікаційну мережу ДСНС (ВЦТМ). Таку систему називають автоматизованою **системою оперативно диспетчерського управління (СОДУ)** підрозділами ОРС ЦЗ.

Автоматизована СОДУ підрозділами ОРС ЦЗ являє собою організаційно-технічну систему, яка призначена для підвищення ефективності використання сил і засобів підрозділів ОРС шляхом автоматизації рішення управлінських задач.

СОДУ призначена для максимальної автоматизації основних функцій оперативно-диспетчерського управління та є інтегруючим програмно-технічним комплексом для створення єдиної геоінформаційної системи (далі – ГІС) управління та моніторингу.

Метою провадження СОДУ є максимальна автоматизація диспетчерських функцій, скорочення термінів обробки викликів та висилки техніки, що є вирішальним фактором при ліквідації НС, рятуванні людей.

Метою створення СОДУ є підвищення оперативності та якості прийняття рішень при організації ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, аварій, катастроф, стихійного лиха, гасіння пожеж, рятування людей у підрозділах ДСНС України з використанням новітніх комп'ютерних технологій, телекомунікаційних та геоінформаційних систем.

Як функціональна підсистема Єдиної інформаційної системи МВС України СОДУ призначена для максимальної автоматизації основних функцій оперативно-диспетчерського управління.

СОДУ є складовою системи екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером «112».

СОДУ є територіальною підсистемою Урядової інформаційно-аналітичної системи ліквідації надзвичайних ситуацій (УІАСНС).

Роль і місце СОДУ в системі автоматизації діяльності ДСНС України на етапах профілактики, підтримання у готовності сил та засобів, реагування та ліквідація наслідків НС представлено на схемі рис. 13.2.



Рисунок 13.2 – Схема автоматизації діяльності ДСНС

Задачі управління силами та засобами повинні вирішуватися на основі оперативної взаємодії диспетчерів СОДУ. Функції підсистем і відповідні програмні комплекси повинні бути розподілені між сервером СОДУ, автоматизованими робочими місцями диспетчерів оперативно-диспетчерської служби та автоматизованими робочими місцями диспетчерів ПЗЧ.

Реєстрація, обробка викликів та висилка аварійно-рятувальної техніки (АРТ) здійснюється з використанням програмно-апаратного комплексу (ПАК) СОДУ, який в 2007 році вперше на Україні було впроваджено в експлуатацію у м.Львові. Диспетчерська зала СОДУ наведена на рис. 13.3.

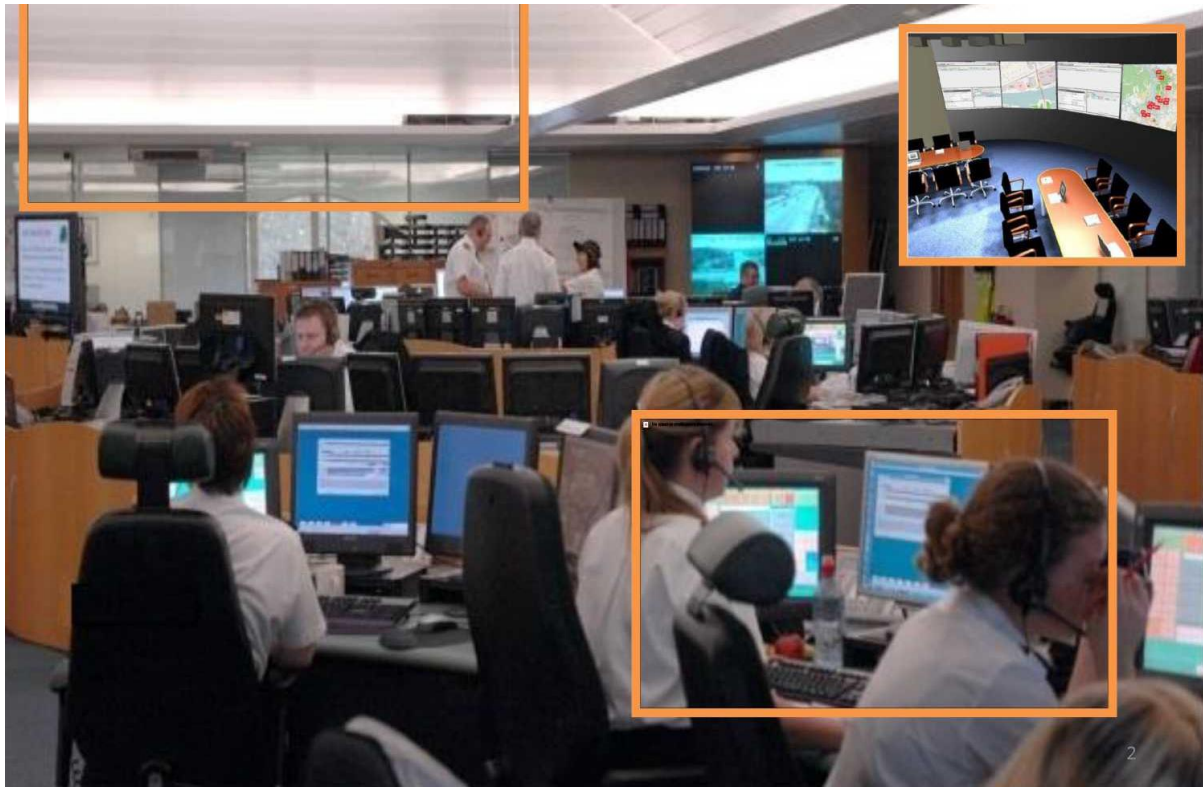


Рисунок 13.3 – Диспетчерська зала СОДУ

СОДУ має забезпечити:

- оперативну і своєчасну обробку повідомлень про пожежі та інші надзвичайні ситуації від населення, Системи 112, їх аналіз і ініціацію необхідних заходів по ліквідації надзвичайних ситуацій;
- інтеграцію з єдиною інформаційною системою (ЄІС) МВС України для надання необхідних інформаційних даних щодо наявних сил та засобів ДСНС України і оперативної обстановки;
- надання в реальному часі оперативної інформації керівництву ДСНС України та МВС України для планування та управління об'єднаними силами по ліквідації надзвичайних ситуацій та забезпеченню громадської безпеки;
- створення єдиної геоінформаційної системи (далі – ГІС) управління та моніторингу з можливістю передачі інформації в реальному часі

від чергових підрозділів та безпосередньо з місць ліквідації надзвичайних ситуацій до ЄІС МВС України та кризового центру ДСНС України;

- інформаційне забезпечення функціонування системи оперативно-диспетчерського управління, а саме координацію та контроль роботи всіх ланок єдиної системи запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, управління підрозділами постійної готовності ДСНС України та взаємодію з іншими екстреними та аварійними службами при виконанні ними поточних і оперативних задач;

- реєстрацію наказів, повідомлень і переговорів по службових лініях і радіоканалах, накопичення і ведення архіву звернень, інформації про надзвичайні ситуації і здійснені заходи і відповідності до вимог (об'єм і термін зберігання);

- надання консультацій населенню при виникненні надзвичайних ситуацій та небезпечних подій.

Крім того система повинна:

- Забезпечити можливість інформаційної взаємодії з іншими автоматизованими інформаційними системами, що існують чи розробляються в структурах державного керівництва.

- Базуватися на стандартній операційній системі та використовувати для роботи з даними промислового СУБД.

- Базуватися на апаратних продуктах відкритого стандарту і не включати якого-небудь специфічного виробника апаратури.

- Мати резервування апаратної частини, програмного забезпечення, баз даних і працювати з дублюванням в реальному часі.

- Бути повністю інтегрованою системою, що включає підтримку телефонії, обробки та передачі даних.

- Забезпечити можливість використання з автоматизованого робочого місця оператора всіх функцій системи, як приклад, прийом телефонних викликів, диспетчеризація, управління ресурсами, тощо.

- Передбачати лінійне масштабування – від малої системи до системи національного масштабу.

- Бути готовою до позиціонування абонентів мобільного зв'язку.

- Мати можливість працювати за будь-якими завчасно створеними алгоритмами дій.

- Бути спроектована для використання 24 години на добу, 7 днів на тиждень, 365 днів на рік.

- Забезпечити цілісність інформації шляхом створення комплексної системи захисту інформації (вимоги та проведення комплексної системи захисту інформації розробляються та проводяться за окремими угодами).

За допомогою СОДУ повинна забезпечуватися взаємодія з питань ЦЗ інформаційної системи ДСНС з інформаційними системи суміжних установ через систему зв'язку та оповіщення ДСНС та суміжні системами зв'язку, як вказано на схемі рис. 13.4.

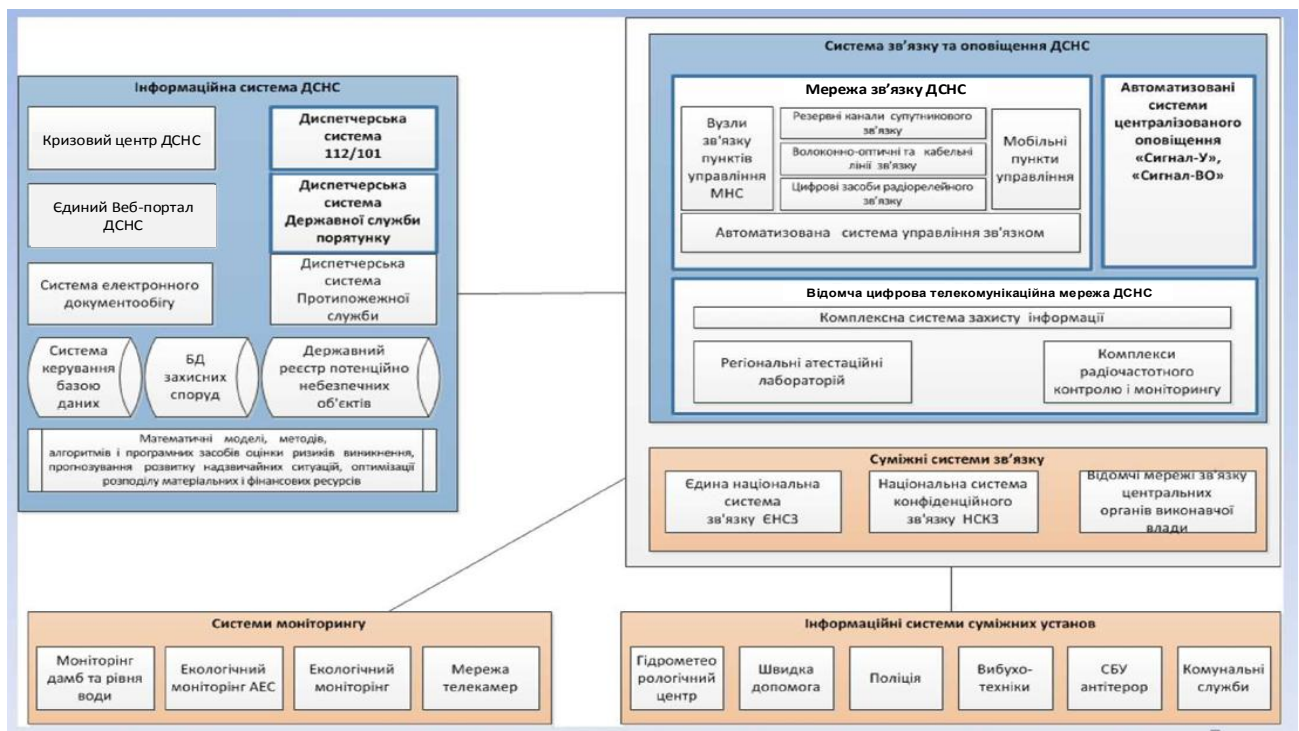


Рисунок 13.4 – Схема організації зв'язку та взаємодії СОДУ з суміжними АС

Інформаційна система ДСНС об'єднує в АС обміну інформацією між структурними підрозділами і програмним забезпеченням наступні елементи:

- Кризовий центр ДСНС
- Єдиний Веб-портал ДСНС
- Систему електронного документообігу
- Диспетчерську систему 112/101
- Диспетчерську систему Державної служби порятунку
- Диспетчерську систему Протипожежної служби
- Систему керування базою даних
- БД захисних споруд
- Державний реєстр потенційно небезпечних об'єктів

Математичні моделі методів, алгоритмів і програмних засобів оцінки ризиків виникнення, прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій, оптимізації розподілу матеріальних і фінансових ресурсів.

СОДУ охоплює всі підрозділи, що входять у гарнізон ДСНС.

Всі задачі, які розв'язує СОДУ, можна умовно згрупувати у кілька відносно великих груп 4-х класів:

1. Задачі, пов'язані з оперативно-тактичною діяльністю підрозділів ОРС.
2. Задачі, пов'язані з аналізом і статистикою результатів діяльності підрозділів ДСНС.
3. Задачі, пов'язані з наглядово-профілактичною діяльністю підрозділів ДСНС.

4. Задачі, пов'язані з адміністративно-господарчою діяльністю підрозділів ДСНС.

Звичайно, найбільша увага має приділятися задачам першої та другої групи, які забезпечують основні функції ДСНС щодо ліквідації НС.

Задачі з оперативного управління підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС:

- прийом заявок про аварії і інші НС;
- прийом елект. сигналів від систем автоматичної пожежної сигналізації;
- мобілізація сил і засобів ОРС на ліквідацію НС;
- забезпечення необхідною інформацією підрозділів ОРС, що прямують до місця або працюють на місці ліквідації НС;
- передислокація підрозділів ПРС;
- забезпечення оперативного зв'язку між персоналом управління ОРС, пожежними частинами, моб. силами, керівником ліквідації НС, об'єктами, держ. органами, міського господарства, органами відомчого і міського упр.;
- забезпечення цілодобового надійного оперативного зв'язку з підрозділами ОРС;
- автоматизація процесів:
 - діалогу "диспетчер – заявник";
 - селекції корисної інформації;
 - аналізу інформації, що поступає, і вироблення оптимального управлінського рішення;
 - передачі наказів підрозділам ОРС;
 - контролю виконання наказів на ліквідацію НС;
 - складання відомостей про зміни складу пожежної техніки в частинах ДСНС і на пожежах;
 - вироблення оптимального маршруту руху техніки до місця ліквідації НС;
 - пошуку оперативних планів ліквідації пожеж і інших НС стосовно конкретних об'єктів;
 - відображення оперативної обстановки на електрифікованому світло плані;
 - відображення наявності пожежної техніки у частинах ДСНС в реальному масштабі часу;
 - відображення на світловому плані маршруту руху пожежної техніки до НС в реальній топографії і реальному масштабі часу;
 - контролю часу прибуття техніки на місце ліквідації НС (пожежу) і в частину (підрозділи) ДСНС;
 - прогнозування розвитку пожеж і інших НС для найбільш важливих об'єктів;
 - прийняття заздалегідь управлінських рішень по ліквідації пожеж і інших НС.

Задачі, пов'язані з аналізом і статистикою результатів діяльності підрозділів ДСНС:

- зберігання інформації про стан всіх видів пожежної та іншої спеціальної техніки в гарнізоні;
- зберігання довідкових даних про об'єкти;
- зберігання типових програм ліквідації пожеж і інших НС різних рангів (номерів);
- зберігання розкладу виїздів підрозділів ОРС на ліквідацію пожеж і інших НС;
- прийом і автоматична реєстрація всіх видів оперативної інформації та ін.

СОДУ повинна забезпечувати наступні функціональні можливості:

- 1) Прийом і реєстрацію заявок про НС та НП:
 - в автоматизованому режимі при наявності доступу до відповідних баз даних (визначення та відображення просторового місцезнаходження стаціонарних абонентів з використанням автоматичного визначника номера та прийом сигналів від СЦПТС).
 - в ручному режимі (прийом адреси і/або назви об'єкта по телефону і введення їх з клавіатури в автоматизовану систему);
- 2) Автоматичне формування пропозицій по бойовому розрахунку необхідних сил та засобів з врахуванням часу їх прибуття до місця події;
- 3) Мінімізацію часу прийняття диспетчером кінцевого рішення щодо висилки сил та засобів на основі автоматично сформованої системою пропозиції бойового розрахунку;
- 4) Перевірку складу бойового розрахунку, при необхідності його корегування, формування бойового наказу.
- 5) Передачу бойового наказу на виїзд бойової техніки в підпорядковані підрозділи, отримання підтвердження його виконання (для підрозділів обласного центру).
- 6) Формування протоколу часу виїзду техніки підрозділів.
- 7) Інформування про виконання бойового наказу керівництва, відповідальних посадових осіб гарнізону, міських аварійних та відомчих служб, інших зацікавлених служб та посадових осіб.
- 8) Реєстрацію повідомлень від підрозділів про оперативну обстановку на місці події та хід ліквідації НС (НП), отриманих диспетчером по радіомережі;
- 9) Формування і передача по СКМ інформації щодо досилки, часткового повернення, повного повернення техніки з місця події, отримання підтвердження про виконання наказу підрозділами.
- 10) Прийом інформації та ведення протоколу всіх повідомлень з місця НС(НП), досилку диспетчером в інтерактивному режимі основної, спеціальної та допоміжної техніки, особового складу, сил та засобів відомчих і міських служб взаємодії (швидка допомога, міліція, газ, водоканал, енерго, тощо).

11) Реєстрацію повідомлень з підрозділів про повернення техніки в місце постійної дислокації.

12) Прийняття та при необхідності корегування формалізованого звіту про НС(НП) з підрозділів.

13) Контроль за всіма виїздами і поверненнями техніки в розташування підрозділів.

14) Формування строївої записки від кожного підрозділу, яка включає: кількість особового складу рядового і керівного, присутнього і відсутнього (з зазначенням причин); кількість аварійно-рятувальної техніки за типами; дані по газозахисній службі; кількість пального; кількість піноутворювача та ін. і введення її в базу даних;

15) По закінченні добового чергування підготовку і друкування короткого добового звіту для доповіді керівництву (добове зведення).

16) Можливість використання підсистеми оповіщення особового складу гарнізону для збору по тривозі при НС, за сигналам цивільної оборони, інших особливих випадках з ідентифікацією голосу абонента та паролем підтвердженням доставки голосового повідомлення.

17) Формування і видачу абсолютних і з наростаючим підсумком результатів оперативної роботи за добу, тиждень, місяць, квартал, півріччя, рік за встановленими формами і окремими довідками.

18) Можливість формування повідомлень та аналітичних звітів і передача формалізованих даних до Системи 112.

19) Формування та передача до ЦП звітних даних для сегменту "Сили та засоби".

13.3 Організаційно-функціональна структура СОДУ підрозділами ОРС ЦЗ гарнізону ДСНС

Функціонально СОДУ складається з Call-центру, підсистеми оповіщення і диспетчерської системи, які виконують завдання вказані на рис. 13.5.

Call-центр виконує наступні завдання:

- прийняття та оброблення екстрених викликів;
- аудіо запис екстрених викликів та збереження аудіо записів;
- розподіл викликів з урахуванням категорії абонентів (їх важливості), між операторами;
- інформування оператора, надання відомостей (з відповідної бази даних) про абонента, який зробив виклик, та про кількість абонентів у черзі;
- керування чергами обслуговування у разі зайнятості операторів відповідно до визначених категорій обслуговування з урахуванням можливості позачергового обслуговування;
- ведення обліку та формування статистичної звітності, зберігання інформації про екстрені виклики;

- отримання інформації з БД операторів фіксованого телефонного зв'язку (прізвище, ім'я, по батькові, найменування та адреса);
- отримання інформації з БД операторів мобільного зв'язку (абонентський номер та місцезнаходження на момент здійснення екстреного виклику).

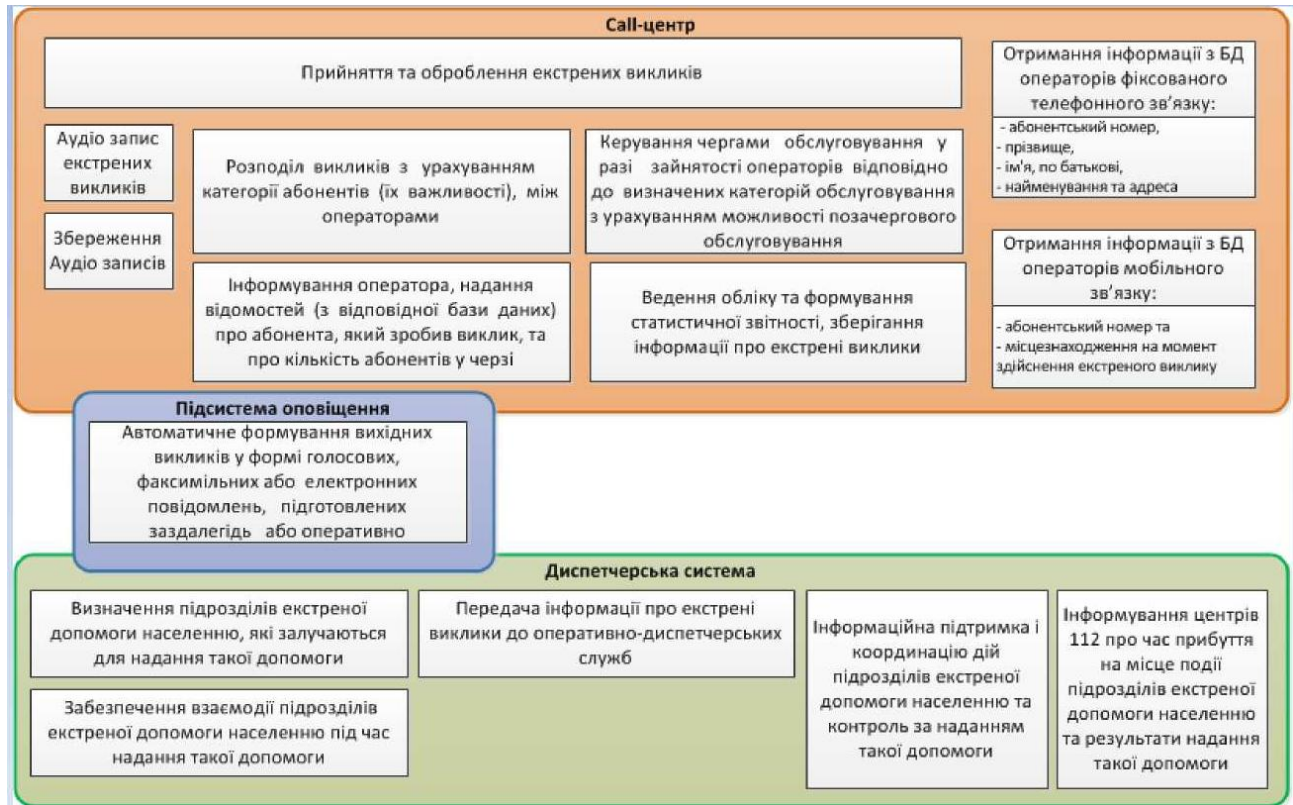


Рисунок 13.5 – Функціональна схема СОДУ

Підсистема оповіщення виконує автоматичне формування вихідних викликів у формі голосових, факсимільних або електронних повідомлень, підготовлених заздалегідь або оперативно.

Диспетчерська система виконує наступні завдання:

- визначення підрозділів екстреної допомоги населенню, які залучаються для надання такої допомоги;
- забезпечення взаємодії підрозділів екстреної допомоги під час надання такої допомоги;
- передача інформації про екстрені виклики до оперативно-диспетчерських служб;
- інформаційна підтримка, координацію дій підрозділів екстреної допомоги населенню та контроль за наданням такої допомоги;
- інформування центрів 112 про час прибуття на місце події підрозділів екстреної допомоги населенню та результати надання такої допомоги.

Організаційно-функціональна структура СОДУ визначається географічним розташуванням об'єктів охорони і підрозділів ОРС ЦЗ, а також задачами, що виконуються ними, складністю задач, що вирішуються, а її ефективність – ступенем автоматизації рішення цих задач.

Організаційно-функціональна схема СОДУ гарнізону ДСНС представлена на рис. 13.6.

СОДУ гарнізону ДСНС (рис. 13.7) складається з чотирьох взаємопов'язаних АС:

- система відображення ситуації (СВС);
- логістична система (ЛС);
- диспетчерська система (ДС);
- система інформування населення (СІН).

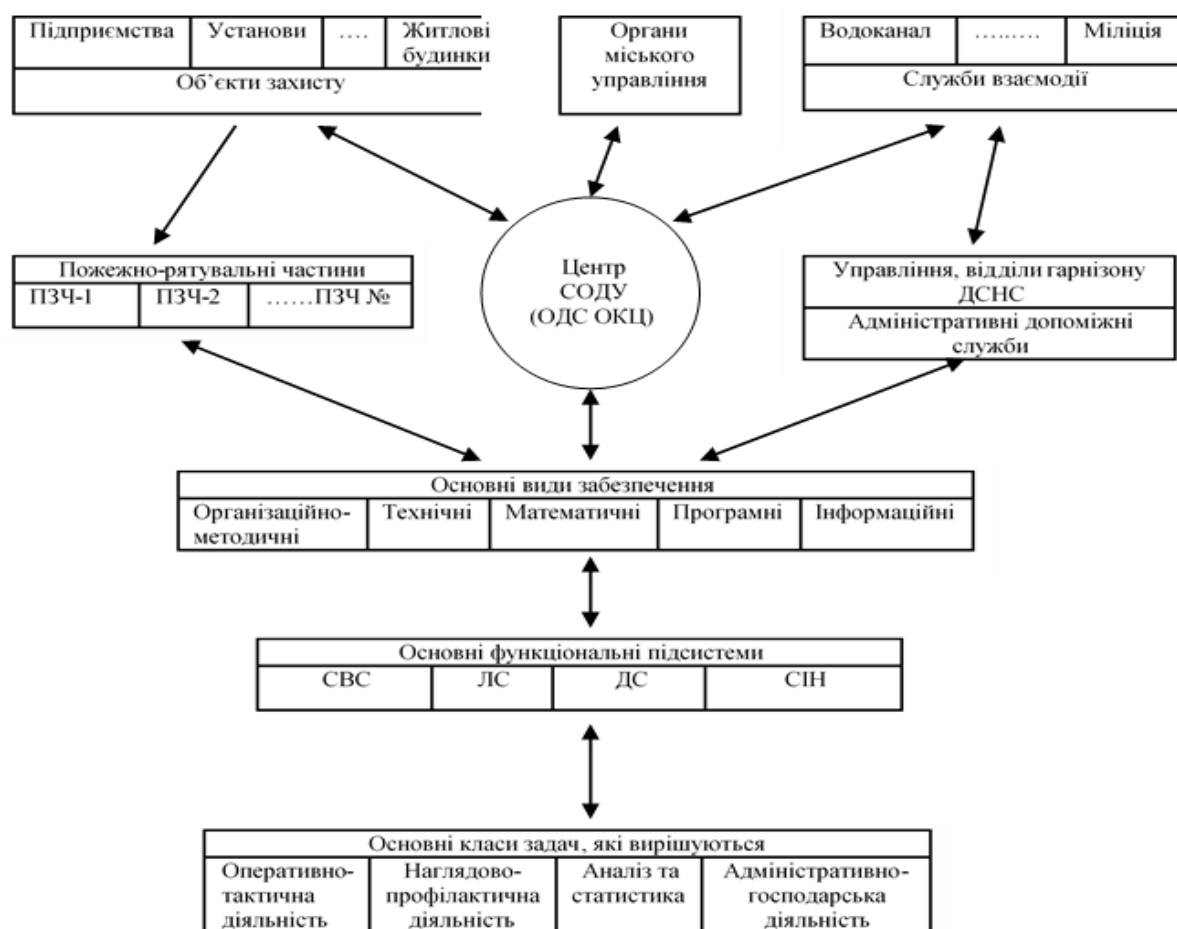


Рисунок 13.6 – Організаційно-функціональна схема СОДУ гарнізону ДСНС

Логістична система поділяється на автоматичну маршрутизацію транспортних засобів (AVR), автоматичне стеження за транспортними засобами (AVL) та вибір кращого маршруту транспортного засобу (AVRR).

Система відображення ситуації оперує даними відеоспостереження, зокрема інцидентів та транспортних засобів на мапі GIS.

Диспетчерська система складається з:

АС Call-центру;
інтерактивного автовідповідача (IVR);
системи диспетчеризації реагування на інцидент (CAD);
автоматичного визначення номера абонента (ANI);
автоматичного визначення місця розташування абонента (ALI);
звітної системи.

Система інформування населення представлена WEB-порталом та додатками для мобільних користувачів.



Рисунок 13.7 – Схема автоматизації СОДУ

Задачі управління силами та засобами повинні вирішуватися на основі оперативної взаємодії диспетчерів СОДУ.

Функції підсистеми і відповідні програмні комплекси повинні бути розподілені між сервером СОДУ, автоматизованими робочими місцями диспетчерів оперативно-диспетчерської служби та автоматизованими робочими місцями ПЗЧ.

Робочі місця підсистеми повинні бути забезпечені можливістю роботи з просторовими даними у вигляді електронних карт місцевості. Як це працює:

Повідомлення про НС надходить в підсистему прийому і автоматичної реєстрації інформації (ППіАРІ) і аналізується підсистемою аналізу інформації (ПАІ), яка за допомогою відомостей, що є в підсистемі інформаційно-довідкового фонду (ІДФ) і типових програм підсистеми розкладів (ППР) видає дані, відповідні оперативній ситуації, що виникла, підсистемі підготовки управлінського рішення (ППУР).

Управлінське рішення містить наказ на виїзд відповідним підрозділам ОРС, який автоматично передається частинам ПРС підсистемою передачі наказів (ППН) за командою диспетчера.

Виконання наказу – виїзд пожежних автомобілів – автоматично контролюється на диспетчерському пункті підсистемою контролю і виконання наказів (ПКВН) шляхом надходження сигналів від датчиків, встановлених в місцях стоянок автомобілів в пожежних частинах.

При наявності підсистеми прогнозування (ПП) розвитку пожежі і вироблення керівних рішень накази формуються з урахуванням виданих вказівок підсистемою прогнозів.

Підсистема оптимізації маршруту (ПОМ) на основі отриманої адреси пожежі видає оптимальний маршрут руху кожної пожежної частини з метою скорочення часу її прибуття на місце пожежі. При цьому підсистема стеження за маршрутом (ПСМ) забезпечує автоматичне стеження за рухом пожежних автомобілів по місту з видачою підтверджуючого сигналу на диспетчерський пункт про час прибуття кожної машини на місце пожежі.

Інформація про наявність техніки в пожежних частинах гарнізону, її відбуття і прибуття відображається на світловому табло з вказівкою поточного часу. За допомогою підсистеми відображення наявності техніки (ПВНТ) диспетчер в будь-який час має абсолютні відомості про наявність техніки в бойовій готовності в пожежних частинах.

13.3.1 Управління виїздом підрозділів ОРС ЦЗ

Вихідною інформацією для рішення цього комплексу задач є:

– повідомлення про пожежі (відомості про виникнення пожежі, місце виникнення й об'єкт);

– точна адреса об'єкта;

– розклад виїздів пожежно-рятувальних частин;

відомості про дислокацію частин;

– дані про наявність і стан пожежної техніки;

– інформація про наявність і стан особового складу в частинах;

– відомості про автомобілі, що виїхали на пожежу.

Результатом опрацювання зазначеної інформації є:

– вибір найближчих до місця події пожежних частин;

– оптимальний вибір сил і засобів, необхідних для ліквідації пожежі.

Вихідна інформація використовується для формування і передачі наказу про виїзд підрозділів ОРС на пожежу.

13.3.2 Управління проходженням бойових підрозділів до місця пожежі

Для рішення цієї задачі використовується інформація про:

– точну адресу об'єкта;

– виїзд пожежних підрозділів;

– стан доріг;

– можливі маршрути проходження пожежних підрозділів на пожежу;

– прибуття підрозділів ОРС на пожежу.

У результаті рішення цієї задачі вибирається оптимальний маршрут руху підрозділів ОРС до місця пожежі, який передається начальникам варт частин, що одержали наказ про виїзд, і забезпечується мінімальний час прибуття пожежних підрозділів до місця пожежі і керування рухом на вулицях міста під час проходження пожежних підрозділів.

13.3.3 Управління бойовою роботою підрозділів ОРС на пожежі

Для рішення цього комплексу задач використовуються:

- відомості про водо джерела;
- відомості про наявність і розташування на об'єкті засобів пожежога-сіння;
- технічна характеристика й особливості об'єкта, на якому виникла по-жежа;
- великомасштабні плани, схеми;
- відомості про пожежну небезпеку технологічних процесів, матеріалів і речовин, що знаходяться на об'єкті і застосовувались у виробництві;
- інформація про енергопостачання об'єкта;
- рекомендації про прийоми і способи ліквідації речовин і матеріалів, що знаходяться на об'єкті;
- плани притягнення додаткових сил і засобів: відомості про дислока-цію й оснащення найближчих опорних пунктів та інше.

Результати розрахунків використовуються для оцінки обстановки на пожежі, у тому числі:

- для аналізу сил і засобів, що беруть участь у гасінні пожежі;
- для прийняття рішень про притягнення додаткових сил, про передисло-кацію підрозділів;
- про використання сил і засобів опорних пунктів для здійснення опера-тивного зв'язку і взаємодії зі спецслужбами.

Ступінь автоматизації системи оперативного управління підрозділами ОРС залежить від ряду характеристик міста, в якому здійснюється захист від пожеж і інших НС.

Треба зазначити, що в наш час ще не всі підсистеми СОДУ ОРС, пере-лічені вище, повністю розроблені. До них відносяться, зокрема, підсистеми прогнозування і вироблення керівних рішень та оптимізації маршруту руху пожежної техніки на пожежі.

Організаційно-функціональна структура СОДУ включає в себе Центр телекомунікаційних систем та інформаційних технологій СОДУ, який вхо-дить у склад відділу зв'язку оповіщення та АСУ, розташований в ГУ(У) ДСНС в області, і його підрозділи, що розташовані в гарнізонах, ОДС (АРМ) з пунктами і засобами зв'язку ПРЧ, службами взаємодії та об'єктами захисту.

13.4 Основні технічні показники СОДУ

СОДУ в процесі функціонування повинна забезпечувати задані технічні показники процесу управління, які підлягають періодичному контролю.

Числові значення технічних показників приводяться в технічній документації на СОДУ.

Основними технічними показниками СОДУ є:

- час обслуговування первинної заявки на пожежу, яка поступила по лінії “112” – не більше як 35 сек.;
- час обробки обчислювальною підсистемою первинної заявки – не більше як 5 сек.;
- час видачі на екран обладнання відображення оперативно-довідкової інформації об’ємом в один кадр – не більше як 5 с;
- час передачі сигналів із ПЗЧ до центру СОДУ, фіксуючих від’їзд – прибуття техніки – не більше як 5 сек.;
- максимальна кількість заявок про НС, що водночас можуть обслуговуватися системою – 20 ;
- коефіцієнт готовності обчислювального комплексу повинен бути не нижче 0,995;
- середнє напруцювання системи на відмову при виконанні функції висилки техніки на пожежу – не менше 500 годин при можливості безвідмовного виконання даної функції 0,95;
- вірогідність виникнення помилки у складі техніки, вибраної для ліквідації пожежі – не більше 0,0001.

Контроль основних технічних показників СОДУ призначений для оцінки якості функціонування СОДУ.

Контроль технічних показників проводиться за допомогою спеціальної тест-програми і обробки статистичної інформації шляхом порівняння одержаних величин основних оперативно-технічних показників із значеннями показників, що припустимі для даного комплексу СОДУ.

При відхиленні величини хоч би одного основного оперативно-технічного показника за межі припустимих для нього значень якості функціонування СОДУ вважається незадовільною. При цьому персоналом центру ТСІТ повинні бути вжиті заходи з діагностики і усунення причин погіршення якості функціонування СОДУ.

Контроль основних технічних показників не виключає необхідності проведення всіх контрольно-діагностичних процедур, передбачених в технічній документації на систему.

13.5 Основні економічні показники СОДУ

У якості загального показника ефективності функціонування СОДУ може бути прийнято відношення узагальненого результату Е застосування ці-

єї системи в реальних умовах до приведених витрат C на побудування та експлуатацію системи

$$E_c = E/C \quad (13.1)$$

Економічний ефект (узагальнений результат застосування системи) СОДУ можна визначити таким чином

$$E = \alpha[(C_{нп1} - C_{нп2}) + (C_{тп1} - C_{тп2}) + (C_{ку1} - C_{ку2})], \quad (13.2)$$

де $C_{нп1}$, $C_{нп2}$ – середні значення матеріальних втрат, які виникають на об'єкті до початку гасіння пожежі відповідно при відсутності СОДУ та при її застосуванні;

$C_{тп1}$, $C_{тп2}$ – середні значення матеріальних втрат, які виникають під час гасіння пожежі відповідно при відсутності СОДУ та при її застосуванні;

$C_{ку1}$, $C_{ку2}$ – середні значення непрямих матеріальних втрат, які виникають під час гасіння пожежі, відповідно при відсутності СОДУ та при її застосуванні;

α – середня кількість пожеж за досліджуваний період.

Приведені затрати на побудування та експлуатацію системи можна визначити

$$C = C_{ек} + E_n \cdot K_p, \quad (13.3)$$

де $C_{ек}$ – затрати на експлуатацію системи (технічне обслуговування, профілактика, ремонт);

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень;

K_p – затрати на побудування СОДУ ПРС (капітальні вкладення).

Ефективність застосування СОДУ ПРС залежить не тільки від ймовірності безвідмовної роботи технічних засобів, а і від ймовірності безвідмовної роботи диспетчера, який є одним з функціональних елементів системи. Враховуючи цей фактор, ефективність функціонування СОДУ ПРС необхідно визначити як

$$E_c = \frac{E \cdot P_{тз} \cdot P_{дисп}}{C}, \quad (13.4)$$

де $P_{тз}$ – ймовірність безвідмовної роботи технічних засобів;

$P_{дисп}$ – ймовірність безвідмовної роботи диспетчера.

13.6 Визначення потрібної кількості диспетчерів для СОДУ

Однією з важливих характеристик СОДУ є її пропускна здатність. Вона залежить від кількості і кваліфікації диспетчерів.

Розрахунок цього показника здійснюють у три етапи.

1. Визначення часу зайнятості диспетчера обслуговуванням однієї заявки при застосуванні СОДУ:

$$\tau_{\text{обс}} = \tau_{\text{п}} + \tau_{\text{вур}} + \tau_{\text{пн}}, \quad (13.5)$$

де $\tau_{\text{п}}$ – середній час обслуговування диспетчером однієї заявки (час розмови) – 0,5хв.;

$\tau_{\text{вур}}$ – час автоматизованої обробки заявки (виробки управлінського рішення) прийняття рішення на виїзд техніки для ліквідації НС (гасіння пожежі) за допомогою СОДУ (за цей час диспетчер аналізує прийняту заявку (виклик), визначає номер виїзду пожежної техніки, вводить ці дані в ЕОМ, ЕОМ здійснює набір пожежної техніки і диспетчер аналізує запропоноване рішення);

$\tau_{\text{пн}}$ – час автоматизованої передачі наказу пожежним частинам після застосування СОДУ.

2. Визначення повного навантаження на усіх диспетчерів за зміну:

$$Y_{\Sigma\text{д}} = \lambda \cdot 60 \cdot \tau_{\text{обс}} \cdot T_{\text{зм}}, \quad (13.6)$$

де λ – інтенсивність вхідного потоку заявок (викликів) – [викл. / хвилину];
60 – кількість хвилин у годині;
 $T_{\text{зм}}$ – час роботи однієї зміни.

3. Визначення допустимого навантаження на одного диспетчера за зміну з урахуванням коефіцієнта зайнятості

$$Y_{1\text{ доп}} = k_{\text{д}} \cdot Y_{1\text{ макс}}, \quad (13.7)$$

де $k_{\text{д}}$ – коефіцієнт зайнятості диспетчера ($k_{\text{д}} = 0,5$);

$Y_{1\text{ макс}}$ – максимальне навантаження за зміну на одного диспетчера ($T_{\text{зм}}$ – зайнятих годин).

Необхідну кількість диспетчерів можна визначити з виразу:

$$n_{\text{дисп}} = \frac{Y_{\Sigma\text{д}}}{Y_{1\text{ доп}}}. \quad (13.8)$$

13.7 Основні характеристики диспетчера як функціонального елемента СОДУ

Функції диспетчера в СОДУ зводяться до контролю функціонування технічних засобів прийому, переробки та відображення інформації, видачі наказів пожежним частинам, контролю та оцінки загальної оперативної обстановки в місті і гарнізоні пожежної охорони. У випадку відмови будь-якої ланки СОДУ диспетчер повинен ввести в дію резервну або прийняти виконання її функцій на себе.

Робота диспетчера СОДУ характеризується швидкістю, точністю виконання операції, надійністю та психологічним навантаженням.

Швидкість – це кількість виконаних операцій за одиницю часу

$$B = (N_d / t)^\beta, \quad (13.9)$$

де N_d – кількість виконаних операцій;
 t – контрольований відрізок часу;
 β – коефіцієнт складності виконуваних операцій.

Точність виконання операцій – це ступінь відповідності виконання визначених операцій заданому алгоритму. Вона залежить від ступеня складності виконуваних операцій, умов і режиму роботи, стану нервової системи диспетчера, особистих його здібностей, навченості та інших факторів.

Точність роботи диспетчера характеризується безпомилковістю P_j або інтенсивністю помилок λ_j на одну виконану операцію:

$$P_j = (N_j - n_j) / N_j, \quad (13.10)$$

де N_j – кількість виконаних операцій j – го виду;
 n_j – кількість допущених помилок;

$$\lambda_j = n_j / N_j T_j, \quad (13.11)$$

де T_j – середній час виконання операцій j – го виду.

Останній вираз справедливий для ділянки стійкої працездатності диспетчера (рис. 13.8).

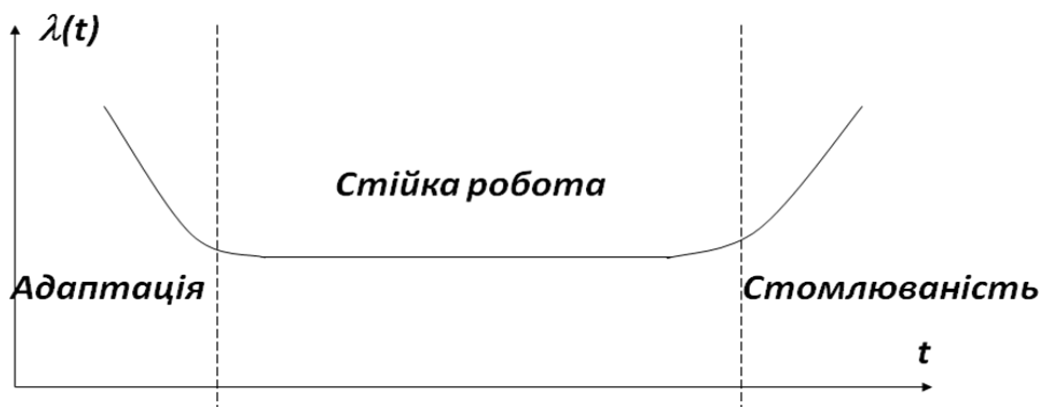


Рисунок 13.8 – Залежність працездатності диспетчера від часу протягом зміни.

Здатність диспетчера включитися в роботу в будь-який момент характеризується коефіцієнтом готовності

$$K_\Gamma = 1 - T_0 / T_d, \quad (13.12)$$

де T_0 – час, протягом якого диспетчер за будь-яких причин не може виконати свої обов'язки; T_d – загальний час диспетчера у зміні.

Несвоєчасне виконання тих чи інших операцій диспетчером знижує ефективність функціонування системи в цілому, що може кваліфікуватися як припущення помилок.

У загальному випадку ліміт часу може бути як постійним, так і випадковим.

Надійність диспетчера – це здатність зберігати задану швидкодію при заданій точності виконання операцій у визначених умовах роботи на контрольованій ділянці часу

$$P_d = P_{\text{безпом}}(t) \cdot P_{\text{СВ}}(t). \quad (13.13)$$

Психологічна напруга – це завантаженість протягом зміни. Її можна характеризуватися відношенням часу безпосередньої зайнятості прийом, переробкою інформації, вироблення управлінських рішень до загального часу чергування в зміні T_d :

$$K_3 = t_0/T_d. \quad (13.14)$$

Фізіологією праці рекомендується $K_3 = 0,75$.

Список використаних джерел

1. Автоматизовані системи управління та зв'язок: курс лекцій / Уклад. Л.В. Борисова, О.В. Загора, А.Б. Феценко . – Х : НУЦЗУ, 2018 . – 282 с.
2. Автоматизовані системи управління та зв'язок: методичні вказівки з організації та завдання до самостійної роботи під час вивчення дисципліни / Уклад. В.О. Собина, В.О. Загора, А.Б. Феценко . – Х : НУЦЗУ, 2018 . – 27с.
3. І.А. Чуб, В.Є. Пустоваров, Г.Е. Винокуров, П.М. Бортнічук, Л.А. Клименко. Автоматизовані системи управління та зв'язок у сфері цивільного захисту: Навчальний посібник /За загальною редакцією Щербака Г.В. – Х., 2005.
4. В. О. Собина, Д. В. Тарадуда, М. М. Піксасов, Л. В. Борисова, О. В. Загора, А. Б. Феценко, 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.
Режим доступу: <http://ndr.dsns.gov.ua/?p=7135> .
5. Наказ МНС від 30.09.2011 № 1045 Про внесення змін до наказу МНС від 13.05.2011 № 489 "Статут Вузла зв'язку Міністерства надзвичайних ситуацій України (нова редакція)".
6. Постанова кабінету міністрів України № 1031 від 17.10.2012 р. "Про затвердження Порядку функціонування системи екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112".

7. Наказ МВС України № 340 від 26.04.2018 року "Про затвердження Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів ОРС ЦЗ"

8. Наказ МВС України № 761 від 18.10.2021 року "Про затвердження Змін до Статуту дім органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту" піл час гасіння пожеж".Закон України №9074 від 26.08.2011 "Про систему екстреної допомоги населенню за єдиним телефонним номером 112"Питання та завдання для самостійного контролю знань

Питання та завдання для самостійного контролю знань

1. Принципи побудови автоматизованих систем управління (АСУ)
2. Основні структурні підсистеми АСУ, їх призначення і принципи застосування.
3. Призначення і задачі СОДУ.
4. Вимоги щодо функціонування СОДУ.
5. Склад СОДУ гарнізону ДСНС.
6. Організаційно-функціональна структура СОДУ.
7. Робота СОДУ на різних етапах ліквідації надзвичайної ситуації.
8. Технічні показники ефективності СОДУ.
9. Показники економічної ефективності СОДУ.
10. Експлуатаційні показники надійності СОДУ.
11. Характеристики диспетчера як функціонального елемента СОДУ.

Навчальне видання

Закора Олександр Вікторович
Фещенко Андрій Борисович
Борисова Лариса Володимирівна
Собина Віталій Олександрович
Тарадуда Дмитро Віталійович
Демент Максим Олександрович
Неклонський Ігор Михайлович

АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТА ЗВ'ЯЗОК

Підручник

Підписано до друку 24.01.2022. Формат 60х84/16.

Ум. друк. арк. 16,9.

Вид. № 72/21.

Сектор редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

www.nuczu.edu.ua