

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УЖГОРОДСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»**

СУСЛІКОВ Л.М., ДЬОРДЯЙ В.С.

**ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА
(ВСТУП ДО СПЕЦІАЛЬНОСТІ)**

Навчальний посібник
для студентів молодших курсів
спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка»

Ужгород – 2022

УДК 621.39+621.37(075.8)

С90

Сусліков Л.М., Дьордяй В.С. Телекомунікації та радіотехніка (вступ до спеціальності): навчальний посібник для студентів молодших курсів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка». – Ужгород: Видавництво «Говерла», 2022. – 352 с.

Посібник знайомить студентів із спеціальністю «Телекомунікації та радіотехніка», об'єктами і видами професійної діяльності бакалаврів та спеціалістів за напрямками підготовки в області телекомунікацій, їх професійними завданнями і необхідними компетенціями. Висвітлюються особливості організації і основні форми навчального процесу в Україні, кредитно-модульна система організації навчального процесу, перспективи розвитку телекомунікаційних технологій і систем зв'язку.

Значна увага приділяється розгляду основних понять телекомунікацій, таких як: інформація, повідомлення, сигнал, лінії та канали зв'язку, телекомунікаційні системи та мережі. Розкриваються основи побудови і функціонування різноманітних телекомунікаційних систем та мереж. Розглядаються основні види ліній передачі, які застосовуються при побудові сучасних ліній і мереж зв'язку, апаратні та логічні принципи побудови мереж. Дається короткий опис фізичної природи передачі сигналів цими лініями та їхні характеристики.

Посібник призначений для студентів молодших курсів спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка». Буде корисним для студентів, що спеціалізуються у галузі радіоелектронних систем і комплексів, технологій і засобів телекомунікацій та інформаційних систем і мереж зв'язку.

Рецензенти:

Пуга П.П. – доктор фізико-математичних наук, професор кафедри твердотільної електроніки УжНУ

Небола І.І. – доктор фізико-математичних наук, професор, завідувач кафедри прикладної фізики УжНУ

Рекомендовано редакційно–видавничою Радою Ужгородського національного університету (протокол № 7 від 17 грудня 2021 р.)

© Ужгородський національний університет, 2022

© Сусліков Л.М., Дьордяй В.С. 2022

ЗМІСТ

ВСТУП. РОЛЬ І МІСЦЕ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ В СУЧАСНОМУ СВІТІ	9
--	----------

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ І НАУКОВІ МЕТОДИ НАВЧАННЯ У ВИЩІЙ ШКОЛІ	14
---	-----------

1.1. Специфіка навчального процесу у вищому навчальному закладі	14
1.2. Загальні відомості про вищу освіту в Україні	17
1.3. Структура системи вищої освіти в Україні	20
1.4. Поняття «професія», «спеціальність», «спеціалізація», «напрямок», «кваліфікація»	23
1.5. Організація навчального процесу у вищому навчальному закладі	26
1.6. Основні форми організації навчального процесу	27
1.7. Основні відомості про університет як навчальний заклад вищої освіти	35

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ В ВИЩІЙ ШКОЛІ В КОНТЕКСТІ БОЛОНСЬКОГО ПРОЦЕСУ	38
---	-----------

2.1. Сутність Болонського процесу та його роль.....	38
2.2. Європейська кредитна трансферно – накопичувальна система (ECTS/ЄКТС)	40
2.3. Кредитно-модульна система організації навчального процесу	42
2.4. Оцінювання знань студентів	44
2.5. Загальні положення про організацію і проведення модульного та семестрового контролю	48
2.6. Організація та проведення модульного контролю	50
2.7. Організація та проведення семестрового контролю	52
2.8. Рейтингова система оцінювання успішності студентів.....	54
2.9. Відвідування занять та правила відрахування.....	57

РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ БАКАЛАВРІВ І МАГІСТРІВ В ГАЛУЗІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА РАДІОТЕХНІКИ	59
3.1. Галузі, об'єкти та види професійної діяльності	59
3.2. Узагальнені завдання професійної діяльності	60
3.3. Програмні компетентності випускника спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка»	64
3.4. Професійні стандарти і завдання бакалаврів та магістрів	69
3.5. Професійний стандарт «Спеціаліст з радіозв'язку та телекомунікацій»	72
3.6. Вимоги щодо основної освітньої програми за напрямом підготовки дипломованого фахівця «Телекомунікації та радіотехніка»	73

РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ

ПОНЯТТЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ.....	75
4.1. Людина та інформація	75
4.2. Загальні поняття про інформацію	77
4.3. Властивості інформації	80
4.4. Цінність інформації	82
4.5. Класифікація інформації	84
4.6. Функції інформації	88
4.7. Поняття про повідомлення	89
4.8. Сигнали	92
4.9. Класифікація сигналів електрозв'язку	95
4.10. Етапи розвитку телекомунікацій	103
4.11. Стандартизація в галузі телекомунікацій	105
4.12. Сучасні види телекомунікацій	108

РОЗДІЛ 5. МОДУЛЯЦІЯ СИГНАЛІВ

5.1. Загальні відомості про модуляцію.....	112
5.2. Види модуляції та їх класифікація	115
5.3. Фізичні принципи модуляції	117

РОЗДІЛ 6. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ВІДСТАНЬ124

- 6.1. Інформаційні процеси та їх види124
- 6.2. Передавання інформації128
- 6.3. Передача інформації в мережі Інтернет135

РОЗДІЛ 7. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ.138

- 7.1. Поняття телекомунікаційної системи138
- 7.2. Структура телекомунікаційної системи.....141
- 7.3. Класифікація телекомунікаційних систем148
- 7.4. Функції, завдання та критерії якості телекомунікаційних систем154
- 7.5. Вимоги до телекомунікаційних систем.....156
- 7.6. Телекомунікаційна система для передачі неперервних повідомлень159
- 7.7. Класифікація телекомунікаційних систем передачі неперервних повідомлень.....160
 - 7.7.1. Система телефонного зв'язку160
 - 7.7.2. Система звукового мовлення161
 - 7.7.3. Система факсимільного зв'язку163
 - 7.7.4. Система телевізійного мовлення165
- 7.8. Телекомунікаційна система для передачі дискретних повідомлень.....167
- 7.9. Класифікація телекомунікаційних систем передачі дискретних повідомлень.....169
 - 7.9.1. Система телеграфного зв'язку170
 - 7.9.2. Система передачі даних171

РОЗДІЛ 8. ЛІНІЇ І КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ173

- 8.1. Загальні поняття про лінії та канали зв'язку173
- 8.2. Фізичні параметри середовищ поширення електромагнітних хвиль.....176

8.3. Види ліній зв'язку	179
8.4. Класифікація каналів та ліній зв'язку	181
8.5. Проводові лінії зв'язку	186
8.5.1. Вита пара.....	188
8.5.2. Коаксіальні кабелі.....	192
8.5.3. Волоконно-оптичні лінії зв'язку.....	194
8.6 Переваги та недоліки волоконно-оптичних ліній зв'язку.....	199
8.7. Безпроводові канали зв'язку	203
8.8. Атмосферний лазерний зв'язок.....	208
8.9. Загальні характеристики побудови супутникових ліній зв'язку.....	215
8.10. Основні складові систем супутникового зв'язку.....	219
8.11. Супутникові радіолінії	222
8.12. Основні характеристики ліній зв'язку	224
8.12.1. Амплітудно-частотна характеристика.....	225
8.12.2. Смуга пропускання.....	226
8.12.3. Загасання.....	228
8.12.4. Пропускна здатність.....	229
8.12.5. Достовірність передачі даних.....	232
8.12.6. Перешкодостійкість та ємність лінії зв'язку.....	233
8.13. Вимоги до ліній зв'язку.....	235
8.14. Сутність і класифікація впливів.....	236
8.15. Зовнішні впливи на лінії зв'язку.....	237
8.16. Перешкоди і спотворення в каналі зв'язку	239
8.17. Методи боротьби з перешкодами.....	246
8.18. Захист кіл і трактів ліній зв'язку від взаємних впливів.....	248

РОЗДІЛ 9. РАДІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ

ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ.....251

9.1. Загальні поняття про радіотехнічні системи передачі інформації	251
9.2. Загальні відомості про радіохвилі.....	254
9.3. Загальні властивості радіохвиль	259

9.4. Загальні принципи побудови радіоліній зв'язку.....	260
9.5. Принцип радіозв'язку. Загальна модель радіотехнічної системи	263
9.6. Вплив Землі та атмосфери на поширення радіохвиль	265
9.7. Вплив механізму розсіювання на поширення радіохвиль.....	272
9.8. Особливості поширення радіохвиль різних діапазонів	274
9.9. Поширення ультракоротких хвиль	278
9.10. Особливості поширення радіохвиль сантиметрового та міліметрового діапазонів	280
9.11. Особливості поширення радіохвиль у радіорелейних лініях зв'язку.....	282
9.12. Особливості поширення радіохвиль у супутникових лініях зв'язку.....	286
9.13. Класифікація радіотехнічних систем	286
9.14. Основні параметри і характеристики радіотехнічних систем	291
9.15. Ефективність радіотехнічних систем	294

РОЗДІЛ 10. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ297

10.1. Поняття комунікаційної та інформаційної мереж.....	297
10.2. Загальна структура телекомунікаційної мережі	302
10.3. Класифікація телекомунікаційних мереж	307

РОЗДІЛ 11. ТОПОЛОГІЯ

ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ.....314

11.1. Поняття топології мережі.....	314
11.2. Топологія «шина».....	318
11.3. Топологія «зірка».....	320
11.4. Топологія «кільце».....	323
11.5. Змішані топології.....	327

РОЗДІЛ 12. КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ	330
12.1. Основні поняття комп'ютерних мереж.....	330
12.2. Класифікація комп'ютерних мереж	338
12.3. Основні характеристики сучасних комп'ютерних мереж	342
12.4. Конвергенція комп'ютерних і телекомунікаційних мереж	345
12.5. Інфокомунікаційна мережа	347
 ЛІТЕРАТУРА	 351

ВСТУП. РОЛЬ І МІСЦЕ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ В СУЧАСНОМУ СВІТІ

Людське суспільство живе в інформаційному світі, який постійно змінюється і поповнюється. Те, що людина бачить, чує, пам'ятає, знає, переживає, - все це різні форми інформації. Отже, в широкому сенсі інформацію можна визначити як сукупність знань про навколишній світ. В такому розумінні інформація є найважливішим ресурсом науково-технічного прогресу і соціально-економічного розвитку суспільства і поряд з матерією і енергією належить до фундаментальних філософських категорій природознавства.

Але будь-яка хоча б трохи корисна інформація не може бути використана, якщо відсутні канали зв'язку для її передачі та прийому. Сама по собі інформація не має ніякої цінності, якщо нею не можна скористатися. Необхідність володіння інформацією в певний час, збільшення обсягу цієї інформації та зменшення термінів її доставки до адресата, можливість її оперативної передачі і прийому робить технології та засоби телекомунікацій одним з найважливіших елементів сучасного життя.

Сучасне суспільство розвивається за новими законами, які ще в минулому столітті були мало відомі і не були настільки актуальними. Ці закони пов'язані з теорією і практикою обміну інформацією. Ще декілька кілків десятиліть тому, ніхто, крім фахівців, не знав, що таке сервер, термінальний пристрій, мобільний телефон, модем або оптоволокно.

В даний час відзначається стрімкий перехід від індустріального суспільства до інформаційного. Відмітною особливістю нашого часу є підвищена ділова активність населення і неперервне зростання потреби передавання значних потоків інформації на значні відстані. Це обумовлено багатьма причинами, і в першу чергу тим, що зв'язок став одним з найбільш потужних і визначальних важелів керування економікою країни. Одночасно, динамічно розвиваючись і стаючи

всебічним та всеохоплюючим, електрозв'язок кожної країни стає все більш інтегрованим в світовий телекомунікаційний простір.

Все це визначає провідну роль телекомунікацій в економічному та культурному розвитку країни. Протягом кількох років Україна реалізує програму перебудови інфраструктури електрозв'язку і телекомунікаційних послуг за участю українських та іноземних компаній. Це потребує залучення фахівців телекомунікаційного напрямку, які б володіли достатнім багажем знань для впровадження інформаційних технологій у всі сфери діяльності людини та вдосконалення новітніх технологій.

В інформатизації суспільства важливу роль відіграють комп'ютерні та телекомунікаційні мережі. Можна сказати, що інформація «циркулює» цими мережами, як кров по живому організму. Цілком очевидно, що управління, налагодження та супровід інформаційних обчислювальних мереж є ключовим завданням у розвитку єдиного інформаційного простору. Саме ці завдання і повинні вміти вирішувати фахівці в області телекомунікаційних технологій.

Рівень розвитку будь-якого суспільства в значній мірі визначається можливостями отримання, обробки, зберігання та передачі різної інформації. У сучасному світі впевнені позиції в процесі обробки і доставки інформації займають засоби електричного зв'язку.

Галузь електричного зв'язку в даний час зазнає революційних перетворень, пов'язаних з глобалізацією виробничих і економічних процесів в світовому співтоваристві; цьому відповідає зародження і розвиток нових технологій: злиття комп'ютерних і телекомунікаційних систем, впровадження волоконно-оптичної техніки, розвиток цифрових методів і засобів передачі даних, зберігання і обробка інформації.

Дисципліна «Вступ до спеціальності» відноситься до базової частини дисциплін підготовки бакалаврів і магістрів відповідно до основної освітньої програми за напрямом 172 – «Телекомунікації та радіотехніка».

Дисципліна "Вступ до спеціальності" базується на знаннях отриманих в межах середньої школи при вивченні таких дисциплін як фізика, математика, астрономія, інформатика. Дисципліна призначена для прискореної адаптації першокурсників до вимог вищої школи, для активізації їх навчальної та дослідницької діяльності, залучення студентів до суспільного життя університету. Успішне освоєння програми дисципліни передбачає, що студенти, які мають прагнення до отримання досвіду читання періодичних видань науково-популярного і технічного змісту, володіють початковими знаннями в області радіотехнічних ланцюгів і сигналів, радіоматеріалів і радіокомпонентів, мають уявлення про загальні тенденції розвитку науки і техніки в області радіоелектроніки, телекомунікацій, радіотехніки, інформатики.

Знання та навички, отримані при вивченні дисципліни «Вступ до спеціальності» необхідні для подальшого засвоєння навчального матеріалу загальнотехнічних дисциплін за напрямом «Телекомунікації та радіотехніка», а також для формування у студентів внутрішньої переконаності в правильності обраного фаху.

Дисципліна «Вступ до спеціальності» має на меті:

- ознайомити студентів першого курсу з системою вищої професійної освіти, з університетом, його завданнями і структурою, навчальною діяльністю в системі вищої професійної освіти, їх правами і обов'язками, навчальною та науковою роботою студентів,
- ознайомити студентів із змістом і основними поняттями розділів державних освітніх стандартів за спеціальністю 172 – «Телекомунікації та радіотехніка»,
- розглянути зміст і основні поняття загальних і спеціальних дисциплін, цілі і завдання практик,
- дати загальне уявлення про об'єкти професійної діяльності фахівця за напрямом «Телекомунікації та радіотехніка», про особливості професійної діяльності бакалаврів і фахівців в області телекомунікації та радіотехніки, про необхідні компетенції для успішного здійснення цієї діяльності, про історію і тенденції

розвитку науки і техніки у відповідних галузях, про видатних вчених, інженерів і винахідників,

- надати початкові знання про електронну компонентну базу, технології і основні параметри телекомунікаційних систем, що характеризують ефективність і якість їх функціонування.

Практична підготовка студентів в рамках дисципліни спрямована на формування у них навичок самостійної роботи з джерелами науково-технічної інформації, а також вміння складати огляди і презентації на задану тему, технічно грамотно формулювати питання, що стосуються роботи електротехнічних, електронних, електромеханічних елементів радіотехнічних пристроїв і систем.

Засвоєння дисципліни сприятиме набуттю студентами загальнокультурних і загально-професійних компетенцій, вміння виявляти природничо-наукову сутність проблем, що виникають в ході їх майбутньої професійної діяльності.

Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- ознайомлення з основними напрямками сучасного розвитку науки і техніки в області радіотехніки, телекомунікацій, інформатики, обчислювальної техніки, електроніки;

- виховання кожного студента як переконаного пропагандиста достоїнств інженерно-технічної освіти та його необхідність для сучасного суспільства;

- формування практичних навичок роботи з каталогами науково-технічної літератури;

- інформування студентів про структуру університету, завдання та функції, покладені на його навчальні, наукові, господарські підрозділи та громадські інститути;

- ознайомлення з навчальними та тематичними планами напряму підготовки дипломованих фахівців, змістом навчальних дисциплін, знайомство з представниками педагогічного колективу університету і провідними викладачами випускаючих кафедр.

В результаті теоретичного вивчення дисципліни студент повинен знати:

- основні напрямки сучасного розвитку науки і техніки в області радіотехніки, телекомунікацій, інформатики, обчислювальної техніки, електроніки;
- правила внутрішнього розпорядку в університеті, функції та структури основних навчально-педагогічних і організаційно-технічних підрозділів;
- зміст навчальних планів і структуру навчальних дисциплін, вимоги рейтингової системи контролю успішності;

В результаті практичного освоєння дисципліни студент повинен вміти:

- самостійно працювати з першоджерелами технічної інформації;
- технічні грамотно викладати основні проблеми і завдання поточного періоду навчання;
- використовувати в навчальному процесі переваги, що надаються обчислювальною технікою;
- класифікувати загальні процеси і явища, пов'язані з технічним прогресом в області телекомунікацій та радіотехніки за найбільш характерними відмітними ознаками.

По завершенню дисципліни «Вступ до спеціальності» студент повинен знати:

- основні цілі та завдання свого навчання;
- набути навичок роботи з періодичними виданнями та першоджерелами технічної інформації;
- активізувати своє прагнення до придбання нових знань, проведення дослідницьких робіт;
- мати уявлення про тенденції технічного розвитку сучасного суспільства і перспективи свого працевлаштування після закінчення вищого навчального закладу.

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ І НАУКОВІ МЕТОДИ НАВЧАННЯ У ВИЩІЙ ШКОЛІ

1.1. Специфіка навчального процесу у вищому навчальному закладі

Отже, ви переступили поріг університету і стали студентом. Так хто ж це такий - студент? Чим він відрізняється від інших людей? От що із цього приводу можна прочитати в енциклопедії: студент (від латинської student – той, хто наполегливо працює, займається) – це учень вищого, у деяких країнах і середнього навчального закладу. У Древньому Римі та у середньовіччі студентами називали будь-яких людей, зайнятих процесом пізнання. З організацією в XII ст. університетів термін «студент» став вживатися для позначення осіб, що в них навчаються. Справжній студент може пишатися своєю ерудицією. Така людина, навіть якщо їй трапляється запитання, на яке вона не знає відповіді, з гідністю зможе вийти із ситуації, що склалася. Студент кмітливий, завжди готовий відстояти свою точку зору, вміє розставити пріоритети.

Представник співтовариства цих молодих людей примудряється на мізерну стипендію жити з розмахом. Він відпочиває, коли всі працюють, і працює, коли всі відпочивають.

На кілька років університет стане вашим рідним домом, покинувши який ви все своє життя будете згадувати «альма-матер» (лат. *alma mater* - буквально годуюча мати). Ви віддасте університету кращі роки свого життя, а він натомість озброїть вас знаннями - основою вашої майбутньої кар'єри, змінить ваш внутрішній світ і зробить вас інтелігентними, освіченими людьми, активними громадянами нашої вітчизни.

Тут ви зустрінете друзів, а може бути і свою любов. Це люди, з якими ви пройдете все своє життя, і які завжди прийдуть вам на допомогу.

Однак результат багато в чому залежить від вас самих. Що ж треба робити?

Перш за все, треба **розпрощатися з деякими ілюзіями зі шкільних років.**

1. **Вища освіта необов'язкова.** Тому в університеті не вчать, а вчаться. Звичайно, деякі дисциплінарні заходи діють. Однак їх істотно менше, ніж у школі. Оманливе відчуття свободи, підкріпленої студентським фольклором, може зіграти з першокурсником злий жарт. Відсоток відсіву студентів на першому курсі досить високий.

2. Вищий навчальний заклад надає вам **можливість отримати знання та навички**, необхідні для вашої майбутньої професійної діяльності. В школі ви звикли, що вчителі вас вчать. У вузі викладачі будуть викладати вам дисципліни. Ваше завдання перейняти у викладача якомога більше того, що він знає і вміє.

3. Вищий навчальний заклад готує фахівців для роботи в конкретній сфері професійної діяльності, яка буде успішною лише за умови **засвоєння всіх дисциплін навчального плану, як єдиного і нерозривного цілого.** Це зовсім не означає, що в кожній дисципліні треба знати абсолютно все. Але вивчення кожної наступної передбачає наявність знань і умінь у всіх попередніх.

Студенти, які за шкільною звичкою продовжують вчити предмети (російську мову, алгебру, хімію, історію і т.д.), кожную чергову дисципліну сприймають як абсолютно нову. Через розмаїття і різноманітність дисциплін в школі увага учнів не акцентується на міждисциплінарних зв'язках.

В результаті виникають труднощі її засвоєння. Це змушує переходити на безглузде зубріння, що породжує нові проблеми і т. д.

4. Основою освіти в технічному вузі є **фундаментальна підготовка** (з математики, фізики, теорії електричних ланцюгів тощо). Це пов'язано з тим, що на сучасному етапі розвитку виробництва вивчити всі потрібні інженерні дисципліни на рецептурному рівні не під силу нікому. Хороша теорія економить масу часу і фінансових коштів, істотно скорочуючи небезпечний процес осягнення істини методом проб і помилок. К. А. Гельвецій писав, що знання деяких принципів легко компенсує незнання

деяких фактів (Клод Адріан Гельвецій (1715-1771) - французький літератор і філософ-матеріаліст).

5. Слід зрозуміти, що навчитися **робити те, що не вмієш - справа не легка**, так що приготуйтеся до самостійного і напруженого навчання.

Щоб не шкодувати в майбутньому про втрачений час, треба поставити перед собою мету, і робити все можливе для її досягнення. Які ж це цілі? Звичайно, у всіх вони різні і ви вільні у своєму виборі. Однак в загальних рисах картину можна уявити приблизно наступним чином:

1. **отримати диплом про вищу освіту** - найпростіша мета. Деяка частина студентів, яка поставила цю мету, так і не отримують дипломи, ті ж, хто отримує, часто працює не за спеціальністю. Але, чи варто було мучитися, якщо доручену вам роботу можна виконувати і, не маючи кваліфікації інженера. Один відмінний технік вартий трьох недоучених інженерів, а одна кваліфікована секретарка-друкарка, підготовлена в ПТУ, може замінити п'ять панянок з дипломами про вищу освіту.

2. **отримати загальне уявлення про предмет обраної спеціальності** - більш висока мета, але вона не дуже далека від першої;

3. **отримати обсяг знань і умінь, якого достатньо для вирішення стандартних завдань** - цілком розумна мета, в будь-якій справі потрібні грамотні виконавці і, врешті-решт, все в світі тримається на армії сумлінних, умілих працівників;

4. **отримати фундаментальні знання, а також навички самостійного вирішення широкого кола завдань і проблем в обраній сфері діяльності** - висока мета, ті, хто її поставив перед собою, мають помітні успіхи вже на студентській лаві, ведуть самостійні дослідні роботи під керівництвом викладачів вузу, беруть участь в роботі наукових конференцій і т.п., це майбутнє нашого науково-технічного прогресу;

5. **стати різнобічно освіченим, активним і висококультурним членом суспільства, кваліфікованим**

фахівцем, здатним самостійно виявляти проблеми і знаходити способи їх вирішення з використанням фундаментальних знань, наукових методів пізнання і системного підходу - висока і благородна мета. Це майбутнє нашої країни.

1.2. Загальні відомості про вищу освіту в Україні

Основним законом України, який регламентує особливості вищої освіти є закон України **«Про вищу освіту»**. Цей закон спрямований на врегулювання суспільних відносин у галузі навчання, виховання, професійної підготовки громадян України. Він встановлює правові, організаційні, фінансові та інші засади функціонування системи вищої освіти, створює умови для самореалізації особистості, забезпечення потреб суспільства і держави у кваліфікованих фахівцях.

Згідно даного закону розглянемо деякі основні поняття:

- **вища освіта** – рівень освіти, який здобувається особою у вищому навчальному закладі в результаті послідовного, системного та цілеспрямованого процесу засвоєння змісту навчання, який ґрунтується на повній загальній середній освіті й завершується здобуттям певної кваліфікації за підсумками державної атестації;

- **зміст освіти** — система наукових знань, умінь і навичок, оволодіння якими забезпечує всебічний розвиток розумових і фізичних здібностей людини, формування її світогляду, моралі та поведінки, підготовку до суспільного життя, до праці, це чітко окреслене коло знань, умінь, навичок і компетенцій, якими людина оволодіває шляхом навчання у навчальному закладі або самостійно, необхідних для життєдіяльності людини.

У Законі "Про освіту" **мету вищої освіти** сформульовано так: "Вища освіта забезпечує фундаментальну наукову, професійну та практичну підготовку, здобуття громадянами освітньо-кваліфікаційних рівнів відповідно до їх покликань, інтересів і здібностей, удосконалення наукової та професійної підготовки, перепідготовку та підвищення їх кваліфікації".

Головна мета вищої освіти полягає в формуванні всебічно розвиненої та обдарованої особистості, яка буде застосовувати здобуті знання не лише в своїй подальшій професійній діяльності, а й постійно оновлювати та поповнювати їх, і бути всебічно обізнаною людиною.

Основне завдання вищої освіти полягає у продукуванні якісно нових знань, а на їх основі і новітніх технологій, застосування яких забезпечить економічне зростання країни. Одне з головних завдань освіти в умовах розвитку інформаційного суспільства – навчити учнів та студентів використовувати сучасні інформаційні та комунікаційні технології (ІКТ). У зв'язку з цим виникає нагальна потреба прискореної підготовки викладачів та фахівців в галузі ІКТ.

- **зміст вищої освіти** – це обумовлена цілями та потребами суспільства, система знань, умінь і навичок, професійних, світоглядних і громадянських якостей, що має бути сформована в процесі навчання з урахуванням перспектив розвитку суспільства, науки, техніки, технологій, культури та мистецтва;

- **зміст навчання** – це структура, зміст і обсяг навчальної інформації, засвоєння якої забезпечує особі можливість здобуття вищої освіти і певної кваліфікації;

- **освітній рівень вищої освіти** – характеристика вищої освіти за ознаками ступеня сформованості інтелектуальних якостей особи, достатніх для здобуття кваліфікації, яка відповідає певному освітньо-кваліфікаційному рівню;

- **освітньо-кваліфікаційний рівень вищої освіти** – характеристика вищої освіти за ознаками ступеня сформованості знань, умінь та навичок особи, що забезпечують її здатність виконувати завдання та обов'язки (роботи) певного рівня професійної діяльності;

- **вищий навчальний заклад** – освітній, освітньо-науковий заклад, який заснований і діє відповідно до законодавства про освіту, реалізує відповідно до наданої ліцензії освітньо-професійні програми вищої освіти за певними освітніми та освітньо-

кваліфікаційними рівнями, забезпечує навчання, виховання та професійну підготовку осіб відповідно до їх покликання, інтересів, здібностей та нормативних вимог у галузі вищої освіти, а також здійснює наукову та науково-технічну діяльність;

- **вищий навчальний заклад державної форми власності** – вищий навчальний заклад, заснований державою, що фінансується з державного бюджету і підпорядковується відповідному центральному органу виконавчої влади;

- **вищий навчальний заклад приватної форми власності** – вищий навчальний заклад, заснований на приватній власності і підпорядкований власнику (власникам);

- **освітня діяльність** – діяльність, пов'язана з наданням послуг для здобуття вищої освіти, з видачею відповідного документа;

- **якість вищої освіти** – сукупність якостей особи з вищою освітою, що відображає її професійну компетентність, ціннісну орієнтацію, соціальну спрямованість і обумовлює здатність задовольняти як особисті духовні і матеріальні потреби, так і потреби суспільства;

- **якість освітньої діяльності** – сукупність характеристик системи вищої освіти та її складових, яка визначає її здатність задовольняти встановлені і передбачені потреби окремої особи або (та) суспільства.

Модернізація вищої освіти в державі є об'єктивною необхідністю. Сьогодення вимагає зростання уваги до вищої освіти, розширення її функцій і ролі в суспільстві. Адже освіта розглядається у цивілізованому суспільстві не тільки як інституція задоволення фахових потреб особистості, але й як духовна необхідність.

Вища школа в Україні насамперед зорієнтована на задоволення освітніх потреб особистості, відновлення національних освітніх традицій і примноження досвіду, відтворення інтелектуального духовного потенціалу нації, вихід вітчизняної науки, техніки і культури на світовий рівень, становлення державності та демократії

в суспільстві, забезпечення ринку праці висококваліфікованими фахівцями.

Протягом останніх років Міністерство освіти і науки України на основі міжнародних документів з питань демократії, гуманізації в галузі освіти і прав людини здійснило ряд масштабних заходів по створенню нової національно-правової нормативної бази вищої освіти. Зокрема, прийнятий Закон України «Про освіту». Укази Президента України «Основні напрями реформування вищої освіти», «Про заходи реформування системи підготовки спеціалістів та працевлаштування випускників вищих навчальних закладів освіти», затверджених Указами Президента України.

Зазначений комплекс нормативно-правових документів визначив ідеологію реформування всієї освітньої галузі, яка обстоює демократичні права особистості.

1.3. Структура системи вищої освіти в Україні

До структури вищої освіти входять освітні й освітньо-кваліфікаційні рівні:

1. **Освітній рівень** вищої освіти - характеристика вищої освіти за ознаками ступеня сформованості інтелектуальних якостей особи, достатніх для здобуття кваліфікації, яка відповідає певному освітньо-кваліфікаційному рівню. В Україні встановлені такі освітні рівні вищої освіти: **неповна вища освіта, базова вища освіта, повна вища освіта**

2. **Освітньо-кваліфікаційний рівень** вищої освіти - характеристика вищої освіти за ознаками ступеня сформованості знань, умінь та навичок особи, що забезпечують її здатність виконувати завдання та обов'язки (роботи) певного рівня професійної діяльності. В Україні встановлені такі освітньо-кваліфікаційні рівні вищої освіти: **молодший спеціаліст; бакалавр; магістр.**

У вищих навчальних закладах підготовка за напрямками і спеціальностями фахівців всіх освітніх та освітньо-кваліфікаційних

рівнів здійснюється за відповідними освітньо-професійними програмами ступенево або неперервно залежно від вимог до рівня оволодіння певною сукупністю умінь та навичок, необхідних для майбутньої професійної діяльності.

Освітні рівні вищої освіти

1. Неповна вища освіта – освітній рівень вищої освіти особи, який характеризує сформованість її інтелектуальних якостей, що визначають розвиток особи як особистості і є достатніми для здобуття нею кваліфікацій за освітньо-кваліфікаційним рівнем молодшого спеціаліста.

2. Базова вища освіта – освітній рівень вищої освіти особи, який характеризує сформованість її інтелектуальних якостей, що визначають розвиток особи як особистості і є достатніми для здобуття нею кваліфікацій за освітньо-кваліфікаційним рівнем бакалавра.

3. Повна вища освіта – освітній рівень вищої освіти особи, який характеризує сформованість її інтелектуальних якостей, що визначають розвиток особи як особистості і є достатніми для здобуття нею кваліфікацій за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістра.

Вищу освіту мають особи, які завершили навчання у вищих навчальних закладах, успішно пройшли державну атестацію відповідно до стандартів вищої освіти і отримали відповідний документ про вищу освіту державного зразка.

Освітньо-кваліфікаційні рівні вищої освіти

Молодший спеціаліст – освітньо-кваліфікаційний рівень вищої освіти особи, яка на основі повної загальної середньої освіти здобула неповну вищу освіту, спеціальні уміння та знання, достатні для здійснення виробничих функцій певного рівня професійної діяльності, що передбачені для первинних посад у певному виді економічної діяльності.

Фахівець освітньо-кваліфікаційного рівня “молодший спеціаліст” отримує освітній рівень “неповна вища освіта”.

Нормативний термін навчання не може перевищувати трьох років на базі повної загальної середньої освіти та чотирьох років - на базі базової загальної середньої освіти.

Бакалавр – освітньо-кваліфікаційний рівень вищої освіти особи, яка на основі повної загальної середньої освіти здобула базову вищу освіту, фундаментальні і спеціальні уміння та знання щодо узагальненого об'єкта праці (діяльності), достатні для виконання завдань та обов'язків (робіт) певного рівня професійної діяльності, що передбачені для первинних посад у певному виді економічної діяльності.

Фахівець освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” отримує освітній рівень “базова вища освіта”.

Нормативний термін навчання визначається програмою, але не може перевищувати чотирьох років. Нормативний термін навчання осіб, що мають освітньо-кваліфікаційний рівень молодшого спеціаліста за відповідною до напрямку підготовки спеціальністю, зменшується на один - два роки.

Магістр – освітньо-кваліфікаційний рівень вищої освіти особи, яка на основі освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавра здобула повну вищу освіту, спеціальні уміння та знання, достатні для виконання професійних завдань та обов'язків (робіт) інноваційного характеру певного рівня професійної діяльності, що передбачені для первинних посад у певному виді економічної діяльності.

Фахівець освітньо-кваліфікаційного рівня “магістр” отримує освітній рівень “повна вища освіта”.

Нормативний термін навчання визначається програмою, але не може перевищувати одного року (для окремих спеціальностей за погодженням з Міносвіти може бути встановлено термін півтора роки).

Засоби діагностики якості вищої освіти визначають стандартизовані методики, які призначені для кількісного та якісного оцінювання досягнутого особою рівня сформованості

знань, умінь і навичок, професійних, світоглядних та громадянських якостей.

1.4. Поняття «професія», «спеціальність», «спеціалізація», «напря́м», «кваліфікація»

Доцільно розібратися в різниці між, на перший погляд, схожими термінами: **професія, спеціальність, спеціалізація, напря́м, кваліфікація.**

Що ж таке професія? Існує декілька визначень професії:

1. **Професія** – це вид зайнятості, діяльності, який потребує відповідних знань, навичок, кваліфікації. Наприклад, професія інженера, вчителя, будівельника. Професії можна об'єднувати в різні категорії: економічні, технічні, педагогічні та ін.

2. **Професія (фах)** — відокремлений («окреслений») у рамках суспільного поділу праці комплекс дій та відповідних знань, що вимагає відповідної освіти.

При виборі професії майбутній фахівець керується вже наявними в нього переконаннями, установками і особистісними цінностями.

Що таке спеціальність?

Спеціальність – це комплекс набутих людиною знань і практичних навичок, що дає їй можливість займатися певним родом занять у якійсь галузі діяльності.

За своїм значенням поняття «спеціальність» близьке до поняття «професія» і відповідає різновидам сфер праці в межах професій. Наприклад, не існує «вчителя загального». Це буде або вчитель математики, або географії тощо. Те ж саме можна сказати і про інші професії: лікар - педіатр, хірург, стоматолог, юрист - адвокат, прокурор, нотаріус, слюсар - слюсар аварійно-відновлювальних робіт, слюсар-інструментальник, слюсар механік тощо.

Це поняття дещо вужче ніж професія.

Відмінність професії від спеціальності полягає в наступному:

Обсяг поняття. Професія – це категорія, яка позначає

загальний напрям діяльності, в той час як спеціальність – визначає конкретний напрям діяльності.

Підготовка. Для отримання спеціальності необхідно пройти навчання, скласти іспити. Оволодіти професією можна і на практиці (журналіст, письменник, будівельник), якщо вона вимагає або таланту, або фізичних навичок.

Необхідність підтвердження. Професія може відповідати роду діяльності людини і в більшості випадків не вимагає ніякої атестації або іспитів. А ось спеціальність потрібно підтверджувати. Це може бути захист дипломного проекту, державні іспити, тестування.

Формальне вираження. Професія приносить людині реальний дохід, а основним її виразом є затребуваність персони. Спеціалізація ж підтверджується документом державного зразка, який діє на певній території.

На сьогодні найбільш популярними є наступні спеціальності: комп'ютерна інженерія, телекомунікації та радіотехніка, інженерія програмного забезпечення або комп'ютерні науки та інформаційні технології.

Часто факультети університету, які мають різні назви, плутають зі спеціальностями. Це невірно. На одному факультеті може бути кілька спеціальностей. Тому, хоча Ви і поступаєте на певний факультет, але заяву подаєте на спеціальність.

Що таке спеціалізація?

Спеціалізація – це конкретизована сукупність знань, умінь і навичок, орієнтованих на застосування в локальованій сфері професійної діяльності людини в межах вказаної спеціальності.

Для прикладу візьмемо спеціальність «Телекомунікації та радіотехніка», до якої входять спеціалізації: інформаційні системи, інженер з телекомунікацій, радіоінженер, системи інформаційної безпеки, телекомунікаційні мережі тощо.

Спеціалізація виявляється як розподіл праці в будь-якій сфері діяльності (виробничої або управлінської); поглиблення діяльності в будь-якому занятті; здобуття додаткових спеціальних знань та навичок у будь-якій сфері. Це деталізація фаху, набуття особою

здатностей виконувати окремі завдання та обов'язки, які мають особливості, в межах спеціальності тощо.

При виборі вищого начального закладу можна зіштовхнутися з термінами **«напря́м і спеціальність освіти»**.

Що ж таке напрям?

На відміну від спеціальності вищої освіти, **напрямок освіти** забезпечує фахівцю більш широку сферу професійної діяльності.

Наприклад, напрям підготовки (галузь знань) 17 - «Електроніка та комунікації», а спеціальності 171 – «Електроніка», 172 – «Телекомунікації та радіотехніка», 173 – «Авіоніка».

Що ж таке кваліфікація?

Кваліфікація - це сукупність спеціальних знань, умінь, певних практичних навичок, потрібних для виконання робіт певної складності за відповідною професією чи спеціальністю.

Вона присвоюється в межах напрямів та спеціальностей, встановлюється Державним освітнім стандартом вищої професійної освіти в частині державних вимог до мінімуму змісту та рівня підготовки випускників.

Що таке посада і посадова діяльність?

Посада – це сукупність покладених на працівника трудових завдань (функцій, обов'язків), формально закріплена наказом чи розпорядженням. Посада визначає статус працівника в організації.

Різниця між професією і посадою полягає в наступному:

1. **Сутність.** Професія – це рід соціально-значимої діяльності, а посада – службове становище особи. Наприклад, за професією можна бути актором, а займати посаду президента, за професією можна бути фізиком, а обіймати посаду ректора університету.

2. **Формалізація.** Посада завжди закріплена наказом чи розпорядженням, професія ж підтверджується документом про вищу або середню спеціальну освіту.

3. **Офіційне закріплення.** У трудовій книжці зазначається саме посада особи, а не його професія. Саме відповідно до посади нараховується зарплата, без поправки на те, що написано в дипломі.

4. **Вимоги.** Для отримання професії найчастіше потрібно отримати освіту і витримати іспит, для оформлення на посаду – пройти співбесіду, стажування або витримати випробувальний термін.

Первинна посада - це посада, що не потребує від випускників навчального закладу попереднього досвіду професійної практичної діяльності.

1.5. Організація навчального процесу у вищому навчальному закладі

Навчальний процес у вищих навчальних закладах – це система організаційних і дидактичних (наставницьких, повчальних) заходів, спрямованих на реалізацію змісту освіти на певному освітньому або кваліфікаційному рівні відповідно до державних стандартів освіти.

Дидактика — один із розділів педагогіки, який вивчає закономірності засвоєння знань, умінь і навичок, формування переконань; визначає обсяг і структуру змісту освіти, вдосконалює методи й організаційні форми навчання, вплив навчального процесу на особу.

Ознаками навчання як дидактичного процесу є :

- спрямованість на досягнення цілей, обумовлених навчальною програмою;
- наявність того, хто навчає, і тих, хто навчається;
- спільна навчально-пізнавальна діяльність того, хто навчає, і тих, хто навчається;
- спеціальна планомірна організація й керівництво;
- цілісність, єдність, тривалість, систематичність;
- цілеспрямована взаємодія того, хто навчає, і тих, хто навчається, у процесі якої відбувається досягнення запланованих результатів

Організація навчального процесу у вищому навчальному закладі здійснюється з урахуванням можливостей сучасних

інформаційних технологій навчання та орієнтується на формування освіченої, гармонійно розвиненої особистості, здатної до постійного оновлення наукових знань, професійної мобільності та швидкої адаптації до змін і розвитку в соціально-культурній сфері, в галузях техніки, технологій, системах управління та організації праці в умовах ринкової економіки.

Згідно Закону України «Про вищу освіту» навчання у вищих навчальних закладах здійснюється за такими **формами**: денна (очна); вечірня; заочна, дистанційна; екстернат. Форми навчання можуть бути поєднані.

Терміни навчання за відповідними формами визначаються можливостями виконання освітньо-професійних програм підготовки фахівців певного освітньо-кваліфікаційного рівня.

Навчання студентів в нашому університеті здійснюється за такими формами: денна (очна), заочна, паралельна, друга вища освіта, екстернатна. Форми навчання можуть бути поєднані.

Денна (стаціонарна) форма навчання є основною формою здобуття певного рівня освіти або кваліфікації з відривом від виробництва. Організація навчального процесу на денній (стаціонарній) формі навчання здійснюється вищим навчальним закладом згідно з державними стандартами освіти.

Заочна та дистанційна форми навчання є формами здобуття певного рівня освіти або кваліфікації без відриву від виробництва.

Екстернатна форма навчання – особлива форма навчання, що передбачає самостійне вивчення навчальних дисциплін, складання у вищому навчальному закладі заліків, екзаменів та проходження інших форм підсумкового контролю, передбачених навчальним планом.

1.6. Основні форми організації навчального процесу

Обговоримо організацію навчання у вищому навчальному закладі більш детально.

Згідно Закону України «Про вищу освіту» навчальний процес у вищих навчальних закладах здійснюється у таких формах: навчальні заняття; самостійна робота; практична підготовка; контрольні заходи.

Основними видами навчальних занять у вищих навчальних закладах є: лекція; лабораторне, практичне, семінарське, індивідуальне заняття; консультація. Кожна форма навчальних занять виконує свою функцію. Жодній з них не можна віддати перевагу, оскільки тільки єдність форм утворює фундамент освітньої системи.

Лекція – основний вид навчальних занять, призначених для викладення теоретичного матеріалу. Як правило, окрема лекція охоплює основний теоретичний матеріал однієї або декількох тем навчальної дисципліни. Тематика лекцій визначається робочою навчальною програмою дисципліни.

Однією з **особливостей лекції** є можливість викладача викласти у логічно систематизованій формі великий обсяг навчальної інформації. При цьому подача наукових фактів сприяє активізації уваги, мислення студентів, збуджує інтерес і внутрішню активність думки, створює умови для подальшого більш глибокого і самостійного вивчення початкового матеріалу за підручником, посібником тощо. Під час слухання лекції у студентів формується вміння слухати і усвідомлювати побачене і почуте, здійснювати такі важливі розумові операції як аналіз, синтез, порівняння тощо.

Викладач відбирає найголовніше, істотне із великого потоку науково-технічної інформації, спрямовує студента на найважливіші питання спеціальності, на аналіз нових наукових проблем, які ще не знайшли відбиття в підручниках, розкриває перспективи певної галузі науки.

Лекція – основа для подальшої самостійної роботи. Вона відіграє виховну і розвиваючу роль в процесі взаємодії викладача і студента, розвиває інтерес і любов до науки, творчі здібності, інтелектуальну й емоційно-вольову сферу особистості, сприйняття, пам'ять.

Однак, в лекції є певні **слабкі сторони**, які обмежують її можливості в управлінні пізнавальною діяльністю студентів: відносно менша активність студентів, ніж в інших видах навчальних занять, неможливість індивідуального підходу в умовах масової аудиторії, складності зворотного зв'язку тощо. Однак, ці слабкі сторони компенсуються іншими формами навчання. Загалом, лекції належить найважливіша роль в навчальному процесі.

Основна мета лекції - викласти фундаментальні основи дисципліни, забезпечити основи для подальшого засвоєння навчального матеріалу. Слід пам'ятати, що навіть при наявності підручника лектор викладає на лекції своє індивідуальне бачення предмета. Багато з того, що є в лекціях, може бути відсутнім в книгах. Тому лекції треба відвідувати регулярно. Чужий конспект не компенсує пропущеної лекції. Контроль засвоєння матеріалу лекцій проводиться на практичних і лабораторних заняттях.

Окрім лекції, у вищому навчальному закладі успішно функціонують інші форми організації навчального процесу, що тісно і органічно пов'язані з лекцією, такі як практичні та семінарські заняття, самостійна, індивідуальна робота студента, лабораторні заняття та консультації.

Практичне заняття – вид навчального заняття, на якому студенти під керівництвом викладача шляхом виконання певних відповідно сформульованих завдань закріплюють теоретичні положення навчальної дисципліни і набувають вмінь та навичок їх практичного застосування. Практичні заняття проводяться в аудиторіях або в навчальних лабораторіях, оснащених необхідними технічними засобами навчання, обчислювальною технікою тощо.

Основна мета практичних занять - засвоїти прийоми розв'язання стандартних завдань з використанням матеріалу лекцій. Без цього немислимо ефективне навчання. Крім того, під час практичних занять виробляються навички самостійного пошуку методів вирішення і розвиваються творчі здібності. Контроль результатів навчання здійснюється не тільки на самих заняттях, але за допомогою індивідуальних розрахункових завдань.

Лабораторне заняття – вид навчального заняття, на якому студент під керівництвом викладача проводить натурні або імітаційні експерименти чи дослідження з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень, набуває практичних навичок роботи з лабораторним обладнанням, оснащенням, обчислювальною технікою, вимірювальною апаратурою, оволодіває методикою експериментальних досліджень в конкретній предметній галузі та обробки отриманих результатів. Лабораторні заняття проводяться у спеціально оснащених навчальних лабораторіях з використанням обладнання, пристосованого до умов навчального процесу (лабораторних макетів, установок та тощо). Лабораторні заняття можуть проводитися також в умовах реального професійного середовища (на підприємстві, в наукових лабораторіях тощо). Перелік тем лабораторних занять визначається робочою навчальною програмою дисципліни. Заміна лабораторних занять іншими видами навчальних занять не допускається.

Основна мета лабораторних занять - дати можливість стикнутися з реальними об'єктами. У лабораторії студент отримує навички проведення самостійних експериментів. Тут розвивається спостережливість і здатність виявлення суперечностей між теоретичними моделями (лекціями і вправами) і реальним об'єктом. Майбутній інженер (фізик, хімік, біолог тощо) повинен вміти спілкуватися зі світом, який його оточує. Контроль знань і умінь проводиться в навчальній лабораторії в формі захисту. При захисті студент не тільки звітує про виконану роботу, а й отримує навички ведення дискусії, аргументації і відстоювання своєї точки зору.

Семінарське заняття - це особлива форма навчальних практичних занять, яка полягає у самостійному вивченні студентами окремих питань і тем лекційного курсу з наступним обговоренням результатів цього вивчення, представлених у вигляді рефератів, доповідей, повідомлень тощо.

Семінари розвивають творчу самостійність студентів, зміцнюють їх інтерес до науки і наукових досліджень. В процесі семінарських занять студенти опановують науковий апарат,

набувають навичок оформлення наукових робіт і опановують мистецтво усного та письмового викладу матеріалу.

Головна мета семінарських занять — сприяння поглибленому засвоєнню студентами найбільш складних питань навчального курсу, спонукання студентів до колективного творчого обговорення, оволодіння науковими методами аналізу явищ і проблем, спонукання до аргументації своєї точки зору, формування навичок самостійної роботи з літературою

Індивідуальне навчальне заняття – проводиться з окремими студентами, які виявили особливі здібності в навчанні та схильність до науково-дослідної роботи і творчої діяльності з метою підвищення рівня їх підготовки та розкриття індивідуального творчого потенціалу. Індивідуальні навчальні заняття організуються у поза навчальний час за окремим графіком, складеним кафедрою з урахуванням індивідуальних навчальних планів, з наступними категоріями студентів:

- учасниками олімпіад з фаху або окремих дисциплін;
- членами збірних команд університету з видів спорту;
- з магістрантами за темами наукових досліджень.

Консультація – вид навчального заняття, на якому студент отримує від викладача відповіді на конкретні питання з навчальної дисципліни або пояснення окремих теоретичних положень чи їх практичного використання. Під час підготовки до екзаменів (семестрових, державних) проводяться групові консультації.

Самостійна робота студента (СРС) є основним засобом засвоєння навчального матеріалу у вільний від аудиторних занять час. **Вона включає студента в процес:** опрацювання навчального матеріалу, виконання індивідуальних завдань, науково-дослідну роботу і забезпечується системою навчально-методичних засобів, передбачених робочою навчальною програмою дисципліни: підручниками, навчальними та методичними посібниками, конспектами лекцій, збірниками завдань, комплектами індивідуальних семестрових завдань, практикумами, комп'ютерними навчальними комплексами, методичними

рекомендаціями з організації СРС, виконання окремих завдань та ін., які повинні мати також і електронні версії. Самостійна робота студента по вивченню навчального матеріалу з конкретної дисципліни може проходити в науково-технічній бібліотеці університету, навчальних кабінетах, комп'ютерних класах (лабораторіях), а також в домашніх умовах.

Практика є необхідним компонентом підготовки фахівців певного освітньо-кваліфікаційного рівня. **Метою практики** є оволодіння студентами сучасними методами, формами організації та знаряддями праці в галузі їх майбутньої професії, формування у них, на базі одержаних знань, професійних умінь і навичок для прийняття самостійних рішень під час конкретної роботи в реальних виробничих умовах, виховання потреби систематично поновлювати свої знання та творчо їх застосовувати в практичній діяльності. Протягом навчання у вузі студенти проходять певну кількість практик різного характеру, а саме: введення в спеціальність, обчислювальна практика, виробнича практика, переддипломна.

Через особливу важливість лекції зупинимося на **прийомах роботи на лекціях**.

Манера читання лекції суттєво відрізняється від уроку вчителя в школі. Справа звичайно не в кількості слухачів (іноді до 100 осіб і більше), а в тому, що лектор ділиться зі студентською аудиторією своїми знаннями, а іноді і роздумами. Він запрошує аудиторію до спільної роботи. Тому лектор рідко вдається до диктування, а на старших курсах майже не використовує цей прийом. Темп подачі матеріалу теж відрізняється від шкільних норм. Тому, особливо спочатку, у студентів виникають проблеми із записом лекцій. Помилка полягає в прагненні записати матеріал дослівно. Ось кілька порад.

1. Не треба поспішати. Дослухайте до кінця фрагмент лекції. Лектор завжди робить паузи. Спробуйте зрозуміти, що саме він хоче вам роз'яснити. Потім запишіть своїми словами те, що зрозуміли. Якщо не зрозуміли, то в кінці лекції задайте питання.

2. Використовуйте скорочення слів. Виробіть систему скорочень і умовних знаків (пиктограм, ієрогліфів). Використовуйте математичні символи. Наприклад, замість «Пройдений тілом шлях дорівнює прискоренню, помноженому на квадрат часу і поділеному на два», пишiть:

$$\langle \text{Шлях} = \text{прискор.} \times \text{час}^2 / 2. \rangle$$

3. Уважно записуйте формули. Формула - це концентрована форма подання інформації. Поруч з формулою дайте свої роз'яснення з урахуванням п.п. 1 і 2.

4. Акуратно і уважно рисуйте ілюстрації та графіки. Пам'ятайте, один графік може бути корисніше багатьох слів. Поруч з графіком запишіть коментар лектора, але з урахуванням сказаного вище. Додайте свої коментарі.

5. Не хвилюйтеся і тим більше не лякайтеся. Якщо проявите завзятість, то запис лекцій дуже скоро не буде для вас проблемою. Майте на увазі, у студентів старших курсів ніяких особливих проблем із записом лекцій не існує.

Звичайно, **одних тільки лекцій для засвоєння тієї чи іншої дисципліни недостатньо.** Число лекцій обмежене. Тому лектор змушений відбирати матеріал так, щоб висвітлити найбільш важливі, ключові питання дисципліни. Лекційний матеріал слід доповнити роботою з книгою. Бажано не тільки при підготовці до іспитів. Як правило, існує підручник або навчальний посібник. У них дається більш повний, докладний і систематизований виклад дисципліни. Матеріал лекцій служить дороговказом при роботі з підручником.

При роботі з книгою майбутній інженер не повинен ковзати по тексту так, як ніби це черговий детективний роман. Ви повинні зрозуміти всі доводи автора, докази і математичні викладки. Корисно математичні перетворення і рішення рівнянь виконати самостійно. Обов'язково зіставте матеріал підручника з вашими попередніми знаннями. Не приймайте його на віру. Якщо щось з

перерахованого вище не вдається зробити, обов'язково проконсультуйтеся у викладача.

Ті, хто ставить перед собою більш високі цілі, повинні вже на першому курсі додатково читати книги, що не входять в список рекомендованої літератури. У вас завжди під рукою повинні бути довідники з математики та фізики.

У лекціях і в книгах ви зустрінете формули. В інженерних науках їх багато, а іноді навіть дуже багато. Не лякайтесь!

Формули відображають закономірності, які існують в реальному світі. Закономірності можуть бути представлені не тільки формулами, а й рівняннями, які слід розв'язати. Самі по собі формули не представляють інтересу. Тому їх не слід заучувати. Треба зрозуміти їх зміст. Тоді вони легко запам'ятаються самі собою. Числові множники в більшості випадків не так важливі як функціональні зв'язку. Наприклад, викладачеві цілком достатньо, якщо ви скажете, що густина потоку потужності точкового джерела світла зменшується пропорційно квадрату відстані від нього до точки спостереження. Це можна також записати, наприклад, так $P \sim \frac{1}{r^2}$.

Ну, а пропущений множник 4π викладач, звичайно ж, вам пробачить (однак треба мати на увазі, що іноді чисельні значення коефіцієнтів можуть відігравати важливу роль, наприклад, при розв'язанні завдань). Ви повинні виховати в собі впевненість, що будь-яку формулу в підручнику і лекціях ви можете вивести самостійно.

Не можна обійти питання про **роль комп'ютера** в процесі навчання, оскільки тут склалася не зовсім нормальна і навіть дивна ситуація.

Комп'ютер - це інструмент інженера, а не його заміник. По суті, електронна обчислювальна машина (ЕОМ) - це всього лише автомат, роботу якого можна інтерпретувати як операції з числами. Автомат виконує тільки те, що йому наказує програма, створена людиною.

У деякої частини студентів склалося враження про всемогутність персонального комп'ютера (ПК). Однак програми пишуть люди, а серед програмістів існує повір'я - «немає такої програми, в якій не було б пари помилок». Студентів дуже дивує, що викладач без будь-яких попередніх розрахунків повертає на переробку роботу, виконану на ПК, вказавши на помилки.

Треба тверезо оцінювати можливості ПК. Тому, перш ніж проводити розрахунок, треба приблизно представляти який же вийде результат. І якщо раптом виявиться, що шлях, пройдений тілом, дорівнює 10^{-16} м, то непогано було б згадати, що розмір атома порядку 10^{-10} м, а розмір його ядра - 10^{-13} метра.

До питання використання обчислювальної техніки примикає і питання про точність результатів розрахунку. Зазвичай калькулятор або ПК відображають не менше 6 значущих цифр. Однак точність вихідних даних в інженерній практиці рідко перевищує одиниці відсотків. Тому вести розрахунки з більшою точністю не має сенсу. Це робить дуже корисною навичку «усного рахунку». При належному тренуванні ви зможете рахувати швидше калькулятора, а в інженерній справі (та й у студентській практиці) іноді виграш у часі з лишком компенсує втрату точності.

1.7. Основні відомості про університет як навчальний заклад вищої освіти

Університет – багатoproфільний вищий навчальний заклад четвертого (найвищого) рівня акредитації, який провадить освітню діяльність, пов'язану із здобуттям певної вищої освіти та кваліфікації широкого спектра природничих, гуманітарних, технічних, економічних та інших напрямів науки, техніки, культури і мистецтв, проводить фундаментальні та прикладні наукові дослідження, є провідним науково-методичним центром, має розвинуту інфраструктуру навчальних, наукових і науково-виробничих підрозділів, відповідний рівень кадрового і

матеріально-технічного забезпечення, сприяє поширенню наукових знань та здійснює культурно-просвітницьку діяльність.

Згідно Закону України «Про вищу освіту» можуть створюватися **класичні та профільні** (технічні, технологічні, економічні, педагогічні, медичні, аграрні, мистецькі, культурологічні тощо) **університети**. Державному вищому навчальному закладу четвертого рівня акредитації відповідно до законодавства може бути надано статус національного. Наш університет має статус національного.

Безпосереднє управління діяльністю вищого навчального закладу здійснює його керівник – ректор.

Структурні підрозділи вищого навчального закладу

1. Структурні підрозділи вищого навчального закладу створюються відповідно до законодавства. Структурні підрозділи можуть мати окремі права юридичної особи.

2. Структурними підрозділами вищого навчального закладу третього і четвертого рівнів акредитації є факультети, інститути, кафедри, бібліотека тощо.

Факультет – основний організаційний і навчально-науковий структурний підрозділ вищого навчального закладу третього та четвертого рівнів акредитації, що об'єднує відповідні кафедри і лабораторії.

Керівництво факультетами здійснюють декани.

Кафедра – базовий структурний підрозділ вищого навчального закладу (його філій, інститутів, факультетів), що проводить навчально-виховну і методичну діяльність з однієї або кількох споріднених спеціальностей, спеціалізацій чи навчальних дисциплін і здійснює наукову, науково-дослідну та науково-технічну діяльність за певним напрямом.

Студентське самоврядування:

У вищих навчальних закладах створюються органи студентського самоврядування. Органи студентського самоврядування сприяють гармонійному розвитку особистості студента, формуванню у нього навичок майбутнього організатора,

керівника. Органи студентського самоврядування вирішують питання, що належать до їх компетенції. Рішення органів студентського самоврядування мають дорадчий характер.

Основними завданнями органів студентського самоврядування є:

- забезпечення і захист прав та інтересів студентів, зокрема стосовно організації навчального процесу;
- забезпечення виконання студентами своїх обов'язків;
- сприяння навчальній, науковій та творчій діяльності студентів;
- сприяння створенню відповідних умов для проживання і відпочинку студентів;
- сприяння діяльності студентських гуртків, товариств, об'єднань, клубів за інтересами;
- організація співробітництва зі студентами інших вищих навчальних закладів і молодіжними організаціями;
- сприяння працевлаштуванню випускників;
- участь у вирішенні питань міжнародного обміну студентами.

Органи студентського самоврядування можуть мати різноманітні форми (сенат, парламент, старостат, студентська навчальна (наукова) частина, студентські деканати, ради, сектор тощо).

РОЗДІЛ 2. ОРГАНІЗАЦІЯ НАВЧАННЯ В ВИЩІЙ ШКОЛІ В КОНТЕКСТІ БОЛОНСЬКОГО ПРОЦЕСУ

2.1. Сутність Болонського процесу та його роль

Соціально-економічні й політичні зміни в суспільстві, зміцнення державності України, входження її в цивілізоване світове співтовариство неможливі без структурної реформи національної системи вищої освіти, спрямованої на забезпечення мобільності, працевлаштування та конкурентоспроможності фахівців на ринку праці. Однією із передумов входження України до єдиної Європейської зони вищої освіти є реалізація системою вищої освіти України ідей Болонського процесу.

Болонський процес – це процес зближення і гармонізації систем вищої освіти країн Європи з метою створення єдиного європейського простору вищої освіти.

Болонський процес на рівні держав започатковано 19 червня 1999 року в Університеті міста Болоньї (Італія) підписанням міністрами освіти 30-ти Європейських держав документу, який назвали «Болонська декларація». Цим актом країни-учасниці домовилися про створення єдиного європейського освітнього та наукового простору. У межах цього простору мають діяти єдині вимоги до визнання дипломів про освіту, працевлаштування та мобільності громадян, що істотно підвищать конкурентоспроможність європейського ринку праці й освітніх послуг.

На сьогодні Болонський процес включає 48 країн.

Болонська декларація передбачає:

- прийняття системи легко зрозумілих і порівняних ступенів, зокрема, через упровадження Додатка до диплома для забезпечення визнання кваліфікації й можливості працевлаштування європейських громадян та підвищення міжнародної конкурентоспроможності європейської системи вищої освіти;

- запровадження в усіх країнах двох основних циклів навчання, при цьому перший, бакалаврський цикл має тривати не менше трьох років, а другий, магістерський – не менше 1,5-2 років, і вони мають сприйматися на європейському ринку праці як освітні й кваліфікаційні рівні;

- упровадження системи кредитів за типом ECTS – Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи як належного засобу підтримки великомасштабної студентської мобільності та «навчання протягом усього життя»;

- сприяння мобільності шляхом подолання перешкод вільному пересуванню студентів, викладачів, дослідників. Студентам має бути забезпечений доступ до можливості одержання освіти і практичної підготовки, а також до супутніх послуг;

- сприяння європейській співпраці щодо забезпечення якості освіти, розробка порівнянних критеріїв і методів оцінки якості; забезпечення якості шляхом поширення практики взаємного прийняття механізмів акредитації/сертифікації та оцінки. Оцінка буде ґрунтуватися не на тривалості чи змісті навчання, а на тих знаннях, вміннях і навичках, що набули випускники. Створюються акредитаційні агентства, що незалежні від національних урядів;

- впровадження європейського виміру вищої освіти. Для цього, а також для можливості працевлаштування випускників збільшувати розвиток модулів, курсів і програм на всіх рівнях з «європейським» змістом.

19-20 травня 2005 року в м. Берген (Норвегія) на черговій Конференції міністрів освіти країн Європи, Україна офіційно приєдналася до Болонської декларації. На конференції було визначено три найбільш пріоритетних напрями діяльності за Болонським процесом до 2010 року: система ступенів; забезпечення якості; терміни навчання.

Участь ВНЗ в Болонському процесі дає українському студенту, насамперед, можливість зробити свій диплом конвертованим і зрозумілим для західних викладачів і для зарубіжних роботодавців. Для працевлаштування і визнання українських дипломів, у цих

країнах не вимагають жодних інших підтверджень, не потрібно складати додаткові іспити на профпридатність, достатньо лише надати документ про кваліфікацію спеціаліста. Проте для того, щоб український диплом був визнаний в Європі чи інших країнах світу, необхідно пройти процес нострифікації.

Нострифікація — це процедура визнання іноземних документів про освіту, тобто згоду відповідних органів державної влади на наявність законної сили цих документів на території держави.

Ця процедура проходить по-різному в кожній конкретній країні. Диплом оцінюють спеціальні комісії, які аналізують навчальну програму, а також кваліфікацію випускника.

Які ж основні вимоги ставить членство України в Болонському процесі перед всією системою освіти та вищими навчальними закладами зокрема?

В основному їх можна звести до таких **шести ключових позицій**:

1. прийняти зручні та зрозумілі градації дипломів, ступенів і кваліфікацій;
2. ввести двоступеневу структуру вищої освіти;
3. використовувати єдину систему кредитних одиниць (систему **ECTS** - European Community Course Credit Transfer System) і додатків до дипломів;
4. напрацьовувати, підтримувати і розвивати європейські стандарти якості із застосуванням зрозумілих порівнюваних критеріїв, механізмів і методів їх оцінки;
5. усунути існуючі перепони для розширення мобільності студентів, викладачів, дослідників і управлінців вищої школи.
6. забезпечувати привабливість системи європейської освіти.

2.2. Європейська кредитна трансферно-накопичувальна система (ECTS/ЄКТС)

Основним аспектом проекту щодо узгодження освітніх

структур в Європі є сприяння розвитку європейської кредитної трансферної системи (ЄКТС) і перетворенню її у загальноєвропейську систему. Це відповідає Болонському процесу, спрямованому на створення європейського простору вищої освіти. Система ЄКТС сприяє співпраці між університетами, мобільності студентів і викладачів.

Система кредитів - це система, яка полегшує оцінювання і порівняння результатів навчання в контексті різних кваліфікацій, програм і умов навчання. Вона слугує стандартизованим засобом для порівняння навчання між різними навчальними програмами, секторами, регіонами і країнами. Система кредитів об'єднує різні системи освіти Європи у спільну і широко застосовувану офіційну систему, що є фундаментом створення спільної сфери європейської освіти.

За своєю суттю ЄКТС жодним чином не регулює змісту, структури чи еквівалентності навчальних програм. Це питання якості, яке повинно визначатися самими вищими навчальними закладами під час створення необхідних баз даних для укладання угод про співпрацю. Застосування ЄКТС є добровільним і базується на взаємодовірі та конфіденційності між навчальними закладами-партнерами. Кожний заклад сам обирає собі партнерів.

Кредит Європейської кредитної трансферно-накопичувальної системи (далі – кредит ЄКТС) – одиниця вимірювання обсягу навчального навантаження здобувача вищої освіти, необхідного для досягнення визначених (очікуваних) результатів навчання. Обсяг одного кредиту ЄКТС становить 30 годин, включаючи аудиторну, позааудиторну роботу та консультації. Навантаження одного навчального року за денною формою навчання становить, як правило, 60 кредитів ЄКТС (частина перша статті 1 Закону України «Про вищу освіту»).

Європейські країни дійшли згоди щодо такої структури навчального процесу (в кредитах):

1. перший рівень, чи бакалаврське навчання (180 – 240 кредитів);,

2. другий рівень, постбакалаврське (магістерське) навчання (60 – 120 кредитів);

3. третій рівень, чи докторат (аспірантура) 180 – 240 кредитів.

В обчисленні навантаження відіграють роль такі параметри: загальне число аудиторних годин згідно з програмою (кількість годин на тиждень помножена на кількість тижнів); підготовка до семінарів та завершення конспекту лекцій; обсяг самостійної роботи необхідної для завершення роботи над засвоєнням навчальної дисципліни.

Останній параметр є найскладнішим для обчислення і залежить від дисципліни та складності теми. Самостійна робота включає такі складові: збір і класифікація матеріалу; опрацювання матеріалу; підготовка до усного чи письмового іспиту; написання наукової роботи, кваліфікаційної (бакалаврської) роботи, дипломної (магістерської) роботи.

2.3. Кредитно-модульна система організації навчального процесу

Організація навчального процесу у вищих навчальних закладах України здійснюється за кредитно-модульною системою.

Кредитно-модульна система – це модель організації навчального процесу, яка ґрунтується на поєднанні модульних технологій навчання та залікових освітніх одиниць (залікових кредитів).

Основні завдання кредитно-модульної системи наступні:

- адаптація ідей ECTS (ЄКТС) до системи вищої освіти України для забезпечення мобільності студентів у процесі навчання та гнучкості підготовки фахівців, враховуючи швидкозмінні вимоги національного та міжнародного ринків праці;

- забезпечення можливості навчання студентів за індивідуальною варіативною частиною освітньо-професійної програми, що сформована за вимогами замовників та побажаннями

студента і сприяє його саморозвитку і відповідно підготовці до життя у вільному демократичному суспільстві;

- стимулювання учасників навчального процесу з метою досягнення високої якості вищої освіти;

- унормування порядку надання можливості студенту отримання професійної кваліфікації відповідно до ринку праці.

Кредитно-модульна система базується на принципах ECTS та **принципі модульності**, який передбачає організацію засвоєння навчального матеріалу в дискретно-неперервному полі за наперед заданою модульною програмою, яка складається з логічно завершених доз навчального матеріалу (змістових модулів) із структурованим змістом кожного модуля та системою оцінювально-контрольних параметрів.

Іншими словами, **за кількістю годин**, відведених на засвоєння конкретної дисципліни, вона поділяється на певну кількість кредитів. Наприклад, якщо на дану дисципліну відведено 90 годин, то вона містить 3 кредити ($90/30 = 3$). Кредит є умовною одиницею виміру навчального навантаження студента при вивченні певної дисципліни. **Заліковий кредит** – це кількість годин, відведена для викладання тієї чи іншої дисципліни (в попередньому прикладі він дорівнює 90 годин). Заліковий кредит базується на повному навчальному навантаженні студента, а не обмежується лише аудиторними годинами, тобто, до залікового кредиту входять лекційні години, години, відведені на практичні, лабораторні роботи, самостійну роботу студентів. Причому, обсяг аудиторної роботи не повинен перевищувати 50 відсотків залікового кредиту. Навантаження студента на один навчальний рік становить 60 кредитів. Один кредит - 30 годин навчального навантаження студента.

За змістом кожна дисципліна поділяється на модулі (як правило 2... 4 модулі).

Модуль – це задокументована завершена частина освітньо-професійної програми (навчальної дисципліни, практики), що реалізується відповідними видами навчальної діяльності студента

(лекції, практичні, семінарські, лабораторні заняття, самостійна та індивідуальна робота, практики, кваліфікаційні роботи). Кожний модуль, в свою чергу, поділяється на **змістові модулі**, тобто, окремі частини (теми), які розкривають сутність матеріалу даного модуля.

Навчальний матеріал дисципліни розподіляється на модулі викладачем і затверджується на засіданні кафедри.

2.4. Оцінювання знань студентів

Контрольні заходи щодо оцінювання знань студентів включають поточний та підсумковий контроль

Поточний контроль здійснюється в ході навчального процесу під час проведення практичних, лабораторних та семінарських занять і має на меті перевірку рівня підготовленості студента до виконання конкретної роботи. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять і система оцінювання рівня знань визначаються викладачем самостійно (тести, усне опитування, письмові відповіді, контрольна робота, реферати тощо). Результати поточного контролю реєструються в журналі викладача.

Підсумковий контроль включає семестровий контроль та державну атестацію студента. Він проводиться з метою оцінки результатів навчання на певному освітньому (кваліфікаційному) рівні. Вищий навчальний заклад може використовувати модульну та інші форми підсумкового контролю після закінчення логічно завершеної частини лекційних та практичних занять з певної дисципліни і їх результати враховувати при виставленні підсумкової оцінки.

Семестровий контроль проводиться у формах семестрового екзамену, диференційованого заліку з конкретної навчальної дисципліни в обсязі навчального матеріалу, визначеного навчальною програмою, і в терміни, встановлені навчальним планом.

Семестровий екзамен – це форма підсумкового контролю засвоєння студентом теоретичного та практичного матеріалу з

окремої навчальної дисципліни за семестр, що проводиться як контрольний захід.

Семестровий диференційований залік – це форма підсумкового контролю, що полягає в оцінці засвоєння студентом навчального матеріалу з певної дисципліни виключно на підставі результатів виконаних індивідуальних завдань (розрахункових, графічних тощо).

Студент вважається допущеним до семестрового контролю з конкретної навчальної дисципліни (семестрового екзамену, диференційованого заліку), якщо він виконав всі види робіт, передбачені навчальним планом на семестр з цієї навчальної дисципліни.

Оцінювання знань студентів здійснюється у балах. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент за модуль, складає 100 балів. Кожний модуль закінчується проведенням модульної контрольної роботи. Модуль мають право складати всі студенти незалежно від виконання інших робіт. У випадку неявки студента на модульну контрольну роботу з поважної причини термін його проведення визначається викладачем.

Результуюче підсумкове оцінювання засвоєння навчального матеріалу даної дисципліни визначається як інтегрована оцінка засвоєння всіх змістових модулів і кількісно дорівнює середньому арифметичному балів, отриманих за кожний модуль.

За відвідування занять та активну в них участь студентам допускається нарахування до 20% балів від максимальної кількості. За несвоєчасне виконання будь-якого виду навчальних робіт бальні оцінки студентів не знижуються.

У вступній лекції викладач зобов'язаний поінформувати студентів про організацію навчального процесу з дисципліни за кредитно-модульною системою.

Система не передбачає обов'язкового семестрового екзамену для всіх студентів. Рівень знань, умінь та навичок студента оцінюють при проведенні поточного та модульного контролю.

Протягом навчального семестру студенти складають два модульні контролі. Їх знання оцінюється у 100-бальній шкалі.

При модульному контролі проводиться підсумовування роботи студента впродовж модуля. Після завершення кожного модуля (не пізніше наступного після модульного контролю тижня) викладач заносить модульну бальну оцінку в облікову відомість успішності студента.

При семестровому контролі – екзамені – отримані студентом бальні оцінки з дисципліни переводяться в 5-бальну шкалу і шкалу ECTS відповідно до табл. 1.1.

До складання заліків та екзаменів допускаються всі студенти за умов виконання навчального плану з дисципліни, незалежно від стану їхніх справ з інших дисциплін.

Студенти, які за результатами модульних контролів здобули з конкретних навчальних дисциплін не менше від встановленої мінімальної кількості балів, атестуються з цих дисциплін із виставленням їм державної семестрової оцінки ("відмінно", "добре", "задовільно", "незадовільно") відповідно до шкали переведення (табл. 1.1).

Студенти, які атестовані з оцінкою "незадовільно" зобов'язані складати семестрові екзамени. Семестрові екзамени можуть також складати студенти, які бажають покращити оцінку, отриману за результатами модульних контролів. Оцінювання знань на екзаменах здійснюється у 100-бальній шкалі з наступним переведенням у державну оцінку.

Студентам, які не виконали навчальний план з дисципліни, в заліково - екзаменаційну відомість виставляється бальна оцінка та пишеться «недопущений». Екзамен (залік) ці студенти складають після повного виконання навчального плану з дисципліни. Студент, який набрав кількість балів 35 - 49 в межах FX, вважається таким, що виконав графік навчального процесу з цієї дисципліни і допускається до екзамену з необхідністю додаткового вивчення програмного матеріалу. Студент, який отримав за результатами підсумкового контролю оцінку «незадовільно» (1-34 балів, F),

зобов'язаний пройти повторний курс вивчення дисципліни (під час додаткового семестру) і скласти іспит.

Таблиця 1.1. Шкала оцінювання навчальних досягнень студента

Оцінка за шкалою балів	Залік	ECTS	
		Оцінка	Характеристика
90 та вище	зараховано	A	відмінно
82-89	зараховано	B	добре
74-81	зараховано	C	добре
64-73	зараховано	D	задовільно
60-63	зараховано	E	задовільно
35-59	незараховано	FX	незадовільно з можливістю перескладання
1-34	незараховано	F	незадовільно з обов'язковим повторним навчанням

Результати підсумкового контролю знань із навчальних дисциплін, з яких передбачено іспит, заносяться до екзаменаційної відомості.

Студент може підвищити оцінку, яку він отримав за результатами кредитно-модульної системи, складанням екзамену в період сесії. Якщо студент на екзамені отримав оцінку нижчу, ніж за результатами модульних контрольних робіт, в заліково-екзаменаційну відомість виставляється оцінка за результатами модулів. Така ж сама оцінка виставляється в заліково-екзаменаційну відомість при неявці студента на екзамен. З низки предметів графіком навчального процесу передбачено складання заліків. Відповідно до встановлених в університеті норм, атестація таких дисциплін визначається за шкалою «зараховано», «не зараховано». При цьому викладачем виставляється оцінка за залік за шкалою ECTS. Результати заліку заносяться до залікової відомості.

Студенти випускних курсів мають право перескладати раніше отримані оцінки з дисциплін. Дозвіл на підвищення оцінок не більше ніж з трьох дисциплін надається ректором університету.

2.5. Загальні положення про організацію і проведення модульного та семестрового контролю

Підсумкові контрольні заходи - це модульні і семестрові контролю, які проводяться з метою оцінки результатів навчання на певному освітньо-кваліфікаційному рівні, або на окремих його завершальних етапах.

Семестровий контроль проводиться з усіх навчальних дисциплін, які внесені в навчальний план. Семестровий контроль може відбуватися у таких формах: диференційований залік, екзамен, захист освітньо-кваліфікаційних робіт (бакалаврських, магістерських). Термін семестрового контролю встановлюється деканатом (зимова та літня сесії).

У період семестрового контролю студенти, як правило, складають тільки семестрові іспити. Складають їх тільки ті студенти, які не пройшли модульний контроль або хочуть покращити свою оцінку, отриману за результатами модульного контролю. Диференційований залік проводиться до початку семестрового контролю. Диференційований залік - це підведення підсумків засвоєння студентами навчального матеріалу з певної дисципліни виключно на підставі колоквиумів, виконаних курсових робіт, індивідуальних завдань. Оцінюється він за 100-бальною шкалою. Студент може захищати індивідуальні завдання, складати колоквиуми, передбачені для отримання диференційованого заліку з певної навчальної дисципліни в період семестрового контролю, якщо він не атестований з цієї дисципліни перед початком терміну семестрового контролю.

Студенти, які навчаються за індивідуальними планами можуть складати екзамени і диференційовані заліки в терміни, які

передбачені індивідуальними планами, і які попередньо погоджені з викладачами.

Семестровий екзамен проводиться для навчальних дисциплін із значним обсягом теоретичного матеріалу, для засвоєння якого передбачено проведення практичних або семінарських занять, з метою оцінювання знань студента у повному обсязі навчального матеріалу за семестр.

Диференційований залік передбачається для курсових робіт тих навчальних дисциплін, для яких знання студента можуть бути оцінені на підставі виконання обов'язкових індивідуальних завдань (розрахункових, графічних, рефератів тощо), проведення колоквиумів а також для різного роду практик студентів.

Під час навчального року передбачено чотири (по два в кожному семестрі) тижні для проведення семестрових контролів і чотири контрольні тижні (також по два на семестр) для проведення модульних контролів.

Модульний контроль обов'язково проводиться з тих навчальних дисциплін, для яких робочим навчальним планом передбачений екзамен і загальний обсяг яких перевищує один кредит (30 годин).

Модуль - це логічно завершена частина теоретичного чи практичного навчального матеріалу з окремої навчальної дисципліни, передбаченої робочою навчальною програмою.

Модульна оцінка з навчальної дисципліни - це сума балів, отриманих студентом в результаті виконання контрольного завдання під час модульного контролю, а також при поточних контролях на колоквиумах, практичних, семінарських заняттях та за виконання індивідуальних завдань передбачених навчальним планом.

Сумарна модульна оцінка - це сума модульних оцінок з навчальної дисципліни за семестр. Вона формується з використанням 100-бальної школи.

Під час семестру проводяться два модульні контролі, обов'язкові для студента. Час для проведення модульних контролів визначається графіком навчального процесу. Розклад погоджується

з навчально-методичним управлінням університету. Відповідальним за розклад є декан.

Поділ навчального матеріалу на модулі, максимальна кількість балів для оцінювання контрольного завдання з конкретного модуля (в межах 100-бальної шкали для сумарної модульної оцінки) за пропозицією лектора встановлює кафедра, яка забезпечує викладання цієї навчальної дисципліни, і погоджує з методичною комісією базового напрямку підготовки. Цю інформацію лектор доводить до відома деканату та студентів протягом перших двох тижнів поточного семестру.

Атестація студента з навчальної дисципліни, здійснена за результатами модульних контролів на підставі сумарної модульної оцінки, еквівалентна до результату **першого складання** екзамену.

Студенти атестовані з оцінкою «незадовільно», зобов'язані складати семестрові екзамени. Семестрові екзамени можуть складати також студенти, які бажають підвищити оцінку, отриману за результатами модульних контролів. Оцінювання знань відбувається у 100-бальній шкалі з наступним переведенням у державну оцінку.

Атестація студента з навчальної дисципліни, здійснена на підставі екзаменаційної оцінки, отриманої протягом тижнів семестрового контролю згідно із загальним графіком проведення екзаменів, еквівалентна до результату **другого складання** екзамену, а отриманої при складанні екзамену перед комісією - до результату **третього складання** екзамену при проведенні екзаменаційної сесії.

2.6. Організація та проведення модульного контролю

Організація та проведення модульного контролю здійснюється за наступними принципами.

1. Модульний контроль проводиться за навчальним матеріалом, віднесеним до відповідних модулів згідно з робочою навчальною програмою. Письмова компонента модульного

контролю є обов'язковою та проводиться шляхом виконання контрольних завдань (тестів).

2. Для проведення модульного контролю лектор готує варіанти контрольних завдань. Завдання модульного контролю повинні бути однаковими або рівноважними. Структура завдання, система та критерії оцінювання результатів їх виконання розглядаються методичною комісією базової кафедри та затверджуються її завідувачем.

Критерії оцінювання результатів виконання контрольних завдань доводяться до відома студентів перед проведенням модульного контролю.

3. При визначенні модульної оцінки враховуються результати поточного контролю з практичних, семінарських занять, колоквіумів, які відбулися між початком семестру та першим контрольним модулем, або між двома контрольними модулями, а також результати захисту індивідуальних завдань, передбачених робочою навчальною програмою.

4. До модульних контролів студент допускається завжди.

5. Тривалість письмової компоненти модульного контролю становить дві академічні години.

6. Виконання контрольних завдань здійснюється студентом індивідуально. Студент може звернутися до викладача за поясненням змісту контрольного завдання. Під час проведення модульного контролю студенту дозволяється користуватися матеріалами, які визначені кафедрою. Студенту забороняється в будь-якій формі обмінюватися інформацією з іншими студентами та користуватися матеріалами крім дозволених.

При виявленні викладачем порушення студентом встановлених правил модульного контролю, лектор усуває цього студента від проведення контролю, не перевіряє роботу студента, робить на ній відповідний запис і оцінює нулем балів.

7. Результати контрольного заходу студента, який не з'явився на нього оцінюються нулем балів.

8. Результати перевірки письмових контрольних завдань доводяться до відома студентів не пізніше ніж за два робочі дні після дати проведення модульного контролю.

9. Студент, який не погоджується з оцінкою має право звернутися до лектора і отримати ґрунтовне пояснення. У випадку незгоди студента з рішенням лектора, він має право звернутися з письмовою апеляцією до завідувача кафедри не пізніше як на наступний робочий день після оголошення результатів.

Лектор і завідувач кафедри повинні розглянути апеляцію в присутності студента на протязі двох днів і прийняти остаточне рішення. В результаті апеляції оцінка студента не може бути зменшена, а тільки залишена без змін або збільшена.

10. Студенту дозволяється повторно скласти модульний контроль.

11. Студент, який з поважної причини не зміг з'явитися на модульний контроль, а за результатами решти модульних контролів отримав **не менше** половини балів з максимально можливої їх кількості, за дозволом декана може скласти пропущений модульний контроль замість семестрового екзамену з цього предмету. При складанні модульного контролю замість семестрового екзамену студент має право на семестровий екзамен з цього предмету лише перед комісією.

2.7. Організація та проведення семестрового контролю

Організація та проведення семестрового контролю здійснюється за наступними принципами.

1. Семестровий контроль проводиться за навчальним матеріалом, визначеним робочою навчальною програмою дисципліни в повному обсязі за семестр.

2. До семестрового контролю з навчальної дисципліни лектор не допускає студента, який не виконав усіх видів обов'язкових робіт, передбачених робочою навчальною програмою.

3. Семестровий екзамен з навчальної дисципліни необов'язковий для студента, який склав усі модульні контролі та за їх результатами атестований оцінкою "задовільно", "добре", "відмінно". Якщо студент складав семестровий екзамен, то семестровою предметною оцінкою є остання екзаменаційна оцінка.

4. Ліквідацію академзаборгованостей перед комісією студенти можуть скласти протягом двох тижнів після завершення семестрового контролю.

5. Для проведення семестрового екзамену лектор готує варіанти однакових (рівноважних) завдань (білети), які повинні охоплювати навчальний матеріал з даної дисципліни за семестр. Структура завдання, критерії оцінювання відповідей затверджуються завідувачем відповідної кафедри. При проведенні семестрового екзамену студент має мати при собі залікову книжку.

Семестровий екзамен з навчальної дисципліни проводиться у письмовій та усній формі. Письмова компонента (написана відповідь студента) є обов'язковою. Максимальна оцінка на всі запитання сформульовані у завданні становить 100 балів.

Письмовий екзамен проводиться для всієї групи разом і може тривати до 4-х годин. Оголошення оцінок за екзамен робиться лектором не пізніше наступного дня.

6. При порушенні студентом дисципліни при проведенні семестрового екзамену (списування, підміна завдання і т.д.) лектор усуває його від складання екзамену виставляючи нуль балів і державну семестрову оцінку "незадовільно".

7. Студент, який на семестровому екзамені одержав незадовільну оцінку і не підлягає умовам відрахування з Університету, або не складав його з якихось причин, складає його перед комісією в усній формі.

Комісія створюється завідувачем кафедри. Вона оцінює знання студента у 100-бальній системі та переводить її у державну семестрову оцінку. Екзаменаційна оцінка виставлена комісією є остаточною.

8. Семестрова оцінка з навчальної дисципліни, з якої передбачений диференційований залік, є сумарною оцінкою отриманою за виконання обов'язкових індивідуальних завдань, складання колоквиумів, праці на семінарських заняттях. Оцінюється по 100-бальній системі. Присутність студента під час оформлення результату семестрового заліку потрібна лише для повідомлення йому залікової оцінки та внесення державної семестрової оцінки до залікової книжки. Диференційований залік виставляється студентам до початку семестрового контролю (екзаменаційна сесія).

Студенти, які не атестовані або недопущені до диференційованого заліку можуть скласти його під час семестрового контролю.

9. Студенти, які отримали під час семестрового контролю більше двох незадовільних оцінок або отримали оцінку "незадовільно" при складанні екзамену перед комісією відраховуються з Університету.

2.8. Рейтингова система оцінювання успішності студентів

Рейтинг – це сума балів, набрана студентами протягом певного періоду (семестру, за весь період навчання) за наперед визначеними правилами. За рейтинговою системою здійснюється набір студентів як на перший курс, так і в магістратуру.

Формування рейтингу успішності студентів використовується для призначення академічних стипендій.

Загальний ліміт стипендіатів (студентів, які отримують стипендії) встановлюється у відсотках (у діапазоні від 40 до 45) від фактичної кількості студентів денної форми навчання, які навчаються за державним замовленням на певному факультеті, курсі за певною спеціальністю (напрямом підготовки) станом на перше число місяця, наступного за датою закінчення семестрового контролю згідно з навчальними освітніми програмами. Тобто на стипендію можуть претендувати 40 – 45% студентів, які навчаються на бюджеті.

Порядок формування стипендіального рейтингу визначається Наказом МОН України №261 від 20.02.2017 р.

Стипендіальний рейтинг студентів першого року навчання усіх ступенів (освітньо-кваліфікаційних рівнів) до першого семестрового контролю, формується на підставі конкурсного бала, отриманого ними під час вступу на навчання.

Стипендіальні рейтинги студентів для призначення академічних стипендій на наступні навчальні семестри, складаються за результатами останнього семестрового контролю на кожному факультеті, курсі і за кожною спеціальністю (напрямом підготовки) на підставі підсумкових оцінок з дисциплін, захистів курсових робіт (проектів) та звітів з практики з урахуванням участі у науковій, науково-технічній діяльності, громадському житті та спортивній діяльності. При цьому, складова стипендіального рейтингу повинна становити 90 відсотків загального рейтингового балу.

Перелік показників оцінювання навчальних досягнень включає всі екзаменаційні оцінки, оцінки за диференційовані заліки, курсові роботи (проекти), захисти практик, які передбачено навчальними планами відповідного семестру. Перелік таких показників виконання робочого семестрового навчального плану встановлюється вченою радою факультету, не пізніше початку наступного семестру.

До стипендіального рейтингу включаються всі студенти, які навчаються на певній спеціальності (напрямі підготовки) та курсі в межах факультету за денною формою навчання за бюджетом, крім осіб, які:

1. протягом навчального семестру до початку семестрового контролю або під час семестрового контролю отримали незадовільну підсумкову оцінку або не з'явилися на контрольний захід без поважної причини з будь-якої дисципліни, захисту курсової роботи (проекту), звіту з практики, у тому числі в разі успішного повторного складання контрольного заходу з метою покращення отриманої раніше оцінки;

2. до дати завершення семестрового контролю, визначеної навчальним планом, не склали семестровий контроль з будь-якої дисципліни (навчального предмету), курсової роботи (проекту), практики;

3. виконали навчальне навантаження в кредитах Європейської кредитно - модульної системи (ЄСПК) за поточний навчальний рік, семестр або з початку навчання в обсязі, меншому ніж мінімальний норматив, встановлений (робочим) навчальним планом для відповідного факультету, семестру та спеціальності (напряму підготовки): 1 семестр – 30 кредитів ЄСПК.

Рейтинговий бал студента розраховується за формулою:

$$R = 90 \cdot \frac{k_1 O_1 + k_2 O_2 + \dots + k_n O_n}{K \cdot O} + \sum a$$

де 90 – максимальна оцінка за навчальні досягнення;

k_i – ваговий коефіцієнт i -ої дисципліни, курсової роботи (проекту), практики в навчальному плані відповідного семестру;

O_i – підсумкова оцінка студента з i -ої дисципліни, курсової роботи (проекту), практики за 100-бальною шкалою;

$K = k_1 + k_2 + \dots + k_n$ – сума вагових коефіцієнтів дисциплін, курсових робіт (проектів), практик;

O – максимально можлива оцінка з дисципліни за 100-бальною шкалою оцінювання ($O = 100$);

При визначенні рейтингового балу не враховуються оцінки з військової підготовки.

$\sum a = 100 - 90 = 10$ – сума додаткових балів за участь у науковій, науково-технічній діяльності, громадському житті, творчій та спортивній діяльності ($0 \leq \sum a \leq 10$).

Наприклад, може бути використано один з таких варіантів вибору вагових коефіцієнтів:

1. всі вагові коефіцієнти дорівнюють одиниці;
2. вагові коефіцієнти дорівнюють кількості кредитів ЄСПК з відповідної дисципліни, курсової роботи, практики.

Для розрахунку суми додаткових балів Σa рекомендується сформулювати перелік досягнень, що враховуються в стипендіальному рейтингу і не належать до показників успішності у навчанні, а також визначити бали, що надаються за кожне з таких досягнень. Додаткові бали рекомендується встановлювати з урахуванням рівня досягнень та особистого внеску студента.

Додаткові бали a призначаються стипендіальною комісією факультету за поданням кафедри відповідної спеціальності (напрямку підготовки) з урахуванням досягнень протягом семестру, за результатами якого призначається стипендія.

Якщо сума балів студента за участь у науковій, науково-технічній діяльності, громадському житті, творчій та спортивній діяльності перевищує визначене вищим навчальним закладом максимальне значення, то його додатковий бал встановлюється рівним цьому максимальному значенню.

2.9. Відвідування занять та правила відрахування

Студенти повинні неухильно виконувати графік навчального процесу з усіх дисциплін і усіх видів занять. Пропущені заняття обов'язково відпрацьовуються студентами згідно з наданими індивідуальними графіками навчального процесу або згідно з графіками відпрацювання пропущених занять, складеними кафедрами. Форма відпрацювання пропущених лекційних, лабораторних, практичних чи семінарських занять у вигляді усного опитування, письмових відповідей на поставлені запитання, контрольної роботи по розділу, конспекту, створеному на основі вивчених розділів підручників та посібників, самостійно визначається викладачами кафедр.

Якщо число пропущених занять без поважних причин досягло граничних меж – 60% і більше з однієї дисципліни; 40% і більше з кожної із двох дисциплін; 30% і більше з кожної із трьох дисциплін – то студенти відраховуються за неуспішність у зв'язку з незасвоєнням пропущеного матеріалу.

Декан факультету за погодженням з конкретними викладачами дисциплін має право надавати індивідуальні графіки навчального процесу на певний період в межах до двох місяців таким категоріям студентів: студенткам, які готуються стати матерями або стали ними, під час допологової та післяпологової відпусток; студентам-спортсменам на період участі в змаганнях республіканського або міжнародного рівнів; студентам-відмінникам навчання на час участі в республіканських та міжнародних олімпіадах з конкретних дисциплін; студентам-науковцям на час участі в науково-технічних конференціях; студентам, які проживають в гуртожитках, в дні виконання ними обов'язків чергових по гуртожитку.

Студенти, які отримали під час семестрового контролю більше двох незадовільних оцінок або отримали оцінку "незадовільно" при складанні екзамену перед комісією відраховуються з Університету.

Можливість для перескладання надається студентам, які отримали не більше двох незадовільних оцінок з дисциплін.

Кожне перескладання екзамену (заліку) здійснюється лише за направленням, підписаним деканом факультету, на якому навчається студент, і обов'язково в присутності асистента.

Декан факультету може продовжити термін ліквідації академзаборгованості до кінця серпня поточного року студентам державної та контрактної форм навчання, які не склали заліки чи екзамени у терміни, визначені графіком навчального процесу (через хворобу або з інших поважних причин – були на заняттях з робочої професії, проходили виробничу практику чи склали заліково-екзаменаційну сесію, яка завершилася в кінці червня).

Ліквідація академічної заборгованості з дисципліни студентам державної форми навчання дозволяється два рази (один раз викладачу, другий раз комісії). Якщо ж студенти державної та контрактної форми навчання не ліквідували академічну заборгованість у визначені терміни, вони відраховуються із університету.

РОЗДІЛ 3. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОФЕСІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ БАКАЛАВРІВ І МАГІСТРІВ В ГАЛУЗІ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ ТА РАДІОТЕХНІКИ

3.1. Галузі, об'єкти та види професійної діяльності

Телекомунікації - галузь науки і техніки, яка включає сукупність технологій, засобів, способів і методів людської діяльності, направлених на створення умов для обміну інформацією на відстані.

Професійна діяльність випускника спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» включає галузі, пов'язані з дослідженнями і розробками, спрямованими на створення і забезпечення функціонування пристроїв і систем, заснованих на використанні електромагнітних коливань і хвиль, електронної компонентної бази, в тому числі мікро- та нанотехніки, і призначених для передачі, прийому і обробки інформації, отриманням інформації про довкілля, природні і технічні об'єкти, а також для управління різними технічними об'єктами у всіх сферах народного господарства і оборони країни.

Об'єктами професійної діяльності фахівців напрямку «Телекомунікації та радіотехніка» є:

- мережі зв'язку і системи комутації;
- багатоканальні телекомунікаційні системи, включаючи системи оптичного діапазону;
- системи і пристрої радіозв'язку, включаючи системи супутникового і мобільного зв'язку;
- системи і пристрої звукового і телевізійного мовлення, електроакустики і мовної інформатики, мультимедійної техніки;
- системи і пристрої передачі даних;
- засоби захисту інформації в телекомунікаційних системах.
- радіотехнічні системи, комплекси, пристрої та їх компоненти, методи і засоби їх моделювання і проектування, експериментального

випробування, підготовки до виробництва і технічного обслуговування;

- системи і пристрою радіозв'язку, супутникового і радіорелейного зв'язку, телекомунікаційні системи оптичного діапазону, системи і пристрої рухливого радіозв'язку, інтелектуальні інформаційні системи і технічні засоби захисту інформації;

- засоби метрологічного забезпечення радіоелектронних пристроїв і систем, методи і способи контролю і виміру їх технічних параметрів, автоматизації процесів виробництва, контролю якості і обслуговування електронних засобів;

- електронні прилади, пристрої, установки, методи їх дослідження, проектування і конструювання, технологічні процеси виробництва, діагностичне і технологічне устаткування.

3.2 Узагальнені завдання професійної діяльності

Випускники з напряму підготовки «Телекомунікації та радіотехніка» відповідно до фундаментальної і спеціальної підготовки можуть виконувати наступні види професійної діяльності:

- проектна;
- науково-дослідницька;
- виробничо-технологічна;
- організаційно-управлінська;
- сервісно-експлуатаційна.

1) проектна діяльність:

- розробка структурних і функціональних схем радіотехнічних систем і комплексів та принципів схем пристроїв з використанням засобів комп'ютерного проектування, проведенням проектних розрахунків і техніко-економічним обґрунтуванням прийнятих рішень;

- розробка проектів комутаційних станцій, вузлів і мереж електрозв'язку; оптичних ліній зв'язку для різних ділянок телекомунікаційних мереж; багатоканальних систем з урахуванням

напрямних систем електрозв'язку; стаціонарних систем і пристроїв радіозв'язку і телерадіомовлення; мереж, систем і пристроїв рухомого радіозв'язку;

- проектування та модернізація окремих пристроїв і блоків систем зв'язку;

- проектування та впровадження спеціальних технічних і програмно-математичних засобів захисту інформації в телекомунікаційних системах;

- аналіз стану науково-технічної проблеми на основі підбору і вивчення літературних і патентних джерел; визначення мети і постановка завдань проектування;

- випуск технічної документації, включаючи інструкції з експлуатації, програми випробувань, технічні умови;

- участь в налагодженні, випробуваннях і здачі в експлуатацію дослідних зразків радіотехнічних пристроїв і систем;

- порівняльний техніко-економічний аналіз різних варіантів побудови і практичного застосування засобів зв'язку.

2) науково-дослідницька діяльність:

- розробка і використання методів математичного та фізичного моделювання в процесі дослідження і оптимізації параметрів окремих елементів і систем зв'язку в цілому;

- розробка планів, програм і методик проведення вимірювань параметрів телекомунікаційних мереж і складових їх елементів;

- проведення досліджень з метою знаходження та вибору найбільш доцільних практичних рішень щодо захисту інформації в телекомунікаційних системах.

- побудова математичних моделей об'єктів і процесів; вибір методу їх дослідження і розробка алгоритму його реалізації;

- моделювання об'єктів і процесів з метою аналізу та оптимізації їх параметрів з використанням наявних засобів досліджень, включаючи стандартні пакети прикладних програм;

- розробка програми експериментальних досліджень, її реалізація, включаючи вибір технічних засобів і обробку результатів;

- складання оглядів і звітів за результатами проведених досліджень;

3) виробничо-технологічна:

- розробка і впровадження технологічних процесів налагодження, випробувань і контролю якості виробів;
- авторський супровід розроблюваних пристроїв і систем на етапах проектування і випуску їх дослідних зразків;
- участь в роботах з технологічної підготовки виробництва;
- організація та ефективне здійснення контролю за якістю функціонування систем комутації та мереж зв'язку, засобів оптичного зв'язку, підприємств радіозв'язку і телерадіомовлення, систем рухомого радіозв'язку;
- технічне обслуговування обладнання систем комутації та мереж зв'язку, багатоканальних систем і направляючих систем електрозв'язку, засобів оптичного зв'язку, підприємств радіозв'язку і телерадіомовлення, систем і засобів мобільного радіозв'язку;
- автоматизоване управління мережами електрозв'язку, підприємствами радіозв'язку і телерадіомовлення, мережами рухомого радіозв'язку.

4) організаційно-управлінська діяльність:

- організація роботи колективу виконавців, прийняття виконавських рішень в умовах різних думок;
- розробка планів науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, управління ходом їх виконання;
- знаходження оптимальних організаційних рішень, що забезпечують реалізацію вимог щодо якості продукції, її вартості, термінів виконання, екологічної безпеки та охорони праці;

5) сервісно-експлуатаційна діяльність:

- експлуатація та технічне обслуговування радіотехнічних систем і комплексів;
- ремонт і настройка радіотехнічних пристроїв різного призначення.

На практиці часто фахівцяю-радіоелектронщику доводиться займатися не одним, а кількома видами діяльності. Так, наприклад,

отримавши завдання або самостійно висунувши інноваційну ідею, інженер-розробник проводить попередні наукові дослідження, здійснює проектування, розробку функціональних і принципових схем, потім самостійно або із залученням конструкторів і технологів здійснює розробку конструкторсько-технологічної документації, бере участь в підготовці виробництва, а після виготовлення дослідного зразка бере участь в його попередніх і приймальних (державних) випробуваннях, при проведенні яких здійснюється монтажно-налагоджувальна та експлуатаційна діяльність. У зв'язку з цим в процесі вивчення даної дисципліни студенту корисно отримати деякі основні відомості не тільки зі сфери свого вибраного напрямку підготовки, але також по всій групі спеціальностей, що відносяться до телекомунікації та радіоелектроніки.

Випускник спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» може працювати на посаді:

- інженера із захисту інформації;
- інженера-програміста;
- інженера-проектувальника;
- інженера-електронника;
- інженера науково-дослідної установи, конструкторської та проектної організації;
- науковий співробітник (електроніка, телекомунікації);
- молодший науковий співробітник (електроніка, телекомунікації);
- науковий співробітник-консультант (електроніка, телекомунікації);
- інженер в галузі електроніки і телекомунікацій;
- інженер електрозв'язку;
- інженер з організації виробничих процесів електрозв'язку;
- інженер з радіонавігації та радіолокації;
- інженер засобів радіо та телебачення;
- інженер лінійних споруд електрозв'язку та абонентських пристроїв;

Випускники працюють в конструкторських, проектних і експлуатаційних організаціях зв'язку різних відомств, на підприємствах радіоелектронної та електротехнічної промисловості, конструкторських бюро, підприємствах енергопостачання, комерційних структурах, займають посади провідних фахівців. Також можуть працювати на міських телефонних мережах, в центрах телефонного зв'язку і телекомунікаційних повідомлень, в бізнес-центрах, обчислювальних центрах, на локальних і глобальних інформаційних комп'ютерних мережах, в центрах комутації мобільних засобів зв'язку.

Можливості продовження освіти випускника:

Випускник спеціальності «Телекомунікації» підготовлений до навчання в магістратурі та аспірантурі.

3.3. Програмні компетентності випускника спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка»

Компетентність – динамічна комбінація знань, вмінь і практичних навичок, способів мислення, професійних, світоглядних і громадянських якостей, морально-етичних цінностей, яка визначає здатність особи успішно здійснювати професійну та подальшу навчальну діяльність і є результатом навчання на певному рівні вищої освіти (частина перша статті 1 Закону України «Про вищу освіту»). Це є здатність особи до виконання певного виду діяльності, що виражається через знання, розуміння, уміння, цінності, інші особисті якості.

У вищій освіті та професійній підготовці виділяють інтегральні, загальні та спеціальні компетентності.

Інтегральна компетентність – узагальнений опис кваліфікаційного рівня, який виражає основні компетентності щодо навчання та/або професійної діяльності;

Загальні компетентності – універсальні компетентності, що не залежать від предметної області, але важливі для успішної

подальшої професійної та соціальної діяльності здобувача в різних галузях та для його особистісного розвитку.

Коли мова йде про загальну компетентність, мають на увазі здатність до аналізу та синтезу, загальні знання, усвідомлення європейського та міжнародного виміру, здатність до самостійного навчання, співпраці та комунікації, цілеспрямованість, лідерські риси, організованість і здатність до планування своєї роботи.

Крім цих загальних вмінь, які розвиваються в процесі навчання, кожен навчальний курс повинен сприяти розвитку спеціальної предметно орієнтованої компетентності.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності – компетентності, що залежать від предметної області, та є важливими для успішної професійної діяльності за певною спеціальністю. Це є вміння використати знання, навички, досвід в конкретно даних умовах, досягнувши при цьому максимально позитивного результату.

Випускник спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» має володіти наступними компетентностями.

Інтегральні компетентності:

ІК-1. Здатність здійснювати пошук, критичний аналіз і синтез інформації, застосовувати системний підхід для вирішення поставлених завдань;

ІК-2. Здатність визначати коло завдань в рамках поставленої цілі і вибирати оптимальні способи їх вирішення, виходячи з діючих правових норм, наявних ресурсів і обмежень;

ІК-3. Здатність здійснювати соціальну взаємодію і реалізовувати свою роль в команді;

ІК-4. Здатність здійснювати ділову комунікацію в усній і письмовій формах на державному та іноземному (их) мовами;

ІК-5. Здатність сприймати міжкультурну різноманітність суспільства в соціально-історичному, етичному і філософському контекстах;

ІК-6. Здатність управляти своїм часом, вибудувати і реалізовувати траєкторію саморозвитку на основі принципів освіти протягом усього життя.

ІК-7. Здатність підтримувати належний рівень фізичної підготовленості для забезпечення повноцінної соціальної та професійної діяльності;

ІК-8. Здатність створювати і підтримувати безпечні умови життєдіяльності, в тому числі при виникненні надзвичайних ситуацій.

Загальні компетентності:

ЗК-1. Здатність використовувати положення, закони і методи природничих наук і математики для вирішення завдань інженерної діяльності;

ЗК-2. Здатність самостійно проводити експериментальні дослідження і використовувати основні прийоми обробки і представлення отриманих даних;

ЗК-3. Володіти методами пошуку, зберігання, обробки, аналізу та подання в необхідному форматі інформації з різних джерел і баз даних, дотримуючись при цьому основних вимог інформаційної безпеки;

ЗК-4. Здатність застосовувати сучасні комп'ютерні технології для підготовки текстової та конструкторсько-технологічної документації з урахуванням вимог нормативної документації.

Спеціальні компетентності.

Перелік спеціальних компетентностей (СК) випускника для кожного напрямку підготовки університет встановлює самостійно з урахуванням основної освітньої програми і змісту узагальнених трудових функцій відповідних професійних стандартів, а також, при необхідності, на основі аналізу вимог до компетентностей, що пред'являються до випускників даного напрямку підготовки на ринку праці, проведення консультацій з провідними роботодавцями.

Для фахівця спеціальності «Телекомунікації та радіотехніка» це наступні компетентності:

СК1. Здатність розуміти сутність і значення інформації в розвитку сучасного інформаційного суспільства, усвідомлювати небезпеку і загрози, що виникають в цьому процесі, дотримуватися основні вимоги інформаційної безпеки, в тому числі захисту державної таємниці;

СК2. Здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій та з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки;

СК3. Здатність володіти основними методами, способами і засобами отримання, зберігання, переробки інформації ;

СК4. Здатність мати навички самостійної роботи на комп'ютері та в комп'ютерних мережах; здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних комп'ютерних програм ;

СК5. Здатність використовувати нормативну і правову документацію, характерну для області інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (закони України, технічні регламенти, міжнародні та національні стандарти, рекомендації Міжнародного союзу електрозв'язку і т.п.);

СК6. Здатність проводити інструментальні вимірювання в інформаційно-телекомунікаційних мережах, телекомунікаційних та радіотехнічних системах;

СК7. Готовність до контролю дотримання та забезпечення екологічної безпеки;

СК8. Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій і стандартів ;

СК9. Здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів ;

СК10. Здатність здійснювати монтаж, наладку, настройку, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування і здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікації та радіотехніки;

СК11. Уміння складати нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань;

СК12. Здатність проводити роботи з керування потоками навантаження інформаційно-телекомунікаційних мереж;

СК13. Уміння організовувати і здійснювати заходи з охорони праці та техніки безпеки в процесі експлуатації, технічного обслуговування і ремонту обладнання інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем;

СК14. Готовність до вивчення науково-технічної інформації, вітчизняного і закордонного досвіду з тематики інвестиційного (або іншого) проекту; умінням збирати й аналізувати інформацію з метою формування вихідних даних для проектування засобів телекомунікації та радіотехніки;

СК15. Уміння проводити розрахунки у процесі проектування споруд і засобів інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем відповідно до технічного завдання з використанням як стандартних методів, прийомів і засобів автоматизації проектування, так і самостійно створених оригінальних програм;

СК16. Володіння глибокими знаннями математики та здатність їх застосовувати до вирішення виробничих проблем; здатність працювати з математикою у міждисциплінарному контексті;

СК17. Володіння навичками розробки і впровадження оперативних заходів цивільного захисту;

СК18. Володіння практичними навичками щодо правового регулювання патентного права та фундаментальними знаннями щодо правової охорони об'єктів інтелектуальної власності та їх захисту в Україні та світі.

3.4. Професійні стандарти і завдання бакалаврів та магістрів

Згідно сучасних вимог, що пред'являються до вузів при розробці освітніх програм, професійні компетентності випускників повинні відповідати певним професійним стандартам, які застосовуються на підприємствах і організаціях-роботодавців.

Професійний стандарт являє собою характеристику професійних навичок, умінь і знань, необхідних для здійснення професійної діяльності, зміст конкретних трудових функцій, ранжируваних за рівнями кваліфікації в залежності від складності та відповідальності виконуваної роботи.

Що таке стандарт?

Стандарт - створений на основі консенсусу нормативний документ, ухвалений уповноваженими органами, що встановлює для загального і багаторазового застосування вимоги, норми, правила, загальні принципи або характеристики, які стосуються різного виду діяльності чи її результатів, і спрямований на досягнення оптимального ступеня впорядкованості у певній галузі та доступний широкому колу користувачів.

Відповідно до статті 10 Закону «Про вищу освіту»:

Стандарт вищої освіти – це сукупність вимог до змісту та результатів освітньої діяльності закладів вищої освіти і наукових установ за кожним рівнем вищої освіти в межах кожної спеціальності.

Стандарти вищої освіти розробляються для кожного рівня вищої освіти в межах кожної спеціальності відповідно до Національної рамки кваліфікацій і використовуються для визначення та оцінювання якості змісту та результатів освітньої діяльності закладів вищої освіти (наукових установ).

Державний стандарт вищої освіти включає:

1. Перелік кваліфікацій за відповідними освітньо-кваліфікаційними рівнями містить перелік назв кваліфікацій, які визначаються через професійні назви робіт, що мають виконувати

фахівці певного освітньо-кваліфікаційного рівня на первинних посадах.

2. Перелік напрямів та спеціальностей, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за відповідними освітньо-кваліфікаційними рівнями, містить перелік назв напрямів, що відображають споріднений зміст вищої освіти і професійної підготовки, та перелік назв спеціальностей, що відображають неповторювані узагальнені об'єкти діяльності або виробничі функції та предмети діяльності.

3. Вимоги до освітніх рівнів вищої освіти містять вимоги до рівня сформованості в особи соціальних і громадянських якостей з урахуванням особливостей майбутньої професійної діяльності, а також вимоги до формування у неї патріотизму до України та до знання української мови.

4. Вимоги до освітньо-кваліфікаційних рівнів вищої освіти містять вимоги до професійної підготовки фахівців з урахуванням суспільного поділу праці.

Стандарт вищої освіти визначає такі вимоги до освітньої програми:

- 1) обсяг кредитів ЄКТС, необхідний для здобуття відповідного ступеня вищої освіти;
- 2) перелік компетентностей випускника;
- 3) нормативний зміст підготовки здобувачів вищої освіти, сформульований у термінах результатів навчання;
- 4) форми атестації здобувачів вищої освіти;
- 5) вимоги до наявності системи внутрішнього забезпечення якості вищої освіти;
- 6) вимоги професійних стандартів (у разі їх наявності).

Заклад вищої освіти на підставі відповідної освітньої програми за кожною спеціальністю розробляє навчальний план, який визначає перелік та обсяг навчальних дисциплін у кредитах ЄКТС, послідовність вивчення дисциплін, форми проведення навчальних занять та їх обсяг, графік навчального процесу, форми поточного і підсумкового контролю.

На основі навчального плану у визначеному закладом вищої освіти порядку розробляються та затверджуються індивідуальні навчальні плани студентів, що мають містити, у тому числі, обрані здобувачами вищої освіти навчальні дисципліни.

Заклад вищої освіти у межах ліцензованої спеціальності може запроваджувати спеціалізації, перелік яких визначається закладом вищої освіти.

Стандарти вищої освіти за кожною спеціальністю розробляє центральний орган виконавчої влади у сфері освіти і науки з урахуванням пропозицій галузевих державних органів, до сфери управління яких належать вищі навчальні заклади, і галузевих об'єднань організацій роботодавців та затверджує їх за погодженням з Національним агентством із забезпечення якості вищої освіти.

Перелік кваліфікацій за відповідними освітньо-кваліфікаційними рівнями, вимоги до освітніх та освітньо-кваліфікаційних рівнів вищої освіти затверджуються Кабінетом Міністрів України за поданням спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади у галузі освіти і науки, погодженим із спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади у галузі праці та соціальної політики.

Перелік напрямів та спеціальностей, за якими здійснюється підготовка фахівців у вищих навчальних закладах за відповідними освітньо-кваліфікаційними рівнями, затверджується Кабінетом Міністрів України за поданням спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади у галузі освіти і науки.

Формування у студента необхідних знань на першому етапі його навчально-професійної діяльності здійснює вуз, а необхідні вміння формуються в процесі всіх видів практик, в тому числі на підприємствах

3.5. Професійний стандарт «Спеціаліст з радіозв'язку та телекомунікацій»

Формування у студента необхідних знань на першому етапі його навчально-професійної діяльності здійснює вуз, а необхідні вміння формуються в процесі всіх видів практик, в тому числі на підприємствах.

Трудові функції, які визначаються даним стандартом, і необхідний рівень теоретичної підготовки розрізняються залежно від видів діяльності - експлуатація або розвиток (розробка, модернізація) систем і пристроїв.

Основні вміння, необхідні для експлуатації обладнання зв'язку:

- виконувати планові, регламентні і профілактичні роботи на діючому обладнанні транспортних мереж і мереж передачі даних;
- збирати і аналізувати дані про роботу мереж радіозв'язку і застосовуваного в них обладнання;
- виконувати роботи на обладнанні по заміні програмного забезпечення, реалізації нових послуг і сервісів;
- виявляти, реєструвати і усувати несправності обладнання;
- перевіряти функціонування обладнання після відновлення і введення в експлуатацію.

Основні вміння, необхідні для розвитку устаткування зв'язку:

- аналізувати трафік, статистику, проводити розрахунок інтерфейсів внутрішніх напрямків мережі;
- виконувати розрахунок пропускну здатності мережі;
- розробляти рішення з оперативної переконфігурації мережі, зміни параметрів комутаційної підсистеми, мережевих платформ і устаткування, виготовленого за новими технологіями;
- змінювати параметри комутаційної підсистеми, маршрутизації трафіку, прописки кодів маршрутизації, організації нових і розширення існуючих напрямків зв'язку;
- реєструвати нові мережеві елементи і коди пунктів сигналізації;

- розробляти технічні умови на приєднання до мереж зв'язку інших організацій зв'язку та видавати технічні умови на приєднання до власних мереж зв'язку.

Основні знання, необхідні для експлуатації обладнання зв'язку:

- принципи побудови і роботи мережі зв'язку і протоколів, що використовуються в мережах зв'язку;

- методи аналізу якісних показників роботи обладнання зв'язку та мереж як на основі даних статистики, так і на основі радіовимірювань;

- основи технічної експлуатації обладнання зв'язку і мережевих платформ;

- нормативні документи, що регламентують експлуатацію об'єктів зв'язку.

Основні знання, необхідні для виконання робіт з розвитку систем і засобів зв'язку і телекомунікацій:

- основні принципи побудови та роботи мереж і засобів зв'язку;

- процедури і принципи частотно-територіального і кодового планування;

- основні алгоритми і методи обробки статистичних даних;

- стандарти якості передачі даних і голосу, що застосовуються в мережах зв'язку;

- перспективи технічного розвитку галузі;

- нормативні документи, які регламентують будівництво та експлуатацію об'єктів зв'язку.

У всіх випадках вимога до освіти фахівця з радіозв'язку і телекомунікацій - бакалаврат.

3.6. Вимоги щодо основної освітньої програми за напрямом підготовки дипломованого фахівця «Телекомунікації та радіотехніка»

Основна освітня програма підготовки інженера розробляється на підставі державного освітнього стандарту дипломованого фахівця

і включає в себе перелік навчальних дисциплін, програми навчальних, наукових і виробничих практик.

Вимоги до обов'язкового мінімуму змісту основної освітньої програми підготовки інженера, до умов її реалізації та термінів її освоєння визначаються державним освітнім стандартом.

Основна освітня програма підготовки інженера складається з дисциплін державного компонента, дисциплін вузівського компонента, дисциплін за вибором студента, а також факультативних дисциплін. Дисципліни вузівського компонента і за вибором студента в кожному циклі повинні змістовно доповнювати дисципліни, зазначені у державному компоненті циклу.

Освітня програма підготовки інженера передбачає вивчення студентом наступних циклів дисциплін:

- загальні гуманітарні та соціально-економічні дисципліни;
- загальні математичні і природничо-наукові дисципліни;
- загально професійні дисципліни;
- спеціальні дисципліни, включаючи дисципліни спеціалізації;
- факультативи

Для забезпечення підготовки фахівців, які відповідають потребам регіону, вводяться дисципліни національно-регіонального компонента освітньої програми підготовки інженера, що забезпечує підготовку випускника відповідно до кваліфікаційної характеристики, встановленої державним освітнім стандартом.

РОЗДІЛ 4. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

4.1. Людина та інформація

Людське суспільство живе в інформаційному світі, який постійно змінюється і поповнюється. Те, що людина бачить, чує, пам'ятає, знає, переживає, - все це різні форми інформації. Наше життя неможливо уявити без постійного обміну інформацією. Люди обмінюються інформацією в усній, писемній та інших формах. Засоби масової інформації щоденно доносять до нас потоки різноманітних відомостей. Протягом багатьох століть люди винаходили умовні знаки та способи для передачі інформації. Що ж таке інформація?

У загальному розумінні та найширшому значенні слова **інформація** – це сукупність відомостей про навколишній світ. Інформація може зберігатися та передаватися від одного об'єкта до іншого.

В такому розумінні інформація є найважливішим ресурсом науково-технічного прогресу і соціально-економічного розвитку суспільства і поряд з матерією і енергією належить до фундаментальних філософських категорій природознавства.

Створення матеріальних цінностей передбачає використання не тільки певних знарядь праці, сировини, обладнання, матеріалів, але й сукупності відомостей про різні процеси, предмети, факти, які набулі багатьма поколіннями людей. Ця сукупність відомостей, які зберігаються у пам'яті людей, книгах, документах, і складає поняття **інформації**. В перекладі на українську мову слово “інформація” означає “роз'яснення”, “викладення”, “надання чи наявність відомостей”. Інформація є цінною для виробництва тільки тоді, коли вона доступна, не дивлячись на її віддаленість від місця виробництва та давність отримання. Власне звідси і виникає необхідність запам'ятовування, зберігання та передачі інформації на відстань. Сучасний термін “**телекомунікація**” фактично означає спілкування або обмін інформацією на відстані.

Для ефективного використання інформації необхідно забезпечити її обмін, тобто передачу і прийом. Для того, щоб інформацію можна було зберігати, обробляти, передавати і використовувати, вона повинна бути представлена у вигляді **повідомлення**.

Відомо, що 80...90 % інформації людина отримує через органи зору і 10...20 % – через органи слуху. Інші органи чуття (дотик, нюх, смак) дають людині в сумі до 1...2 % інформації. Отже, органи зору і слуху в сукупності з нервовою системою людини є основними каналами надходження інформації у мозок. Однак засоби передачі, обумовлені фізіологічними можливостями людини (наприклад, голосові зв'язки або органи зору), не можуть розв'язати проблему передачі великих обсягів інформації на значні відстані.

Для передавання значних обсягів інформації на великі відстані існують спеціальні технічні засоби, які називаються **засобами зв'язку** або **засобами телекомунікацій**.

Для передачі інформації на значні відстані застосовують певні системи. Під системою розуміють сукупність елементів, які перебувають у відносинах і зв'язках один з одним та утворюють певну цілісність, єдність. Серед систем неживої природи особливе місце займають технічні системи різного призначення.

Із усього різноманіття сучасних технічних систем можна виділити особливу групу так званих інформаційних систем, призначених для отримання, передавання, перетворення та зберігання інформації. До цієї групи систем належать: системи передавання інформації (системи зв'язку), локаційні, навігаційні та телевізійні системи, обчислювальні та інформаційно-вимірювальні системи, автоматизовані системи управління та контролю тощо.

Основою функціонування інформаційних систем є процеси передавання, перетворення та накопичення інформації. Тому критерієм якості роботи інформаційних систем є ступінь їх здатності передавати, накопичувати або перетворювати необхідну кількість інформації за одиницю часу при припустимих спотвореннях і витратах.

Загальні тенденції розвитку систем передавання інформації характеризуються зростанням швидкості передавання інформації, зменшенням споживання енергії джерела живлення абонентських терміналів систем рухомого зв'язку, підвищенням надійності та перешкодостійкості, раціональним використанням смуги частот. Успіхи у вирішенні цих завдань пов'язані передусім із широким застосуванням сучасних досягнень теорії інформації та кодування, мікроелектроніки та схемотехніки, використанням нових методів модуляції сигналів, застосуванням сучасних методів цифрового оброблення сигналів. Передача інформації в цифровому вигляді забезпечує більш високі значення показників якості систем передавання інформації, зокрема, перешкодостійкості та пропускної здатності, розширяє їх можливості щодо передавання різних видів повідомлень. Вивчення структури систем передавання інформації розпочнемо з визначення основних термінів та понять, що використовуються в системах передавання інформації.

4.2. Загальні поняття про інформацію

Інформація - одна з найважливіших категорій природознавства (поряд з речовиною, енергією і полем).

Інформація (від лат. informatio – роз'яснення, виклад) – це нові відомості про навколишній світ, які ми отримуємо в результаті взаємодії з ним.

Інформація – це відомості про будь-які процеси, події, факти або предмети, тобто це сукупність знань про навколишній світ.

Інформація – це насамперед відомості, які можуть бути використані (відомості про стан природи, про зміну стану в часі та просторі певних об'єктів, про величину контрольованих параметрів і т. п.).

Особливістю поняття «інформація» є його універсальність - воно використовується в усіх без винятку сферах людської діяльності: в філософії, природничих і гуманітарних науках, в

біології, медицині, в психології людини і тварин, в соціології, мистецтві, в техніці і економіці і, звичайно, у повсякденному житті.

У сучасній науці розглядаються два види інформації:

Об'єктивна (первинна) інформація - це властивість матеріальних об'єктів і явищ (процесів) породжувати різноманітні стани, які за допомогою взаємодії (фундаментальні взаємодії) передаються іншим об'єктам і вкарбовуються в їх структурі.

Суб'єктивна (семантична, смислова, вторинна) інформація - це смисловий зміст об'єктивної інформації про об'єкти і процеси матеріального світу, сформований свідомістю людини за допомогою смислових образів (слів, образів і відчуттів) і зафіксований на будь-якому матеріальному носії.

На даний час існують два різні погляди на те, що прийнято називати інформацією.

Згідно першого підходу існує **три сорти інформації**.

Перший з них - це **фізична інформація** - предмет дослідження термодинаміки і статистичної фізики.

Другий - **технічна**, та сама, яка передається по телеграфних лініях або відображається на екранах радіолокаторів. Кількість такої інформації може бути в точності обчислена, і процеси, що відбуваються з такою інформацією, підкоряються фізичним законам.

Третій сорт інформації - **інформація семантична**, тобто смислова. Це та сама інформація, яка міститься, наприклад, в літературному творі. Для такої інформації теж пропонуються різні кількісні оцінки і навіть будуються математичні теорії. Але загальна думка зводиться до того, що оцінки тут досить умовні і приблизні і алгеброю гармонію не перевіриш.

Друга точка зору полягає в тому, що деякі вчені вважають, що інформація єдина, але кількісні оцінки повинні бути різними. Окремо потрібно вимірювати **кількість інформації**, причому кількість інформації - це оцінка, щодо якої можна розвивати єдину строгу теорію. Крім кількості інформації, слід вимірювати ще й **цінність**. Але з цінністю інформації відбувається те ж саме, що і з поняттям семантичної інформації. З одного боку, начебто її можна

виміряти або навіть обчислити, а з іншого боку, всі ці обчислення справедливі лише в обмеженій кількості випадків. І взагалі, хто може точно обчислити, скажімо, цінність великого наукового відкриття або листа улюбленої людини?

До появи комп'ютерної техніки слово інформація використовувалося рідко, в основному в спеціальній і технічній літературі.

Інформація являє собою відомості, призначені для передачі від відправника до одержувача, які дають можливість її отримувачу сформулювати уявлення про об'єкт передавання.

Передача і зберігання інформації здійснюється за допомогою різних знаків (символів), які дозволяють представити її в деякій формі.

Питаннями отримання, передавання, зберігання і перетворення інформації займаються наступні розділи науки:

- теорія інформації;
- теорія повідомлень;
- теорія сигналів.

Теорія інформації вивчає методи визначення кількості інформації, що міститься в повідомленнях різних видів. До них відносяться:

- оцінка пропускнуої здатності каналів зв'язку;
- оцінка обсягів пам'яті пристроїв зберігання даних;
- оцінка достовірності повідомлень.

Теорія повідомлень вивчає раціональні способи представлення повідомлень (кодування). Реалізацією використання теорії повідомлень є оптимізація характеристик інформаційних систем, яка полягає в узгодженні характеристик підсистем збору, зберігання, передачі та обробки повідомлень.

Теорія сигналів вивчає ефективні способи формування, виявлення, зберігання та оцінки носіїв повідомлень з урахуванням властивостей середовища і шумових перешкод. Результатом використання теорії сигналів є оптимізація характеристик окремих підсистем.

Предмети, процеси, явища матеріального чи нематеріального світу, якщо їх розглядати з точки зору їх інформаційних властивостей, називають **інформаційними об'єктами**.

Над інформацією можна виконувати величезну кількість різних інформаційних процесів, серед яких: створення; прийом; комбінування; зберігання; передача; копіювання; обробка; пошук; сприйняття; формалізація; поділ на частини; вимірювання; використання; поширення; спрощення; руйнування; запам'ятовування; перетворення; збір тощо.

4.3. Властивості інформації

Виділяють наступні властивості інформації (рис. 4.1):

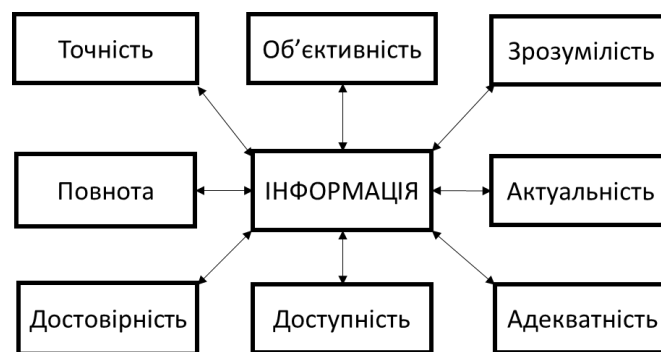


Рис. 4.1. Властивості інформації

Об'єктивність - це властивість інформації, яка характеризує її незалежність від будь-якої думки або свідомості, а також від методів отримання.

Інформація - це відображення зовнішнього об'єктивного світу. Більш об'єктивною є та інформація, в яку методи отримання і обробки вносять найменший елемент суб'єктивності. Інформація об'єктивна, якщо вона не залежить від методів її фіксації, думки, судження будь-кого і взагалі, якщо вона існує поза і незалежно від людської свідомості.

Наприклад, повідомлення «На вулиці тепло» несе суб'єктивну

інформацію, а повідомлення «На вулиці 22°C» - об'єктивну, але з точністю, яка залежить від похибки засобу вимірювання. Об'єктивну інформацію можна отримати за допомогою справних датчиків, вимірювальних приладів. Відбиваючись у свідомості конкретної людини, інформація перестає бути об'єктивною, оскільки перетворюється в залежності від думки, судження, досвіду, знань конкретного суб'єкта.

Достовірність - властивість інформації бути правильно сприйнятою. Достовірність відображає дійсний стан справ. Об'єктивна інформація завжди достовірна, але достовірна інформація може бути як об'єктивною, так і суб'єктивною. Достовірна інформація допомагає нам прийняти правильне рішення.

Причинами недостовірності можуть бути: навмисне спотворення (дезінформація); ненавмисне перекручення суб'єктивної властивості; спотворення в результаті дії перешкод; помилки фіксації інформації. У загальному випадку достовірність інформації досягається: зазначенням часу звершення подій, відомості про яких передаються; зіставленням даних, отриманих з різних джерел; своєчасним розкриттям дезінформації; виключенням спотвореної інформації тощо.

Повнота. Інформацію можна вважати повною, коли вона містить мінімальний, але достатній для прийняття правильного рішення набір показників. Як неповна, так і надлишкова інформація знижує ефективність прийнятих на підставі інформації рішень.

Адекватність - ступінь відповідності інформації реальному об'єктивному стану справи. Розрізняють три форми адекватності інформації: синтаксична, семантична і прагматична.

1. Синтаксична адекватність відображає формально-структурні характеристики інформації і не зачіпає її смислового змісту.

2. Семантична (смілова) адекватність визначає ступінь відповідності інформації про об'єкт самому об'єкту.

3. Прагматична (споживча) адекватність відображає співвідношення інформації та її споживача (ставлення споживача до

інформації). Прагматичний аспект пов'язаний з цінністю, корисністю використання інформації споживачем для досягнення поставленої мети.

Доступність - міра можливості отримати ту чи іншу інформацію.

Актуальність - це ступінь відповідності інформації поточному моменту часу. Це - важливість для теперішнього часу, злободенність, нагальність. Тільки вчасно отримана інформація може бути корисною.

Зрозумілість (ясність) - виражена мовою, доступною одержувачу.

Точність інформації визначається ступенем її близькості до реального стану об'єкта, процесу, явища тощо.

Крім цього інформація має ще такі властивості:

1. **Атрибутивні властивості** (атрибут - невід'ємна частина чого-небудь). Найважливішими серед них є дискретність (інформація складається з окремих частин, знаків) і неперервність (можливість накопичувати інформацію).

2. **Динамічні властивості** пов'язані зі зміною інформації в часі: копіювання - розмноження інформації; передача від джерела до споживача; переклад з однієї мови на іншу; перенесення на інший носій; старіння (фізичне - носія, моральне - ціннісне).

3. **Практичні властивості** - інформаційний обсяг і щільність.

4.4. Цінність інформації

Важливою властивістю інформації є її цінність.

Під **цінністю** інформації зазвичай розуміється її важливість, потрібність для прийняття правильних рішень.

Цінність (корисність, значимість) інформації – це її важливість. Цінність інформації забезпечує вирішення поставленого завдання, вона потрібна для того, щоб приймати правильні рішення. Корисність інформації може бути оцінена стосовно потреб конкретних її споживачів і оцінюється за тими задачам, які можна

вирішити за її допомогою. Найцінніша інформація - об'єктивна, достовірна, повна, і актуальна. При цьому слід враховувати, що і необ'єктивна, недостовірна інформація (наприклад, художня література), має велику значимість для людини.

Запропонувати спосіб обчислення цінності того чи іншого інформаційного повідомлення у загальному випадку неможливо, оскільки як в біологічному, так і в психологічному аспектах одне і те ж інформаційне повідомлення не може бути однаково цінним для будь-яких суб'єктів. Його корисність пов'язана з особливостями сприймаючої сторони, а ці особливості відрізняються у різних організмів і можуть змінюватися з часом.

Визначення цінності смислової інформації – це суб'єктивний процес і в більшості випадків немає об'єктивних критеріїв визначення цінності конкретних видів інформації при прийнятті інформаційних рішень. Іноді цінність інформації визначається приростом ймовірності досягнення мети внаслідок отримання тієї чи іншої інформації. Але практичне застосування цього підходу ускладнене тим, що неможливо визначити з достатньою точністю ймовірність досягнення конкретної мети до і після отримання інформації.

Крім цього, цінність не є суто природною властивістю інформації, а утворюється в результаті предметно-практичної взаємодії об'єкта і суб'єкта. Будь-яка цінність обумовлена практикою, яка виступає як об'єктивний показник цінності. Цінність є тим, що потрібно людині для його практично-пізнавальної діяльності, а практика сприяє об'єктивності оцінок.

Інформація необхідна для суб'єктів, що споживають її - як засіб забезпечення їх існування, дозволяє реагувати на зміни в навколишньому світі.

Цінність – об'єктивна як породження практичної взаємодії об'єкта і суб'єкта; вона об'єктивна, оскільки утворюється в процесі суспільно-історичної практики (ця об'єктивність може і не усвідомлюватися суб'єктом). У той же час оцінка – суб'єктивна. Оцінка як вираження суб'єктивного ставлення до цінності може бути

істинною, якщо вона адекватна цінності, або помилковою, якщо вона цінності не відповідає.

4.5. Класифікація інформації

Інформація - це відомості про будь-що незалежно від форми їх представлення.

Інформація може існувати в різних видах:

- текст, малюнки, креслення, фотографії;
- світлові або звукові сигнали;
- радіохвилі; електричні і нервові імпульси; магнітні записи;
- жести і міміка;
- запахи і смакові відчуття;
- хромосоми, через які передаються у спадок ознаки і властивості організмів тощо.

Класифікація інформації здійснюється за різними ознаками:

1. за істинністю: справжня й хибна;

2. за способом сприйняття:

- **візуальна** - сприймається органами зору. Ми бачимо все навколо.

- **аудіальна** – сприймається органами слуху. Ми чуємо звуки навколо нас.

- **тактильна** - сприймається тактильними рецепторами.

- **нюхова** - сприймається нюховими рецепторами. Ми відчуваємо аромати навколо.

- **смакова** - сприймається смаковими рецепторами. Ми відчуваємо смак.

3. за формою представлення:

- **текстова інформація** – така, що передається у вигляді спеціальних символів – літер; для зберігання використовується папір. Це - спосіб кодування мови людини спеціальними символами - літерами, причому різні народи мають різні мови і використовують різні набори літер для відображення мови; особливо великого значення цей спосіб набув після винаходу паперу і

книгодрукування.;

- **числова** - що передається у вигляді спеціальних символів – цифр і знаків, що позначають математичні дії. Це - кількісна міра об'єктів та їх властивостей в навколишньому світі; особливо великого значення набула з розвитком торгівлі, економіки і грошового обміну. Аналогічно текстової інформації для її відображення використовується метод кодування спеціальними символами - цифрами, причому системи кодування (числення) можуть бути різними;

- **графічна інформація** - що передається у вигляді зображень, картин, фотографій, схем, графіків, креслень на різних матеріалах;

- **звукова** – що передається у вигляді звуків;

- **відеоінформація** – що передається у вигляді рухомих зображень (кіно, телебачення тощо).

Існують також види інформації, для яких досі не винайдено способів їх кодування і зберігання - це **тактильна** інформація, що передається відчуттями, **органолептична** (нюхова і смакова), що передається запахами і смаками та ін.

4. за місцем виникнення: внутрішня і зовнішня.

Внутрішня інформація – це інформація, що виникає у процесі господарської діяльності об'єкта; це сукупність даних, що виникають на самому об'єкті і характеризують його діяльність. Вона формується на стадії конструкторсько-технологічної підготовки виробництва, у поточному виробництві товарів та їх збуті, оперативному, бухгалтерському та статистичному обліку.

Частина внутрішньої інформації фіксується на машинних носіях, частина - тільки на паперових документах.

Зовнішня інформація – це інформація, що виникає за межами об'єкта і має безпосереднє відношення до досліджуваної предметної області. Це опублікована інформація про стан зовнішнього середовища підприємства: про ринок та його інфраструктуру, поведінку покупців та постачальників, дії конкурентів, заходи державного регулювання ринкових механізмів.

5. за стадіями створення: вхідна та вихідна.

Вхідна інформація - це інформація, що надходить із зовнішнього середовища. До вхідної інформації відносять дані, що необхідні для розв'язання аналітичних задач (наприклад, наявність основних засобів, кількість і склад працівників тощо). Вхідна інформація реєструється в місці її збирання чи виникнення і вводиться в електронно-обчислювальну машину без попередньої обробки. Вхідна первинна інформація є найбільш детальною і становить основу для наступної логічної та арифметичної обробки даних.

Вихідна інформація – це інформація, що отримується як кінцевий результат після обробки вхідних даних. Вихідна інформація утворюється як результат розв'язання задач і використовується для управління об'єктом і прийняття ефективних управлінських рішень.

6. за функцією управління: планова, нормативно-довідкова, облікова, оперативна.

Планова інформація – це інформація, пов'язана з функцією планування. Вона описує господарські процеси, що мають відбутися в заданому часовому періоді. Наприклад, обсяг випуску конкретного найменування продукції, кількість матеріалів конкретного найменування

Нормативно-довідкова інформація – це інформація, пов'язана з функцією підготовки виробництва. Вона регламентує витрати матеріальних та трудових ресурсів, рівень запасів і заділів. Наприклад, норми витрати матеріалу на виріб.

Облікова інформація – це інформація, пов'язана з функціями оперативного, бухгалтерського, статистичного обліку. Вона відбиває господарські процеси, які вже здійснилися, а також фактичний стан.

Оперативна інформація – це інформація, що циркулює між об'єктами матеріального світу і використовується людиною в процесах управління.

7. за ступенем обробки: первинна, вторинна, проміжна, результативна.

Первинна інформація – це інформація, яку збирають з метою прийняття конкретних рішень і досягнення відповідних цілей вперше.

Вторинна інформація – це сукупність даних, що існують на підприємстві, видання державних установ, спеціалізовані комерційні та періодичні видання і книги, а також інформація, зібрана раніше для інших цілей.

До джерел вторинної інформації також відносять: виставки, ярмарки, наради, конференції, презентації, дні відкритих дверей, комерційні бази і банки даних.

Проміжна інформація – це інформація, що надходить для чергового оброблення. Проміжна інформація характеризується тим, що містить результати розрахунків, що використовуються для наступних розрахунків.

8. за призначенням інформація буває:

- **масового характеру** - містить звичайні відомості і оперує набором понять, зрозумілим більшій частині суспільства (соціуму). Вона буває повсякденною, суспільно-політичною, естетичною;

- **індивідуального (особистого) характеру**- набір відомостей про будь-яку особистість, що визначає соціальний стан і типи соціальних взаємодій всередині популяції. Сюди відносяться наші знання, вміння, інтуїція;

- **спеціальна** - містить специфічний набір понять, при використанні яких відбувається передача відомостей, які можуть бути не зрозумілі основній масі соціуму, але необхідні і зрозумілі в рамках вузької соціальної групи, де використовується дана інформація. Вона буває науковою, технічною, управлінською, виробничою;

- **секретна** – це інформація, що передається вузькому колу осіб і за закритими (захищеними) каналами;

- **дезінформація** – це поширення спотворених або свідомо неправдивих відомостей для досягнення пропагандистських, військових (введення противника в оману) або інших цілей.

9. за значенням існують наступні види інформації:

- **актуальна** – інформація, яка є цінною в даний момент часу;
- **достовірна** - інформація, отримана без спотворень;
- **зрозуміла** - інформація, виражена мовою зрозумілою тому, кому вона призначена;
- **повна** - інформація, достатня для прийняття правильного рішення або розуміння;
- **корисна** - корисність інформації визначається суб'єктом, який отримав інформацію в залежності від обсягу можливостей її використання.

Особливий вид інформації – це інформація, представлена в глобальній мережі Інтернет. Тут використовуються особливі прийоми зберігання, обробки, пошуку і передачі розподіленої інформації великих обсягів і особливі способи роботи з різними видами інформації. Постійно вдосконалюється програмне забезпечення, що дозволяє проводити колективну роботу з інформацією всіх видів.

Узагальнюючи, можна зробити наступні висновки:

1. інформація – об'єктивна, оскільки це властивість матерії.
2. інформація проявляється у вигляді сигналів і лише при взаємодії об'єктів.
3. одна і та ж інформація різними одержувачами може бути інтерпретована по-різному.

4.6. Функції інформації

Інформація має певні функції і етапи обігу в суспільстві. Основними з них є:

1. **Пізнавальна**, мета якої - отримання нової інформації. Функція реалізується в основному через такі етапи обігу інформації, як:

- її синтез (виробництво),
- уявлення,
- зберігання (передача в часі),
- сприйняття (споживання).

2. **Комунікативна** - функція спілкування людей, що реалізується через такі етапи обігу інформації, як:

- передача (в просторі),
- розподіл;

3. **Управлінська**, мета якої - формування доцільної поведінки керованої системи, яка отримує інформацію. Ця функція інформації нерозривно пов'язана з пізнавальною та комунікативною і реалізується через всі основні етапи обігу, включаючи обробку.

Без інформації не може існувати життя в будь-якій формі і не можуть функціонувати створені людиною будь-які інформаційні системи. Без неї біологічні і технічні системи представляють купу хімічних елементів. Спілкування, комунікації, обмін інформацією притаманні всім живим істотам, але в особливій мірі - людині. Будучи акумульованою і обробленою з певних позицій, інформація дає нові відомості, призводить до нового знання. Отримання інформації з навколишнього світу, її аналіз і генерування складають одну з основних функцій людини, що відрізняє його від решти живого світу.

4.7. Поняття про повідомлення

Потрібно розрізняти поняття «інформація» і «повідомлення».

Інформація – це сукупність знань щодо деякого процесу, події, об'єкта, які зменшують невизначеність, що була в одержувача до отримання ним цих знань.

Одна із специфічних властивостей інформації полягає в тому, що вона існує у вигляді різних матеріальних форм. Різні матеріальні форми подання інформації називаються **повідомленнями**, що містять дану інформацію. Різні повідомлення можуть містити одну і ту ж інформацію.

Отже, **повідомлення** - це матеріальна форма подання інформації, зручна для передачі. Це сукупність знаків, що відображають ту чи іншу інформацію, і за допомогою яких ми отримуємо ті чи інші відомості (інформацію).

Наприклад: при телеграфній передачі повідомленням є текст телеграми, що представляє собою послідовність різних букв і знаків; при розмові повідомлення являє собою послідовність звуків; при телевізійних передачах повідомлення - це зміна в часі яскравості і кольоровості елементів зображення.

Практичний інтерес представляють тільки такі матеріальні форми подання інформації, які можуть бути сприйняті людиною та іншими живими істотами. Передбачається, що людина сприймає повідомлення безпосередньо своїми органами почуттів або з використанням спеціальних приладів або засобів.

Здатність бачити дозволяє людині сприймати інформацію у вигляді нерухомих або рухомих зображень, які називаються оптичними повідомленнями.

Здатність чути дозволяє сприймати інформацію, яка подається у формі механічних коливань частинок повітряного середовища. Такі повідомлення називаються звуковими. Органи почуттів людини можна розглядати як природні (створені природою) реєструючі і вимірювальні засоби (датчики).

Існують також повідомлення, які призначені для обробки на електронно-обчислювальних машинах. Це певні символи, які можуть зберігатися на спеціальних носіях інформації і в необхідних випадках передаватися лініями зв'язку. Такі повідомлення називаються даними.

Класифікація повідомлень наведена на рис. 4.2.

Рухомі оптичні повідомлення – це зображення, які можна спостерігати безпосередньо на екранах моніторів, телевізорів, відео-контрольних пристроїв тощо.

До **нерухомих оптичних повідомлень** належать фотографія, малюнок, текст, набір цифр і т. п.

Звукові повідомлення – це звук (мова, музика), що

створюється за допомогою голосових зв'язок людини або певних інструментів.

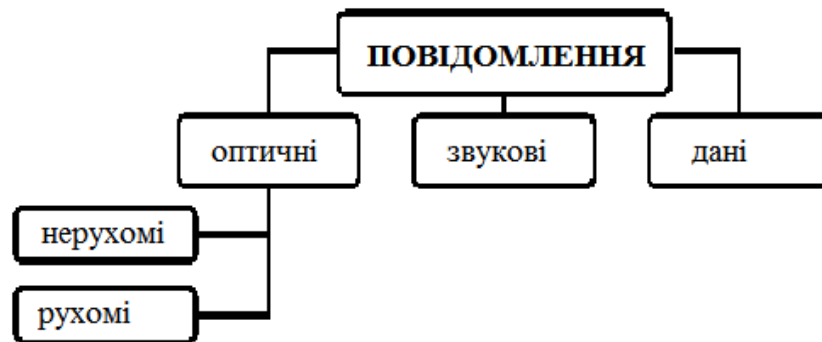


Рис. 4.2. Класифікація повідомлень

Дані – певний вид повідомлень, який є зручним для обміну інформацією між ЕОМ. Цей вид повідомлень характеризується відповідною структурою електричних сигналів і тільки при відповідних перетвореннях може бути приведений до вигляду, який є зручним для людини.

Для будь-якого виду повідомлень існує певний параметр, зміна якого безпосередньо стосується закладеної в це повідомлення інформації. Такий параметр називається **інформаційним**.

Для звукового повідомлення інформаційним параметром є миттєве значення звукового тиску, яке створюється в процесі коливання частинок повітря.

Інформаційним параметром оптичного повідомлення є коефіцієнт відбиття світла або яскравість ділянок екрана.

В текстових або літерно-цифрових повідомленнях інформаційним параметром є знаки, з яких вони складені.

І звукові, і оптичні повідомлення характеризуються інформаційним параметром, який є неперервним, тобто в процесі змін він може набути будь-якого значення у певному діапазоні (кількість значень необмежена).

На відміну від звукових і оптичних повідомлень, інформаційним параметром даних є кінцева кількість цифр, символів, літер, які складають певний алфавіт. У цьому випадку

інформаційний параметр є дискретним (кількість значень обмежена об'ємом алфавіту).

4.8. Сигнали

Задачею зв'язку є передача повідомлень на відстань від джерела до отримувача.

Якщо повідомлення записане на якомусь носії, наприклад, папері, його можна доставити до отримувача за допомогою того чи іншого виду транспорту. Так роблять при передачі письмових повідомлень у поштовому зв'язку. Однак такий спосіб передачі не завжди зручний, зокрема, він не задовольняє споживачів швидкістю передачі повідомлень. Тому знайшли широке застосування більш швидкісні переносники повідомлень. Для передачі повідомлень на значні відстані і з великою швидкістю використовують **сигнали**.

Сигнал - це матеріальний носій (переносник) повідомлення.

Сигнал – це фізичний процес, що змінюється з часом.

Сигнал - це фізичний процес, який адекватно відображає повідомлення і який використовується для **передавання** інформації на відстань. Відображення повідомлення забезпечується зміною будь-якої фізичної величини, що характеризує процес. Ця величина називається **інформаційним параметром** сигналу.

Таким чином, для передачі інформації в системі зв'язку повідомлення завжди перетворюється в сигнал, який в тій чи іншій мірі однозначно відповідає первісному повідомленню. При цьому **сигнал є переносником інформації**.

Матеріальними носіями повідомлень, а отже, і інформації, є:

- папір з письмовим текстом або малюнками;
- плівка з магнітофонним записом;
- флешка з цифровим записом;
- коливання струму, напруги або інших електричних величин;
- механічні коливання середовища (повітря, води тощо);
- електромагнітні хвилі.

Наприклад, у разі використання служби передавання коротких текстових повідомлень (SMS) повідомленням є деякий текст, що становить собою набір відповідних символів.

Під час розмови повідомлення являє собою механічні коливання голосових зв'язок людини з різною частотою та інтенсивністю.

В телевізійних чорно-білих системах повідомлення являє собою зміну в часі яскравості елементів зображення. При кольорових телевізійних передачах повідомлення представляється також зміною й кольору елементів зображення.

Для передавання різноманітних повідомлень на відстані використовують фізичні процеси, здатні долати з деякою швидкістю відстані між джерелом та одержувачем. Такими процесами можуть бути звукові або електромагнітні хвилі, електричний струм.

Сигнали являють собою деякі фізичні величини або властивості фізичного середовища, що змінюються в часі. У сучасній техніці знайшли застосування електричні, електромагнітні, світлові, механічні, звукові сигнали. У теорії електричного зв'язку сигнал - це електричний струм, напруга або напруженість електричного поля, яким представлено повідомлення, що передається. Саме ці параметри в електричних сигналах є інформаційними аналогічно інформаційним параметрам повідомлень. У якості сигналів в даний час в основному використовуються електричні і оптичні сигнали. В електроніці сигналом може бути все - від комп'ютерних цифрових імпульсів і до імпульсів, модульованих радіохвилями ультракороткохвильового діапазону (УКХ-діапазону). Сигнал передає (розгортає) повідомлення в часі, тобто завжди є функцією часу. Сигнали формуються шляхом зміни тих чи інших параметрів фізичного носія відповідно до переданого повідомлення.

Для передачі повідомлень потрібно застосувати той переносник, який здатний найкращим чином подолати відстань від джерела до споживача. У системах електрозв'язку в якості переносника повідомлень на відстань зазвичай використовується

змінний електричний струм, електромагнітне поле, світлові хвилі. Це не випадково, оскільки:

- швидкість поширення в просторі цих переносників наближається до граничної швидкості розповсюдження будь-яких фізичних процесів, що дорівнює швидкості світла у вакуумі - $3 \cdot 10^8$ м/с;

- за допомогою цих переносників можна передавати величезну кількість інформації.

Як сигнал можна використовувати будь-який фізичний процес, що змінюється відповідно до повідомлення. У сучасних системах передавання інформації найчастіше використовують електричні або радіосигнали. Фізичною величиною, що визначає такий сигнал, є струм або напруга. Таким чином, у процесі передавання повідомлення різної фізичної природи, як правило, представляються у вигляді **електричних сигналів**.

Повідомлення можуть бути функціями часу, наприклад мова при передачі телефонних розмов, температура або тиск при передачі телеметричних даних, вистава під час передачі по телебаченню тощо. В інших випадках повідомлення не є функцією часу (наприклад, текст телеграми, нерухоме зображення тощо).

Сигнал передає повідомлення в часі. Отже, він завжди є функцією часу, навіть якщо повідомлення (наприклад, нерухоме зображення) таким не є.

Сигнали, що підлягають передаванню формуються шляхом зміни тих чи інших параметрів фізичного носія (амплітуди, фази, частоти, тривалості) відповідно до переданого повідомлення. Закон зміни цих параметрів визначається змістом повідомлення.

Такий процес зміни параметрів носія за законом повідомлення називається **модуляцією**.

При цьому використовується напруга, струм, напруженість електромагнітного поля. Наприклад, сигнал на виході мікрофона, який забезпечує перетворення акустичних коливань в електричну напругу. Такого роду сигнал прийнято називати **первинним електричним сигналом**, або просто первинним сигналом. Саме ці

параметри в електричних сигналах є інформаційними аналогічно інформаційним параметрам повідомлень.

Одне і те ж повідомлення може передаватися за допомогою різних носіїв. При цьому може бути різною як фізична природа носіїв, так і застосований вид модуляції. Однак, зміст повідомлення в будь-якому випадку залишається незмінним. Таким чином, зміст інформації, що передається, визначається не типом носія або видом модуляції, а тільки законом модуляції.

Сигнал має **інформативний параметр**, що функціонально пов'язаний з фізичною величиною (напруга, струм, тиск тощо), яка відображає повідомлення, що передається. Параметри сигналу, не пов'язані з повідомленням, є **неінформативними параметрами**.

Отже, **інформаційні параметри сигналів** – це такі параметри, у зміні яких закладені відповідні повідомлення. Закон зміни інформаційного параметра сигналу відповідає закону зміни інформаційного параметра повідомлення.

В системах електрозв'язку переносником інформації є електричний сигнал. Вибір електричних сигналів для перенесення повідомлення на відстань пояснюється тим, що швидкість їх поширення близька до швидкості світла.

Інформативними параметрами електричного сигналу є миттєві значення величин: постійних струмів і напруги, амплітудні, середні або середні квадратичні значення змінних струмів і напруги, а також їх частота, фаза тощо.

Щоб забезпечити високу якість передавання інформації, сигнали необхідно перетворювати з одного виду в інший. Застосування того чи іншого виду сигналу залежить від багатьох чинників: необхідної точності, швидкодії, діапазону тощо.

4.9. Класифікація сигналів електрозв'язку

Сигнал – поняття досить широке. Під сигналом розуміють процес зміни в часі фізичного явища або стану будь-якого технічного об'єкта. Сигнали служать для відображення, реєстрації й

передавання повідомлень. Спільним для сигналів є те, що в них міститься інформація. Будемо вважати, що сигнал – це електрична напруга або струм.

Найбільш природною математичною моделлю сигналу є функція часу $s(t)$. Така функція часу встановлює відповідність між будь-яким моментом часу t і величиною $s(t)$. Розглядаючи математичні моделі сигналів, ми абстрагуємося від конкретної фізичної природи сигналу (напруга, струм, напруженість електромагнітного поля тощо), вважаючи, що функція $s(t)$ повністю відбиває суттєві властивості сигналу.

Класифікація сигналів здійснюється за різними ознаками.

1. За способом задавання сигнали поділяються на детерміновані та випадкові.

Детермінований сигнал (повністю відомий) — це сигнал, значення якого можна передбачити в будь-який момент часу. Детермінованими (регулярними) називають такі процеси $s(t)$, перебіг яких в часі можна повністю визначити наперед [$s(t) = at$, $s(t) = at^2$, $s(t) = A\cos(\omega t + \varphi)$]. Інакше кажучи, для будь-якого наперед заданого моменту часу t можна однозначно визначити значення функції $s(t)$.

Випадковий сигнал — це сигнал, який приймає випадкові значення.

Ці два класи сигналів суттєво відрізняються математичним апаратом, що використовується для опису таких сигналів, їхніх характеристик і перетворень.

Математичним виразом **детермінованого** сигналу є цілком певна функція часу, задана формулою, графіком чи таблицею значень. Наприклад, $s(t) = A_0 \cos(2\pi f_0 t + \varphi_0)$, де A_0 , f_0 і φ_0 – амплітуда, частота і початкова фаза колювання (тобто певні числа) (рис. 4.3,а). З цього опису значення $s(t)$ відомі у будь-який момент часу.

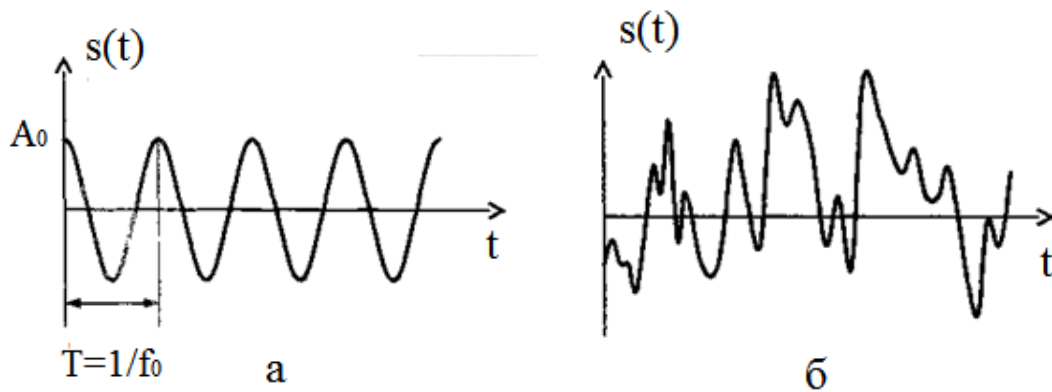


Рис. 4.3. Детермінований (а) та випадковий (б) сигнали

Математичним представленням **випадкового** сигналу є випадкова функція часу, її значення не можуть бути точно передбачені заздалегідь (рис. 4.3,б). Випадкова функція часу (випадковий процес) описується статистичними характеристиками, що характеризують ті чи інші властивості цієї функції у середньому.

2. За характером зміни сигналу (інформативного параметра) з часом, тобто в залежності від того, які значення сигналу s і значення змінної t можливі, розрізняють неперервні, дискретні, квантовані та цифрові сигнали.

а. Сигнал $s(t)$ називається неперервним (або аналоговим) (рис. 4.4), якщо множина значень t неперервна, тобто аргумент набуває будь-якого значення в інтервалі існування сигналу.

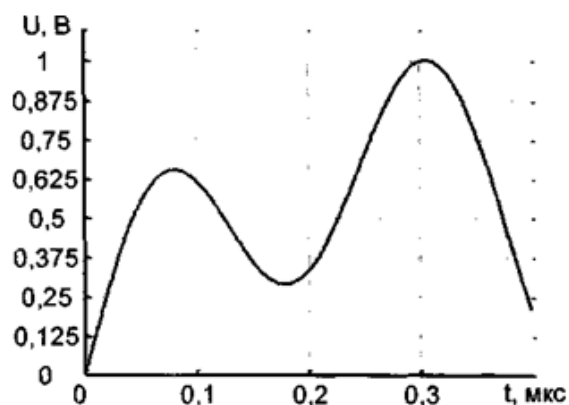


Рис. 4.4. Графічне представлення аналогового сигналу

Неперервний сигнал – це сигнал, що неперервно змінюється за амплітудою (інформативним параметром) і у часі (напруга, струм

чи температура, що плавно змінюються). Людина звикла мати справу з аналоговими повідомленнями, які подаються за допомогою аналогових сигналів.

Такі сигнали визначаються у будь-який момент часу і можуть мати довільне значення у певному діапазоні значень. Прикладом таких сигналів є змінні, зокрема синусоїдальні (гармонічні) струми і напруги. Для гармонічних сигналів в якості інформативних параметрів використовуються амплітуда, частота, фаза.

Більшість сигналів мають аналогову природу, тобто змінюються неперервно в часі і можуть приймати будь-які значення на деякому інтервалі. Наприклад, в процесі телефонного зв'язку спочатку акустичний сигнал від людини, яка говорить, перетворюється в аналоговий електричний, який потім у слухавці знову перетворюється в акустичний.

Аналогові сигнали описуються деякою математичною функцією часу.

б. Дискретний сигнал (рис. 4.5), – це сигнал, який визначений тільки в окремі моменти часу (ці моменти називаються відліками), які слідують з інтервалом Δt . Інтервал часу між сусідніми значеннями дискретного сигналу називається **інтервалом** або періодом **дискретизації**. Величина обернена до інтервалу дискретизації називається **частотою дискретизації**. Якщо інтервали часу між миттєвими значеннями сигналу однакові, така дискретизація є рівномірною, якщо неоднакові, – нерівномірною.

Іншими словами, сигнал $s(t)$ називається дискретним, якщо множина значень t , в які сигнал заданий, скінчена або значення t можна пронумерувати(рис. 4.5).

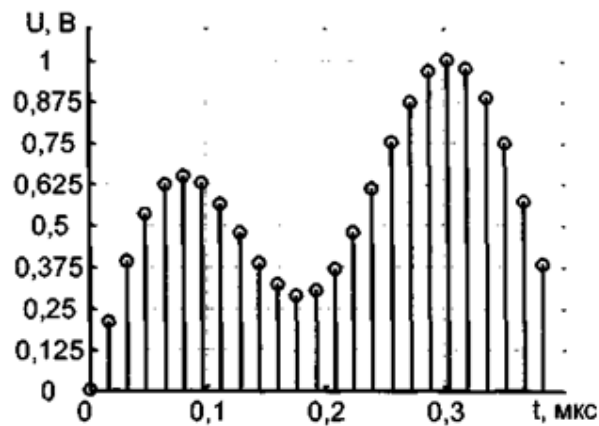


Рис. 4.5. Дискретний сигнал

Дискретні сигнали є протилежністю аналоговому сигналу. Вони неперервні за інформативним параметром і дискретні за часом.

Обчислювальна техніка працює переважно із цифровими даними, що подаються за допомогою дискретних сигналів.

До цифрових пристроїв належать персональні комп'ютери – за їх допомогою опрацьовуються записи, що подаються в цифровій формі, через дискретні сигнали. Цифровими також є музичні програвачі лазерних компакт-дисків, тому музичні записи на компакт-дисках можна відтворити на комп'ютері.

Дискретні за часом сигнали зручно обробляти сучасними вимірювальними пристроями та іншими пристроями для обробки інформації, тому аналогові сигнали досліджуваних об'єктів здебільшого перетворюють у дискретні сигнали. Перетворення неперервного (аналогового) сигналу у дискретний називається **дискретизацією сигналу**.

Може змінюватися інформаційний характер сигналу: неперервний сигнал стає дискретним чи навпаки. Перетворення аналогового повідомлення на цифрове – наприклад, введення результатів вимірювання неперервних величин у комп'ютер, і навпаки в техніці здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв, що мають назви **аналого-цифрових і цифро-аналогових перетворювачів**. Прикладом такого перетворювача є **модем**, за допомогою якого здійснюється **модуляція** — тобто перетворення

дискретного сигналу в аналоговий, і зворотне перетворення — демодуляція.

в. Сигнал $s(t)$ називається **квантованим**, якщо значення s набувають скінченного числа значень. На рис. 4.6 показаний квантований неперервний сигнал. Такий сигнал є результатом дискретизації за рівнем неперервного сигналу.



Рис. 4.6. Квантований сигнал

Такі сигнали є неперервними за часом і дискретними (квантованими) за інформативним параметром. Інформативний параметр може мати не всі значення, а тільки певну кількість дозволених значень (рівнів). Перетворення неперервних сигналів у квантовані називається **квантуванням сигналу**, а інтервал між двома сусідніми дозволеними рівнями — **квантом**. Якщо інтервали між сусідніми дозволеними рівнями однакові, таке квантування є рівномірним, якщо неоднакові — нерівномірним. Приклад квантованого за рівнем сигналу наведений на рис. 4.7

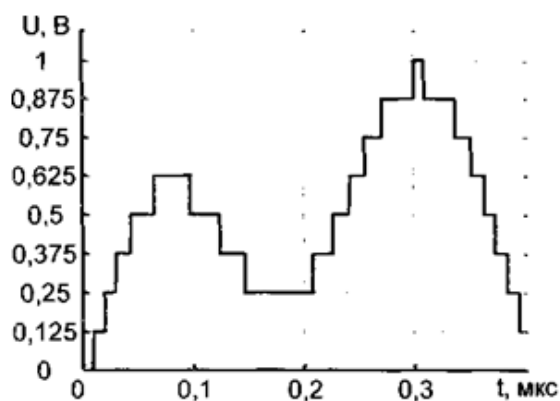


Рис. 4.7. Графічне представлення квантованого за рівнем сигналу

г. Сигнал $s(t)$ називається **цифровим** (рис. 4.8), якщо він є і дискретним, і квантованим.

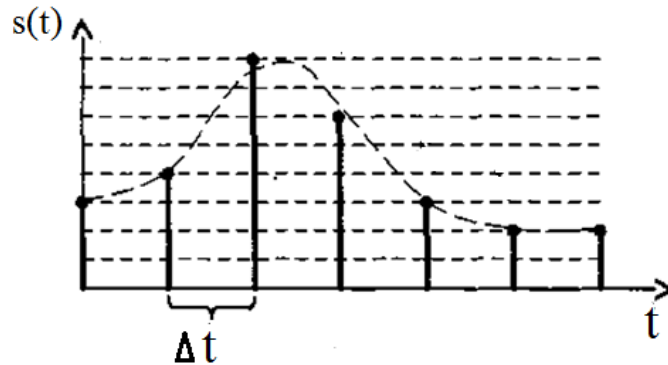


Рис. 4.8. Цифровий сигнал

Отже, **цифрові сигнали** – це **сигнали, дискретизовані за часом і квантовані за рівнем**, це сигнали, які визначені в певні моменти часу і можуть мати тільки певні дозволені рівні (рис. 4.9).

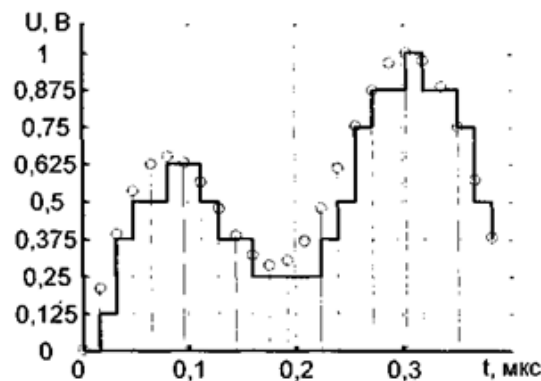


Рис. 4.9. Графічне представлення сигналу, дискретизованого за часом та квантованого за рівнем

Саме такі сигнали використовуються в сучасних інформаційних технологіях і обробляються сучасними комп'ютерними та мікропроцесорними засобами.

3. Сигнали поділяються також на первинні і вторинні.

Первинний сигнал – це представлення повідомлення неелектричної природи електричним сигналом, а саме: якщо повідомлення дискретне, то первинним сигналом є цифровий

сигнал, якщо повідомлення неперервне, то первинний сигнал – неперервний, а його значення пропорційні значенням повідомлення.

На рис. 4.4 показано саме первинний неперервний сигнал. Такий вид мають первинні сигнали у випадку телефонного зв'язку та звукового мовлення, при передаванні сигналів яскравості в телебаченні тощо. Неперервні первинні сигнали називають аналоговими щоб підкреслити, що сигнали аналогічні тим фізичним процесам, що відображаються цими сигналами.

Для передавання каналами зв'язку первинний сигнал необхідно попередньо перетворити у модульований сигнал (відеосигнал, радіосигнал, звуковий сигнал, оптичний сигнал), в якому фізична величина змінюється відповідно до закону зміни повідомлення і, таким чином, його відображає. Такий сигнал називається **вторинним сигналом**.

4. За характером зміни сигналу з часом їх поділяють на періодичні і неперіодичні.

Періодичним називається сигнал, значення якого повторюються через певні рівні проміжки часу, що називаються періодом повторення сигналу, або просто **періодом**. Для неперіодичного сигналу ця умова не виконується.

Найпростішим періодичним неперервним сигналом є гармонічне коливання (рис. 4.4):

$$s(t) = A_0 \cos(\omega t + \varphi)$$

де A_0 , ω і φ - амплітуда, кутова частота і початкова фаза коливання.

Графік дискретного періодичного сигналу наведений на рис.4.10.

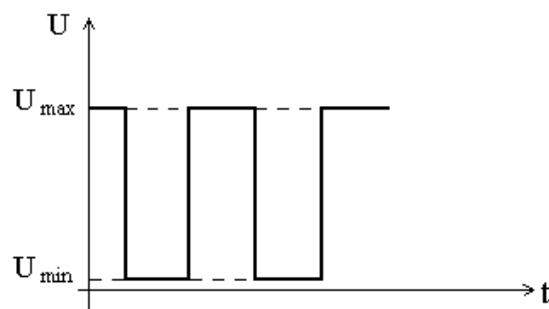


Рис. 4.10. Дискретний періодичний сигнал (послідовність прямокутних імпульсів)

4.10. Етапи розвитку телекомунікацій

Розвиток телекомунікацій нероздільно пов'язаний з розвитком засобів зв'язку. Технологічні основи нинішніх систем телекомунікацій було закладено ще у ХІХ столітті.



Рис. 4.11. Барон Павло Львович Шилінг фон Канштадт (1786-1837).

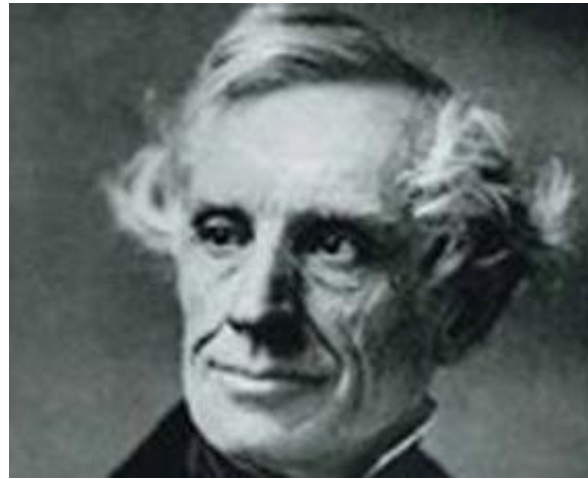


Рис. 4.12. Самюель Морзе (1791-1872).

Створення першої телекомунікаційної системи можна віднести до 1832 року, коли російський винахідник П. Л. Шилінг (рис. 4.11) створив перший електромагнітний телеграф (відстань між двома апаратами в першій продемонстрованій установці становила 100 м). Для створення телеграфного коду, що давав би змогу здійснювати одноразову передачу кожної букви за найменшої кількості робочих знаків, П. Л. Шилінг використав принцип китайських гексаграм, які складаються з шести ліній двох типів – неперервних і переривчастих.

У 1837 році американець Самюель Морзе (рис. 4.12) розробив перший, придатний до практичного використання, електромагнітний телеграф (сигнал був посланий по дроту завдовжки 1700 футів). Через рік Морзе створив також свою знамениту азбуку (сучасний варіант азбуки Морзе – International Morse, яким нині користуються моряки, був затверджений 1939 року

і дещо відрізняється від оригіналу).

У 1876 році Олександр Грехем Белл (1847–1922) (рис. 4.13), професор фізіології органів мови Бостонського університету, запатентував у США свій винахід – телефон.

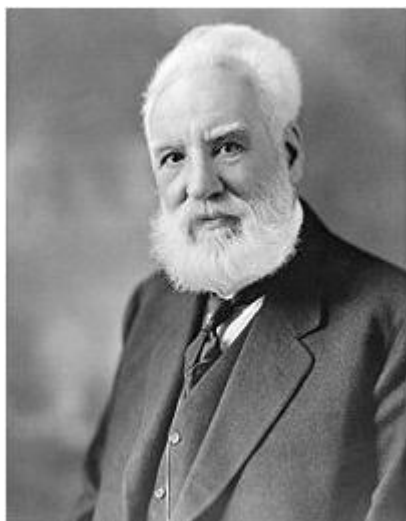


Рис. 4.13. Олександр
Грехем Белл
(1847-1922).



Рис. 4.14. Олександр
Степанович Попов
(1859-1906).

Ще однією віхою в історії телекомунікацій називають 7 травня 1895 року, коли російський фізик і електротехнік О. С. Попов (рис. 4.14) на засіданні російського фізико-хімічного товариства в Петербурзі продемонстрував дію створеного ним радіоприймача, використовуючи як джерело електромагнітного випромінювання вібратор Герца. 1897 року Попов почав працювати над створенням бездротового телеграфування і передав на відстань близько 200 м свою першу радіограму, що складалася з одного слова «Герц». Влітку 1897 року дальність радіозв'язку сягала 5 км. І лише в 1901 році відстань радіопередачі вдалося продовжити до 150 км.

Винайдення й удосконалення системи радіозв'язку спричинили створення у подальшому радіотелеграфу, радіомовлення і навіть радіотелефону.

У ХХ столітті з появою перших комп'ютерів та мереж зв'язку розвиток телекомунікацій відбувався двома шляхами:

вдосконалення засобів зв'язку; обчислювальної техніки. В останні два десятиліття намітилося злиття цих шляхів. Будь-яка сучасна телекомунікаційна система поєднує в собі як засоби зв'язку, так і обчислювальну техніку.

Можна виділити такі п'ять етапів розвитку телекомунікацій (а відповідно і п'ять типів телекомунікаційних систем):

1. З 1832 р. – створення і розвиток телефону і телеграфу – кабельні телекомунікаційні системи;

2. З 1895 р. – поява радіо і телебачення – радіохвильові телекомунікаційні системи;

3. З 1957 р. – використання супутників для передавання інформації – супутникові телекомунікаційні системи;

4. З 1968 р. – поява комп'ютерних мереж – комп'ютерні телекомунікаційні системи;

5. 80-ті роки ХХ століття – злиття засобів зв'язку і обчислювальної техніки – інтегровані телекомунікаційні системи.

4.11. Стандартизація в галузі телекомунікацій

Історія розвитку телекомунікацій привела до необхідності вироблення міжнародних стандартів у цій галузі. Створення телекомунікаційних мереж здійснювалось різними способами, а обладнання, яке випускалося різними фірмами, могло бути несумісним одне з одним. При об'єднанні окремих локальних мереж у глобальні системи виникали проблеми. Ці та низка інших факторів зумовили необхідність розробки та дотримання певних стандартів.

Роботи зі стандартизації почалися в 70-х роках ХХ століття. Існують міжнародні і національні організації, що займаються стандартизацією телекомунікацій. Серед них головними міжнародними є такі:

1. Міжнародна організація зі стандартизації (МОС або ISO – International Organization for Standardization) являє собою асоціацію провідних національних організацій різних країн зі стандартизації. Основним досягненням ISO стала модель взаємодії відкритих систем

OSI, яка на сьогодні є концептуальною основою стандартизації в галузі інформаційних і телекомунікаційних мереж. Участь у ній є добровільною. До МОС входять національні організації зі стандартизації від кожної країни-члена, представництво знаходиться в Женеві (Швейцарія). Організація пов'язана з комітетами користувачів і виробників.

2. Міжнародний союз електрозв'язку (МСЕ) або International Telecommunications Union (ITU). Міжнародний союз електрозв'язку визначає політику стандартизації й регламентації в цій сфері телекомунікацій. Це спеціалізований орган Організації Об'єднаних Націй. У ньому представлені телекомунікаційні компанії і відомства;

3. Міжнародна електротехнічна комісія (ІЕС – The International Electrotechnical Commission).

4. Європейський інститут стандартів у галузі телекомунікацій (ETSI – European Telecommunications Standards Institute) – безприбуткова організація, основним завданням якої є розробка телекомунікаційних стандартів, призначених для використання протягом найближчих десятиліть. До неї входить близько семисот членів з півсотні країн, що представляють адміністрації, операторів мереж, виробників приладів, провайдерів і користувачів. Будь-яка європейська організація, що виявляє інтерес до просування європейських телекомунікаційних стандартів, має право представляти свої інтереси в ETSI і в такий спосіб впливати на процес розробки стандартів у відповідності до потреб ринку.

5. Європейська асоціація виробників комп'ютерів (ЕСМА – The European Computer Manufacturers Association) – займається розробленням стандартів комп'ютерних і комунікаційних технологій. Некомерційна, співпрацює з МОС і МСЕ.

Серед великих національних організацій зі стандартизації можна назвати:

1. Американський національний інститут стандартів (ANSI – American National Standards Institute) – член МОС від США. Комітети ANSI займаються розробкою стандартів у галузі передачі даних у межах моделі OSI та в галузі шифрування інформації і управлінських систем.

2. Інститут інженерів з електротехніки і радіоелектроніки США (IEEE – Institute of Electronic and Electrical Engineers) – національна організація США, що визначає мережні стандарти. Професійна організація, що має філії по всьому світу. Працює над стандартизацією локальних мереж та інших систем.

3. Американська асоціація електронної промисловості (EIA – Electronic Industries Association) – промислово-торговельна група виробників електронного і мережного обладнання; є національною комерційною асоціацією США; проявляє значну активність у розробці стандартів і основних мережних компонентів (проводів, конекторів та ін.). Взаємодіє з ANSI, найбільш відомий стандарт – RS-232-C.

4. Міністерство оборони США (Department of Defense, DoD) має численні підрозділи, які займаються створенням стандартів для комп'ютерних систем. Однією з найвідоміших розробок DoD є стек транспортних протоколів TCP/IP.

В Україні функції забезпечення державної політики в галузі зв'язку, розподілу і використання радіочастотного ресурсу та у сфері інформатизації покладені на Державний комітет зв'язку та інформатизації. Він є також представником країни у багатьох міжнародних організаціях зі стандартизації.

Стандарти найчастіше позначаються аббревіатурою організації, яка його видала, і номером. Наприклад, IEEE.802. Лише ITU розробляє стандарти за рубриками, у яких для позначення використовуються букви.

Для телекомунікацій найчастіше використовують стандарти таких рубрик:

D – тарифи за послуги електрозв'язку;

F – загальна експлуатація в телеграфних і телематичних службах, службах передачі даних і телеконференціях;

I – цифрова мережа з інтеграцією служб;

T – телематичне кінцеве обладнання;

V – передача даних телефонними каналами; X – мережі передачі даних;

Z – формальні мови для електрозв'язку.

Отже, стандарт може позначатися буквою рубрики і цифрою, наприклад, X.25.

Міжнародна спілка з електрозв'язку приблизно один раз у чотири роки проводить наради, на яких уточнюються і затверджуються стандарти та рекомендації на наступні чотири роки. Рекомендовані стандарти друкуються в серійному випуску.

Стандарти міжнародних організацій мають рекомендований характер. Вони показують, у який спосіб має здійснюватися обмін інформацією або за яких умов.

На основі міжнародних стандартів розробляються національні, які можуть мати конкретніший характер. Ці стандарти покладено в основу розроблення технічних засобів і програмного забезпечення. Дуже часто як міжнародні беруться стандарти окремих організацій (зокрема, стандарти IEEE).

4.12. Сучасні види телекомунікацій

Різні повідомлення, які передаються системами зв'язку, характеризуються різними параметрами. Саме тому і сигнали, які отримують в результаті перетворення повідомлень, також відрізняються за своїми параметрами і характером. Це означає, що для передачі різних повідомлень повинні використовуватися різні канали. Крім цього, при організації передачі різних видів повідомлень висуваються різні вимоги до якості такого зв'язку. Всі ці обставини привели до створення декількох видів телекомунікацій, які реалізуються відповідними технічними системами.

Державними стандартами визначені такі види електрозв'язку: телефонний, телеграфний, факсимільний, передача газет, передача даних, відеотелефонний зв'язок, телевізійне мовлення, звукове мовлення.

Аналогічно існуванню різних видів повідомлень всі види електрозв'язку умовно поділяють на чотири групи, які призначені:

1. для передачі повідомлень між ЕОМ;
2. для передачі нерухомих оптичних зображень;

3. для передачі рухомих оптичних зображень;
4. для передачі звукових повідомлень

Класифікація сучасних видів телекомунікацій наведена на рис. 4.15.

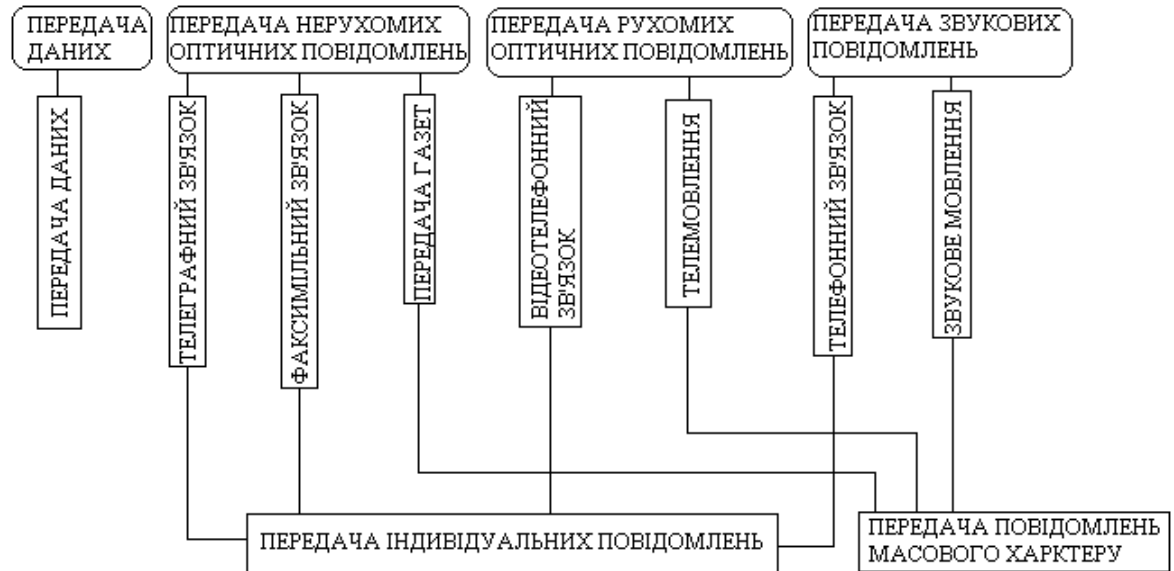


Рис. 4.15. Класифікація сучасних видів телекомунікацій

Наведемо характеристику кожному з них.

Передача даних забезпечує передачу дискретних повідомлень між ЕОМ. Найчастіше для цього застосовуються сигнали, які мають два рівні – низький і високий. Такі сигнали отримали назву цифрових або двійкових.

Телеграфний зв'язок – один із видів документального зв'язку і також передбачає використання дискретних сигналів. Особливістю такого зв'язку є наявність в системі передачі кодування, при якому певні цифри, літери або символи згідно з прийнятим кодом замінюються відповідними комбінаціями електричних імпульсів. Телеграфний зв'язок здійснюється в межах окремої телеграфної мережі.

Факсимільний зв'язок забезпечує передачу нерухомих зображень і також відноситься до документальних видів електрозв'язку. Особливістю факсимільного зв'язку є те, що в процесі перетворення зображення в електричний сигнал параметри

цього електричного сигналу дозволяють передавати факсимільний сигнал каналами телефонного зв'язку.

Передача газет – окремий вид факсимільного зв'язку, але здійснюється за допомогою каналів, які забезпечують більшу якість і більшу швидкість передачі таких повідомлень. Для здійснення передачі газет використовується оригінальне кінцеве обладнання.

Відеотелефонний зв'язок забезпечує передачу одночасно звукових і оптичних повідомлень. Найширше застосування поступово знаходить у системах мобільного зв'язку. Для його організації необхідно мати широкосмугові канали і відповідну будову абонентських пристроїв.

Телевізійне мовлення – вид зв'язку, при якому існує одне джерело, передавач і дуже велика кількість споживачів інформації. Це приклад односторонньої системи передачі інформації. Для передачі рухомих зображень канал повинен бути широкосмуговим. В цьому виді електрозв'язку, крім рухомих оптичних зображень, передаються також звукові повідомлення.

Телефонний зв'язок призначений для передачі звукових повідомлень, які згідно з рекомендаціями МККТТ, правонаступником якого з 1993 року є спеціалізований орган ООН – Телекомунікаційний сектор стандартизації Міжнародної спілки електрозв'язку (МСЕ-Т), – займають спектр частот шириною 0,3...3,4 кГц. Такий діапазон частот виявляється достатнім для збереження відмінних особливостей мови абонентів, її розбірливості і одночасно дозволяє звести до мінімуму використання частотного ресурсу. Для організації телефонного зв'язку використовують найбільш розгалужені телефонні мережі, які протягом останніх десятиліть інтенсивно доповнюються мережами зв'язку з рухомими об'єктами.

Звукове мовлення – вид зв'язку, при якому забезпечується передача звукових повідомлень до великої кількості споживачів від одного передавача. Для здійснення такого виду зв'язку використовується смуга частот, яка є ширшою за смугу частот для передачі телефонних повідомлень.

Необхідно відзначити, що всі види електрозв'язку не конкурують між собою, а доповнюють один одного, задовольняючи різні потреби людини в передачі повідомлень.

РОЗДІЛ 5. МОДУЛЯЦІЯ СИГНАЛІВ

5.1. Загальні відомості про модуляцію

Електричні сигнали, що несуть інформацію, наприклад, про людську мову, видиме зображення тощо, мають такий спектральний склад, який ускладнює їх безпосереднє використання в радіозв'язку.

По-перше, для ефективного випромінювання і прийому коливань з таким спектром потрібні антени дуже великих розмірів.

По-друге, оскільки сигнали від одного типу джерел мають приблизно однаковий спектр, то, при одночасному випромінюванні сигналів однакового спектрального складу від декількох джерел, на приймальному кінці буде неможливо виділити сигнал від потрібного нам джерела. Ситуація в радіоефірі в цьому випадку буде нагадувати галас на ринковій площі в базарний день.

Для того, щоб передати сигнал в системі електрозв'язку, потрібно скористатися будь-яким переносником. У якості переносника використовують ті матеріальні об'єкти, які мають властивість переміщатися в просторі, наприклад електромагнітне поле в проводах (проводовий зв'язок), у відкритому просторі (радіозв'язок), світловий промінь (оптичний зв'язок).

Кращі характеристики при поширенні радіохвиль мають коливання з більш високою частотою. Ці коливання і використовують для перенесення інформації. Їх так і називають **несучими** коливаннями. Однак самі несучі коливання є періодичними і не містять інформації, а тільки її переносять.

Для того, щоб несуче коливання відображало інформацію, що передається, потрібно один або кілька параметрів несучого коливання зв'язати з повідомленням, яке передається. Іншими словами, інформація, що передається по каналах зв'язку, закладається в один або ряд параметрів несучого коливання.

Процес зміни будь-якого з параметрів несучого коливання за законом переданого повідомлення називається **модуляцією**. Це

процес, який відбувається з метою перенесення основного сигналу в спектр високочастотних коливань.

Модуляція - це процес зміни параметрів носія інформації.

Сигнал, що отримується в процесі модуляції, називають **модульованим коливанням**, або **радіосигналом**.

Таким чином, в пункті передачі первинний сигнал необхідно перетворити в сигнал, зручний для його передачі у відповідному середовищі розповсюдження, але наділений в той же час ознаками первинного сигналу. В пункті прийому виконується зворотне перетворення.

В окремих випадках повідомлення низької частоти можна передавати і безпосередньо без використання переносника високої частоти, тобто без модуляції (наприклад, як в міському телефонному зв'язку).

В результаті модуляції сигнали переносяться в область більш високих частот.

Використання модуляції розширює можливості передачі повідомлень і дозволяє:

1. збільшити кількість повідомлень, які можуть передаватись по одній лінії зв'язку шляхом використання частотного розділення сигналів і несучих частот;
2. підвищити достовірність сигналів, що передаються, при використанні завадостійких типів модуляції;
3. підвищити ефективність випромінювання сигналу при передачі по радіоканалу;
4. узгодити параметри сигналу з параметрами лінії;
5. підвищити перешкодостійкість сигналів;
6. збільшити дальність передачі сигналів;
7. організувати багатоканальні системи передачі з частотним поділом каналів.

Модуляція здійснюється в пристроях – **модуляторах**. Умовне графічне позначення модулятора наведено на рис.5.1.

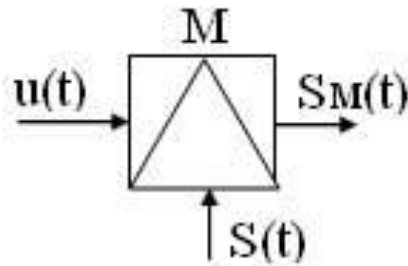


Рис. 5.1. Умовне графічне позначення модулятора

При модуляції на вхід модулятора подаються сигнали:

$u(t)$ – модулючий, даний сигнал є інформаційним і низькочастотним;

$S(t)$ – сигнал, який потрібно модулювати (несучий), даний сигнал є неінформаційним і високочастотним;

$S_M(t)$ – модульований сигнал, даний сигнал є інформаційним і високочастотним.

Для того, щоб на приймальному кінці можна було розділити сигнали від різних джерел, використовують будь-яку відмітну ознаку несучого коливання. Найбільш часто в якості такої відмітної ознаки є частота несучого коливання. У такому випадку говорять про частотний поділ сигналів. На приймальному кінці встановлюється пристрій, що реагує тільки на сигнал із заздалегідь визначеною відмітною ознакою.

При частотному поділі сигналів в якості детектора відмітної ознаки використовують частотні фільтри, налаштовані на частоту обраного несучого коливання. На вихід такого фільтра проходить сигнал тільки з обраною несучою частотою, незважаючи на те, що на вхід фільтра надходять всі сигнали, наведені в приймальні антени. У техніці зв'язку можуть бути використані сигнали і з іншими відмітними ознаками.

Після вибору несучого коливання з обраною відмітною ознакою виділяють інформацію, закладену в модуляції будь-якого з параметрів вибраного несучого коливання. На цьому етапі обробки сигналу виконують операції, зворотні операціям модуляції, що

виконуються при передачі сигналу. Даний етап перетворень сигналів називають **демодуляцією**.

Демодуляція — це процес, зворотний модуляції коливань, це процес виділення інформаційного (модуючого) сигналу з модульованого коливання високої (несучої) частоти.

Перетворювач, за допомогою якого здійснюється процес демодуляції, називається **демодулятором**.

Пристрій, який одночасно виконує обидві операції, називається **модемом** (модулятор-демодулятор).

5.2. Види модуляції та їх класифікація

В якості несучого коливання може використовуватися:

- гармонійне коливання, при цьому модуляція називається **аналоговою або неперервною**;
- періодична послідовність імпульсів, при цьому модуляція називається **імпульсною**;
- постійний струм, при цьому модуляція називається **шумоподібною**.

Найчастіше в якості несучого коливання використовують **гармонійне коливання**.

Залежно від того, який з параметрів несучого коливання - амплітуда, частота або фаза змінюється за законом переданого повідомлення, розрізняють наступні види модуляції:

1. Види аналогової модуляції:

- амплітудна модуляція (АМ) – відбувається зміна амплітуди несучого коливання;
- частотна модуляція (ЧМ) – відбувається зміна частоти несучого коливання;
- фазова модуляція (ФМ) – відбувається зміна фази несучого коливання.

На рис.5.2. наведені графіки амплітудної та частотної модуляції сигналів.

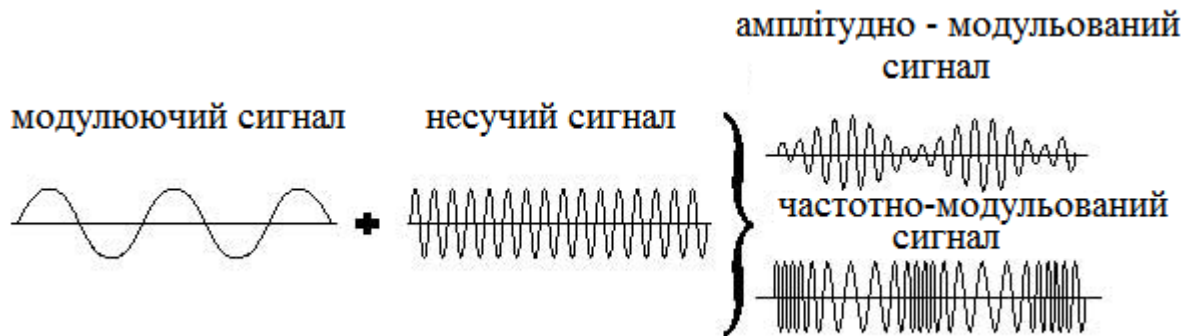


Рис. 5.2. Графіки амплітудної та частотної модуляція сигналів

2. Якщо в якості несучого коливання використовують **послідовність імпульсів**, то в результаті модуляції змінюють параметри послідовності імпульсів: амплітуду, часове положення, тривалість імпульсу. Відповідно розрізняють наступні **види імпульсної модуляції**:

- амплітудно-імпульсна модуляція (АІМ) – відбувається зміна амплітуди імпульсів несучого сигналу;
- частотно-імпульсна модуляція (ЧІМ) – відбувається зміна частоти слідування імпульсів несучого сигналу;
- фазо-імпульсна модуляція (ФІМ) – відбувається зміна фази імпульсів несучого сигналу;
- широтно-імпульсна модуляція (ШІМ) – відбувається зміна тривалості імпульсів несучого сигналу.

Якщо в результаті модуляції формують **код**, що відповідає будь-якому з цих параметрів, і представляють його набором імпульсів, то такий вид модуляції називають **імпульсно-ковою модуляцією**.

Імпульсно-кодова модуляція (ІКМ) – це спосіб передачі, при якому аналоговий сигнал, наприклад голос, перетворюється в цифровий сигнал шляхом дискретизації амплітуди сигналу і виразом амплітуд в двійковій системі. Частота дискретизації повинна бути як мінімум удвічі вище максимальної частоти в спектрі сигналу.

5.3. Фізичні принципи модуляції

Загальний принцип модуляції полягає в зміні одного або декількох параметрів несучого коливання (електромагнітного коливання) відповідно до повідомлення, що передається. Так, якщо в якості переносника вибрано гармонійне коливання $f(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \varphi)$, то можна утворити три види модуляції: амплітудну (АМ), частотну (ЧМ) і фазову (ФМ).

1. Амплітудна модуляція (АМ).

В процесі амплітудної модуляції амплітуда U_0 несучого коливання $u(t) = U_0 \cos(\omega t + \varphi)$ перестає бути постійною і змінюється за законом переданого повідомлення. Амплітуда $U(t)$ несучого коливання може бути пов'язана з переданим повідомленням співвідношенням:

$$U(t) = U_0 + k_A \cdot e(t), \quad (5.1)$$

де U_0 - амплітуда несучого коливання у відсутності повідомлення (немодульоване коливання); $e(t)$ - функція, що залежить від часу, φ і яка відповідає переданому повідомленню (її називають модулюючим сигналом); k_A - коефіцієнт пропорційності, що відображає ступінь впливу модулюючого сигналу на величину зміни амплітуди результуючого сигналу (модульованого коливання).

Вираз для амплітудно-модульованого сигналу в загальному випадку має вигляд:

$$u_{AM}(t) = [U_0 + k_A \cdot e(t)] \cos(\omega_0 t + \varphi). \quad (5.2)$$

Найпростіший для аналізу випадок амплітудно-модульованого коливання отримується, якщо в якості модулюючого сигналу використовується гармонійне коливання (такий випадок називається тональною модуляцією):

$$e(t) = E \cos(\Omega t + \Theta), \quad (5.3)$$

де E - амплітуда, Ω - кутова частота; Θ - початкова фаза модулюючого сигналу.

Для спрощення аналізу будемо вважати початкові фази коливань рівними нулю, що не вплине на спільність висновків. Тоді для тональної амплітудної модуляції можна записати:

$$u_{AM}(t) = [U_0 + k_A E \cos(\Omega t + \Theta)] \cos \omega_0 t = U_0 [1 + M_A \cos \Omega t] \cos \omega_0 t, \quad (5.4)$$

де $M_A = \frac{E}{U_0}$ - коефіцієнт амплітудної модуляції (іноді кажуть - глибина амплітудної модуляції).

Для визначення спектру амплітудно-модульованого коливання виконаємо нескладні перетворення виразу (5.4):

$$u_{AM}(t) = U_0 \cos \omega_0 t + U_0 M_A \cos \Omega t \cos \omega_0 t = U_0 \cos \omega_0 t + \left(\frac{U_0 M_A}{2}\right) \cos(\omega_0 - \Omega)t + \left(\frac{U_0 M_A}{2}\right) \cos(\omega_0 + \Omega)t. \quad (5.5)$$

З аналізу виразу (5.5) випливає, що при амплітудній модуляції гармонійним коливанням спектр амплітудно-модульованого сигналу містить три гармонійні складові. Гармонійна складова з частотою ω_0 являє собою вихідну немодульовану несучу з частотою ω_0 і амплітудою U_0 .

Гармонійні складові з частотами, рівними $(\omega_0 - \Omega)$ і $(\omega_0 + \Omega)$ представляють собою продукт амплітудної модуляції і називаються, відповідно, нижньою і верхньою бічними складовими. Амплітуди бічних складових однакові, дорівнюють $\frac{U_0 M_A}{2}$ і розташовані симетрично щодо несучої частоти ω_0 на відстані, що дорівнює Ω . Таким чином, ширина смуги частот $\Delta\omega$, яку займає амплітудно-модульоване коливання при модуляції гармонійним сигналом з частотою Ω , дорівнює $\Delta\omega = 2\Omega$.

Графіки несучого коливання $u_0(t)$, модулюючого сигналу $e(t)$ і амплітудно-модульованого сигналу $u_{AM}(t)$ наведені на рис. 5.3.

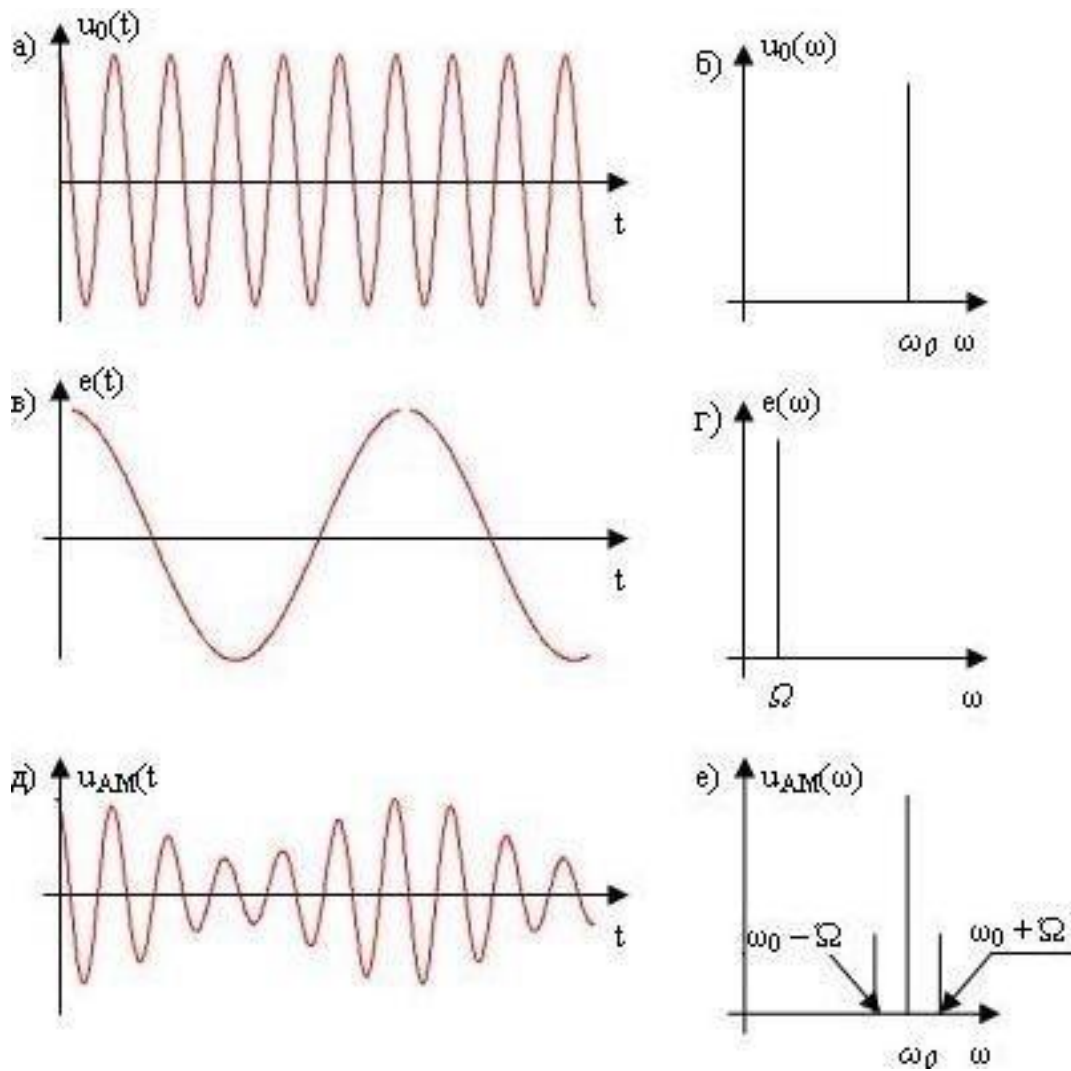


Рис. 5.3. Тональна амплітудна модуляція:

- а) несуче коливання і його спектр (б); в) модулюючий сигнал і його спектр (г); д) амплітудно-модульоване коливання і його спектр (е)

При відсутності модуляції ($M_A = 0$) амплітуди бічних складових дорівнюють нулю і спектр амплітудно-модульованого сигналу складається тільки з несучого коливання з частотою ω_0 .

При коефіцієнті амплітудної модуляції $M_A < 1$ амплітуда результуючого коливання змінюється від максимального значення $U_{\text{MAX}} = U_0(1 + M_A)$ до мінімального $U_{\text{MIN}} = U_0(1 - M_A)$.

Таким чином, коефіцієнт M_A амплітудної модуляції може бути визначений як

$$M_A = \frac{U_{\text{MAX}} - U_{\text{MIN}}}{U_{\text{MAX}} + U_{\text{MIN}}}. \quad (5.6)$$

При коефіцієнті амплітудної модуляції $M_A = 1$ виникають спотворення, які називаються **перемодуляцією**. Такі спотворення можуть призводити до втрати інформації і їх намагаються не допускати.

2. Частотна модуляція (ЧМ).

В даному випадку модулюється частота несучої хвилі в залежності від зміни амплітуди сигналу, що передається. Таким чином, сигнал модулює частоту несучої, а не її амплітуду. У короткохвильовому радіодіапазоні застосовується саме цей спосіб модуляції.

Якщо при амплітудній модуляції частота ω_0 і початкова фаза φ несучого коливання зберігаються незмінними, а за законом переданого повідомлення $e(t)$ змінюється амплітуда U_0 , то при кутовій модуляції амплітуда U_0 зберігається постійною, а змінюватися може частота або початкова фаза несучого коливання. Оскільки частота і початкова фаза є складовими узагальненого кута несучого коливання $[\omega(t) + \varphi(t)]$, то таку модуляцію називають **кутовою**. Залежно від того, який з параметрів узагальненого кута, частота $\omega(t)$ або початкова фаза $\varphi(t)$, несе інформацію про повідомлення $e(t)$, що передається розрізняють частотну або фазову модуляцію.

При частотній модуляції амплітуда несучого коливання U_0 зберігається постійною, а частота несучого коливання $\omega(t)$ визначається модулюючим сигналом $e(t)$ відповідно до виразу:

$$\omega(t) = \omega_0 + k_{\text{ЧМ}}e(t), \quad (5.7)$$

де $k_{\text{ЧМ}}$ – коефіцієнт пропорційності, що пов'язує відхилення $\Delta\omega_{\text{ЧМ}}$ частоти $\omega(t)$ від свого номінального значення ω_0 , яке дорівнює $\Delta\omega_{\text{ЧМ}} = \omega(t) - \omega_0$, і значення модулюючої напруги $e(t)$, що викликає це відхилення.

Максимальне відхилення частоти, зумовлене максимальною модулюючою напругою, називають **девіацією частоти**.

При модулюючому сигналі у вигляді гармонійної напруги

$$e(t) = E \cos(\Omega t + \Theta)$$

миттєве значення частоти частотно-модульованого коливання змінюється за законом

$$\omega(t) = \omega_0 + k_{\text{ЧМ}} E \cos(\Omega t + \Theta) \quad (5.8)$$

Часові діаграми несучого і модулюючого коливань, а також частотно-модульованого сигналу наведені на рис. 5.4.

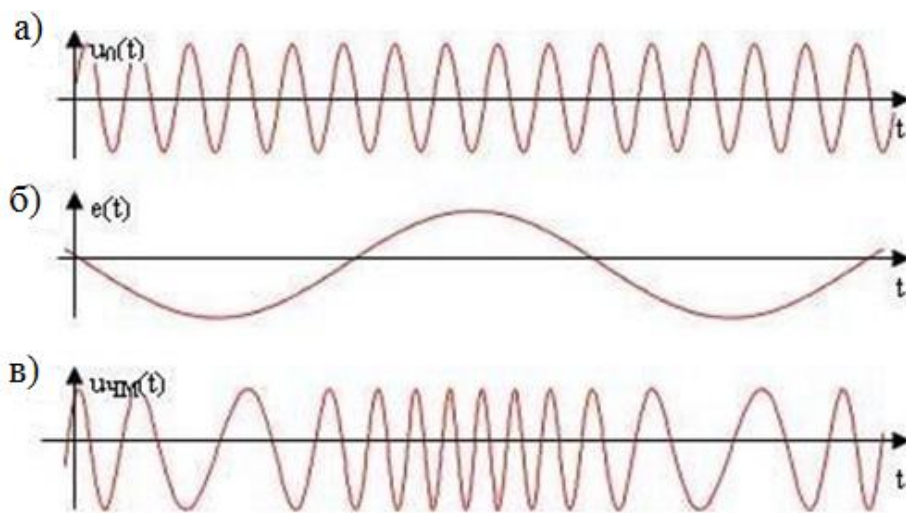


Рис. 5.4. Частотна модуляція:

- а) коливання з постійною частотою; б) модулюючий сигнал;
 в) частотно-модульоване коливання

Зв'язок між спектрами модулюючого і частотно-модульованого сигналу виражається не такими простими виразами, як при амплітудній модуляції, і визначається співвідношенням між відхиленням частоти результуючого частотно-модульованого коливання і швидкістю зміни цього відхилення частоти.

3. Фазова модуляція (ФМ)

При фазовій модуляції амплітуда несучого коливання U_0 зберігається постійною, а фаза несучого коливання $\varphi(t)$ пов'язана з модулюючою напругою $e(t)$ залежністю

$$\varphi(t) = \omega_0(t) + k_{\text{ФМ}}e(t) + \varphi_0, \quad (5.9)$$

де $k_{\text{ФМ}}$ - коефіцієнт пропорційності, який визначає зв'язок між модулюючою напругою $e(t)$ і додатковим приростом повної фази результуючого фазо-модульованого коливання.

При модуляції фази по гармонійному закону

$$e(t) = E \cos(\Omega t + \Theta)$$

повна фаза фазо-модульованого коливання приймає значення

$$\Psi(t) = \omega_0(t) + k_{\text{ФМ}}E \cos(\Omega t + \Theta) + \varphi_0. \quad (5.10)$$

Максимальне додаткове відхилення фази несучого коливання відносно регулярного значення $\omega_0(t)$ характеризується індексом фазової модуляції $M_{\text{ФМ}}$:

$$M_{\text{ФМ}} = k_{\text{ФМ}} \cdot E. \quad (5.11)$$

Таким чином, повний опис фазо-модульованого коливання, модульованого тональним сигналом, має вигляд:

$$u_{\text{ФМ}}(t) = U_0 \cos[\omega_0(t) + k_{\text{ФМ}}E \cos(\Omega t + \Theta) + \varphi_0]. \quad (5.12)$$

Часові діаграми модулюючого і несучого сигналів, а також фазо-модульованого коливання наведені на рис. 5.5.

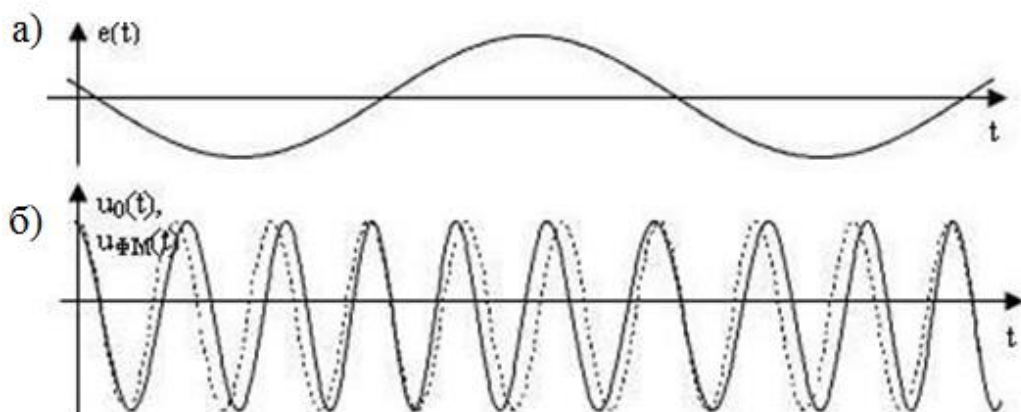


Рис. 5.5. Фазова модуляція:

- а) модулюючий сигнал; б) несуче коливання (штрихова лінія) і фазо-модульоване коливання (суцільна лінія)

Визначення спектру фазо-модульованого сигналу навіть у разі простих модулюючих сигналів являє собою досить складну задачу.

РОЗДІЛ 6. ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ПЕРЕДАВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ НА ВІДСТАНЬ

6.1. Інформаційні процеси та їх види

У людському суспільстві безперервно протікають інформаційні процеси: люди сприймають інформацію з навколишнього світу за допомогою органів почуттів, осмислюють її і приймають певні рішення, які, втілюючись в реальні дії, впливають на навколишній світ.

Сукупність відомостей, що підлягають передачі, називається **інформацією**. Відомості можуть бути представлені в різній формі, яка залежить від використовуваних знаків (символів), які є умовними позначеннями деяких елементарних знань.

Сукупність символів, що містить деяку інформацію, називають **повідомленням**, тобто повідомлення є формою, в якій інформація передається від одного об'єкта (джерела) до іншого об'єкта (одержувача). Вид повідомлення залежить від набору знаків, що використовується, який може довільно змінюватися і не має істотного значення для передачі інформації. Важливо тільки, щоб джерело і одержувач однаково розуміли значення знаків, використовуваних для передачі повідомлень. Дійсно, одне і те ж повідомлення може бути виражено, наприклад, набором літер українського чи англійського алфавітів, а також за допомогою ієрогліфів або інших наборів умовних позначень.

Передача повідомлень, а, отже, і інформації здійснюється за допомогою сигналів. Сигналом називають фізичний процес, параметри якого залежать від повідомлень, що передаються.

Інформація - категорія нематеріальна, отже, вона повинна бути пов'язана з будь-якою матеріальною основою, без цього вона просто не зможе існувати (згадаємо про винахід писемності).

Носії інформації – це середовище або фізичне тіло для передачі, зберігання і відтворення інформації. Це електричні,

світлові, теплові, звукові, радіо сигнали, магнітні і лазерні диски, друковані видання, фотографії тощо.

Носій інформації – це матеріальний об'єкт або середовище, які служать для подання або передачі інформації (папір, диск, повітря і т. п.).

При цьому зберігання інформації пов'язано з фіксацією стану носія (наприклад вже надрукований текст на папері), а поширення інформації - з процесом, який протікає в носії. Але тільки з нестационарним процесом, тобто процесом, характеристики якого змінюються. Стационарний процес інформацію не переносить - лампа просто горить і все, а якщо блимає – то це вже азбука Морзе. І при цьому інформація пов'язується не з існуванням процесу (просто горить лампа), а саме зі зміною будь-якої його характеристики.

Інформація зберігається, передається і обробляється в символній (знаковій) формі. Одна і та ж інформація може бути представлена в різній формі:

1. знаковій письмовій, що складається з різних знаків, серед яких виділяють символну форму у вигляді тексту, чисел, спеціальних символів; графічній формі; табличній формі тощо;
2. у вигляді жестів або сигналів;
3. в усній словесній формі (розмова).

Подання інформації здійснюється за допомогою мов, як знакових систем, які будуються на основі певного алфавіту і мають правила для виконання операцій над знаками.

На відміну від матерії і енергії інформація може створюватися і зникати. В таблиці 6.1. перераховано операції, які можна здійснювати з інформацією.

Всі процеси, що пов'язані з певними операціями над інформацією, називаються **інформаційними процесами**. Іншими словами **інформаційний процес** – це зміна з часом змісту інформації або повідомлення, що його (зміст) представляє.

Інформаційні процеси - це процеси, пов'язані з отриманням (збиранням), зберіганням, передачею (обміном) і обробкою (перетворенням) інформації, тобто це дії, що виконуються з

інформацією. Це процеси, в ході яких змінюється зміст інформації або форма її подання.

Таблиця 6.1. Операції з інформацією.

створювати	приймати	комбінувати	зберігати
передавати	копіювати	обробляти	шукати
сприймати	формалізувати	ділити на частини	вимірювати
використовувати	поширювати	спрощувати	руйнувати
запам'ятовувати	перетворювати	збирати	тощо

Збір (отримання) інформації - це процес пошуку і відбору необхідних повідомлень з різних джерел. Це робота зі спеціальною літературою, довідниками; проведення експериментів; спостереження; опитування, анкетування; пошук в інформаційно-довідкових мережах і системах тощо.

Будь-яка, як завгодно складна інформаційна діяльність людини зводиться до **трьох основних видів** дій з інформацією: зберігання, прийом / передача та обробка інформації (рис. 6.1.).



Рис. 6.1. Інформаційні процеси

Зберігання інформації - це процес фіксування повідомлень на матеріальному носії. В першу чергу тут мова йде про носії

інформації - фізичне середовище або об'єкти. Зараз для зберігання інформації використовуються папір, дерев'яні, тканинні, металеві та інші поверхні, кіно- і фотоплівки, магнітні стрічки, магнітні і лазерні диски, флеш-карти та ін.

Щодо кожного об'єкта можна розрізнити внутрішню пам'ять і зовнішню. Наприклад, для комп'ютера внутрішня - це оперативна пам'ять, а зовнішня - це жорсткий диск, флеш-карти, диски тощо; для людини внутрішня пам'ять - це мозок, а зовнішня - все інше.

Можна ще говорити про способи зберігання інформації – вони дуже різноманітні і з часом їх кількість тільки збільшується. Для кожного способу зберігання і відповідного йому сховища інформації найважливішими параметрами є обсяг сховища і швидкість доступу до потрібної інформації. Наприклад, книга - дуже містке сховище, але доступ довгий - якщо потрібно знайти певний уривок або фразу, доведеться перегорнути багато сторінок. А на грамплатівці можна швидко поставити голку, щоб відтворити потрібний уривок, проте, з іншого боку, на одній платівці вміщується не дуже багато даних. Найпершими способами зберігання інформації, ймовірно, були малюнки - наскальний живопис. Потім довгий час використовувалася писемність. У комп'ютері використовується двійкова система зберігання інформації - дані кодуються нулями і одиницями і одна комірка коду називається бітом.

Обробка інформації – це процес отримання нових повідомлень з наявних. Обробка інформації може бути будь-якою – від відсіювання зайвої інформації до декодування. Але в будь-якому випадку є вихідна, кінцева інформація і виконавець обробки. У приймаючої сторони повинен бути певний алгоритм обробки для даного виду інформації. Є два принципово різних види обробки інформації – зміна форми подання інформації, що не міняє зміст, і зміна змісту інформації. До перших відносяться декодування або шифрування, а до других – фільтрація або пошук.

Обробка інформації є одним з основних способів збільшення її кількості. В результаті обробки з повідомлення одного виду можна отримати повідомлення інших видів.

Захист інформації – це процес створення умов, які не допускають випадкової втрати, пошкодження, зміни інформації або несанкціонованого доступу до неї. Способами захисту інформації є створення її резервних копій, зберігання в захищеному приміщенні, надання користувачам відповідних прав доступу до інформації, шифрування повідомлень та ін.

6.2. Передавання інформації

Передача інформації - один з основних інформаційних процесів (поряд з отриманням, зберіганням і обробкою).

Ми постійно приймаємо участь у діях, пов'язаних з **передачею інформації**. Наше життя неможливо уявити без постійного обміну інформацією. Люди передають один одному прохання, накази, звіти про виконану роботу, публікують книги, наукові статті, рекламні оголошення. Передача інформації відбувається при читанні книг, при перегляді телепередач. Люди обмінюються інформацією в усній, писемній та інших формах. Засоби масової інформації щоденно доносять до нас потоки різноманітних відомостей. Розвиток людства був би неможливий без обміну інформацією

Телекомунікації, або **зв'язок**, – це галузь техніки, яка займається питаннями передачі повідомлень від джерел повідомлень (ДП) до одержувачів повідомлень (ОП), що знаходяться на деякій, часто великій, відстані один від одного.

Термін «зв'язок» використовувався, коли відправником та одержувачем повідомлення безпосередньо була людина. При обміні інформацією між комп'ютерами почали користуватися більш загальним терміном «телекомунікації», що включає й поняття «зв'язок».

Поняття «інформація» зазвичай передбачає наявність двох об'єктів – джерела і приймача інформації. Інформація передається від джерела до приймача в матеріально-енергетичній формі, у формі сигналів, що поширюються в певному середовищі.

Якщо мова йде про переміщення інформації в просторі, то це може бути організовано одним з двох способів:

1. транспортування даних (лист звичайною поштою; передача диску; передача паперових документів, на яких все викладено тощо).
2. або шляхом передачі за допомогою сигналу (жестами – за допомогою світлового сигналу; дзвінок по мобільному телефону – радіосигнал; розмова з сусідом – звуковий сигнал тощо).

При будь-якому способі переміщення інформація залишається прив'язаною до певного матеріального носія і для її передачі необхідні витрати енергії.

У будь-якому процесі передачі або обміну інформацією обов'язково приймають участь **джерело** і **одержувач** (приймач) інформації: джерело передає інформацію, а приймач її отримує. Сама інформація передається по **каналі зв'язку** за допомогою сигналів: механічних, теплових, електричних та ін.

Загальна схема передачі інформації наведена на рис. 6.2.

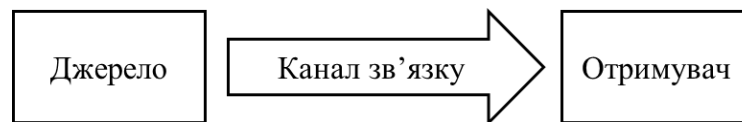


Рис. 6.2. Схема передачі інформації

Передача інформації - фізичний процес, за допомогою якого здійснюється переміщення інформації (у вигляді повідомлень) в просторі від джерела до приймача по каналу зв'язку (каналі передачі).

Канал зв'язку називають також **інформаційним каналом**.

Для того, щоб передавати інформацію на значні відстані використовуються різноманітні інформаційні канали.

Інформаційні канали бувають **природні** (атмосферне повітря, через яке переносяться звукові хвилі, сонячне світло, відбите від спостережуваних об'єктів) і **штучні**, коли мова йде про технічні засоби зв'язку.

Засоби зв'язку – це способи передачі інформації на відстань. Технічними засобами зв'язку є телефон, радіо, телебачення, Інтернет, комп'ютерні мережі.

Органи почуттів людини виконують роль **біологічних інформаційних каналів**.

За характером передачі інформаційний канал може бути **одностороннім** або **двостороннім**.

Односторонній канал передає інформацію тільки від джерела до приймача.

Двосторонній канал передає інформацію як від джерела до приймача, так і в зворотному напрямку.

При переході дороги на регульованому перехресті ви (приймач інформації) сприймаєте зелений сигнал світлофора (джерела інформації) як дозвіл перейти дорогу. У цьому випадку інформація передається в одну сторону, але бувають такі ситуації, коли відбувається взаємний обмін інформацією.

Граючи в комп'ютерну гру, ви постійно обмінюєтеся інформацією з комп'ютером: сприймаєте сюжет, правила і поточну ситуацію, аналізуєте отриману інформацію і передаєте комп'ютеру за допомогою клавіатури або миші деякі керуючі команди.

У свою чергу, комп'ютер приймає і обробляє ваші команди, відображаючи результат обробки на екрані дисплея. Цей взаємний обмін інформацією відбувається протягом всієї гри. У разі перегляду телепередачі всією сім'єю джерело інформації одне (телепередача), а приймачів кілька (члени сім'ї).

Як згадувалося вище, передавання повідомлень (а отже, й інформації) на відстань здійснюється за допомогою **матеріального носія** (паперу, магнітної стрічки і т. д.) чи **фізичного процесу** (звукових або електромагнітних хвиль, струму тощо). Наприклад, записали інформацію на флешку і перенесли в іншу кімнату. Фізичний процес, що відображає передане повідомлення, називається **сигналом**.

Передача інформації, в основному, полягає в передачі даних, перенесення яких здійснюється у вигляді сигналів засобами

електрозв'язку. Передача даних може бути аналоговою або цифровою (тобто потік двійкових сигналів), а також модулюватися за допомогою аналогової модуляції, або за допомогою цифрового кодування.

Повідомлення за допомогою спеціальних пристроїв (датчиків) зазвичай перетворюється в електричну величину $b(t)$ – первинний сигнал. При передачі мови таке перетворення виконує мікрофон, при передачі зображення - телевізійна камера. У більшості випадків первинний сигнал є низькочастотним коливанням, яке відображає передане повідомлення. Слід зазначити умовність цього терміну, оскільки первинний телевізійний сигнал, наприклад, займає область частот від нуля до 6 МГц.

Сигнал також є об'єктом транспортування, а техніка зв'язку, по суті, є технікою транспортування (передачі) сигналів по каналах зв'язку.

Всі можливі носії повідомлення (папір з друкованим або письмовим текстом або малюнком, плівка з феромагнітним шаром, механічне коливання деякого середовища, коливання струму або напруги, електромагнітні хвилі і т. д.) називають сигнальними в широкому сенсі.

У вузькому сенсі сигналами частіше називають лише коливання електричного струму (напруги), електромагнітні хвилі або коливання пружного середовища, що поширюються на відстані і несуть повідомлення.

Отже, процес передачі інформації характеризується наявністю наступних компонентів:

- джерело інформації;
- передавач інформації;
- носій інформації;
- середовище передачі інформації (канал зв'язку);
- приймач інформації;
- отримувач інформації.

Інформація передається у формі повідомлень від деякого джерела інформації до одержувача за допомогою **системи зв'язку** між ними.

Система зв'язку – це сукупність технічних засобів, що використовуються для передачі повідомлень від джерела до одержувача (рис. 6.3).

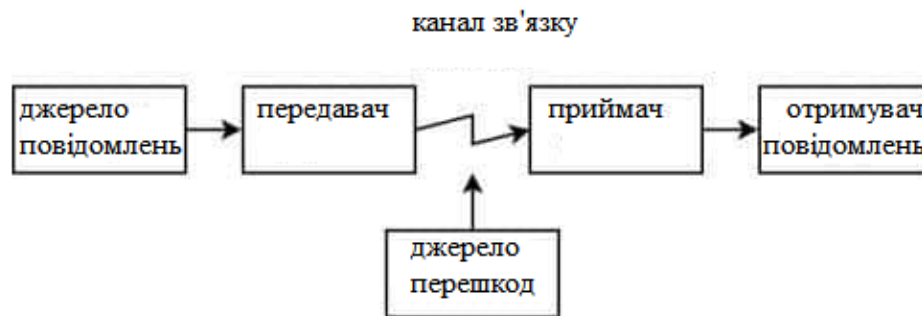


Рис. 6.3. Структурна схема передачі повідомлень

Джерело інформації - суб'єкт або об'єкт, який породжує інформацію і представляє її у вигляді повідомлення.

Джерелом інформації може бути все, що завгодно: телевізор, книжка, напис на стіні, будь-який об'єкт, явище живої або неживої природи, технічний пристрій. Від джерела інформація попадає на кодуєчий пристрій, призначений для перетворення вихідного повідомлення у форму, зручну для передачі. Такими пристроями є, наприклад, мікрофон телефон, аркуш паперу тощо.

Процес передачі інформації відбувається в деякому матеріальному середовищі, що розділяє джерело і одержувача інформації, яке називається **каналом зв'язку** (**каналом передачі інформації**).

Канал зв'язку - це сукупність технічних пристроїв, що забезпечують передачу сигналу від передавача до приймача.

Інформація передається через канал у формі сигналів (символів, знаків) – звукових, світлових, ультразвукових, електричних, текстових, графічних та ін., послідовність яких утворює повідомлення. Каналами зв'язку (каналами передачі)

можуть бути повітряний простір, електричні і оптоволоконні кабелі, окремі люди, нервові клітини людини тощо. Найпростіший приклад - телефонний дріт, органи чуття теж можна розглядати в якості інформаційних каналів.

В **передавачеві** повідомлення, що передається джерелом, кодується в сигнал, який поширюється по каналу зв'язку. **Передавач** може містити в своєму складі кодуєчий пристрій (кодер) або модулятор в залежності від того дискретний чи неперервний сигнал передається.

Кодуючий пристрій (кодер) призначений для кодування інформації тобто перетворення вихідного повідомлення від джерела до вигляду, зручного для передачі інформації.

Модулятор слугує для накладання інформаційного сигналу на високочастотне несуче коливання.

Сигнал, створений передавачем, поширюється каналом зв'язку і отримується приймачем. **Приймач** здійснює виділення переданої інформації (повідомлення) з отриманого сигналу. **Приймач** може містити відповідно декодуєчий пристрій або демодулятор.

Декодуєчий пристрій (декодер) призначений для перетворення отриманого повідомлення у вихідне.

Демодулятор виділяє з модульованого височастотного сигналу вихідне повідомлення.

Одержувач інформації - суб'єкт або об'єкт, який приймає повідомлення, в результаті чого відбуваються певні зміни його стану.

Приймачем може бути не тільки людина. Наприклад, телевізор отримує інформацію через антену. Основна функція приймача – фільтрація, тобто виділення із сукупності отриманих сигналів бажаного, що несе необхідну інформацію.

Слід розрізняти поняття «одержувач інформації» і «одержувач повідомлення». Наприклад, якщо людина чує незрозумілу мову, то вона є одержувачем повідомлення, але не інформації.

Розглядаючи передачу інформації по каналах зв'язку, треба враховувати вплив шумів. **Шум** – це будь-які перешкоди, які

спотворюють інформацію. Як правило, шуми виникають з технічних причин. Для боротьби з шумом використовують різні фільтри, шумогасники, коди (наприклад, код Клода Шеннона). Подібних кодів існує досить багато, і всі вони засновані на надлишковій передачі інформації або розбитті інформації на частини з контрольними точками, подібно до системи розмови військових по радіо ("прийом", "як зрозумів?").

Але канал передачі повинен бути не тільки надійним, але і швидким. Це може бути актуально як у великих інформаційних системах з безліччю пристроїв, так і в маленьких. Наприклад, Wi-Fi точка в кафе має максимальну швидкість 54 Мбіт/с, і якщо в кафе сидить 30 чоловік з ноутбуками, то швидкість передачі інформації на кожного буде дуже низькою.

Зміна характеристики носія, що використовується для представлення інформації, називається **сигналом**, а значення цієї характеристики, віднесене до деякої шкали вимірювань, називається **параметром сигналу** (табл. 6.2).

Таблиця 6.2. Способи передачі повідомлень та параметри сигналу.

Спосіб передачі	Процес	Параметри сигналу
Звук	Звукові хвилі	Висота і гучність звуку
Зображення	Світлові хвилі	Частота і амплітуда світлових хвиль

Одиночний сигнал не може містити багато інформації. Потрібно багато сигналів.

Послідовність сигналів називається повідомленням.

Повідомлення, таким чином, служить переносником інформації, а інформація є змістом повідомлення.

6.3. Передача інформації в мережі Інтернет

В Інтернеті використовуються два основних поняття: адреса і протокол. Свою унікальну адресу має будь-який комп'ютер, підключений до Інтернету. Навіть при тимчасовому з'єднанні комп'ютера йому виділяється унікальна адреса. У будь-який момент часу всі комп'ютери, підключені до Інтернету, мають різні адреси. Так само, як поштова адреса однозначно визначає місцезнаходження людини, адреса в Інтернеті однозначно визначає місцезнаходження комп'ютера в мережі.

Що таке протокол?

У загальному випадку **протокол** - це правила взаємодії. Наприклад, дипломатичний протокол наказує, як поводитися при зустрічі іноземних гостей або при проведенні прийому. Так само мережевий протокол наказує правила роботи комп'ютерам, які під'єднані до мережі. Стандартні протоколи змушують різні комп'ютери "говорити однією мовою". Таким чином здійснюється можливість підключення до Інтернету різнотипних комп'ютерів, що працюють під управлінням різних операційних систем.

Протоколи - це стандарти, що визначають форми подання та способи передачі повідомлення, процедури їх інтерпретації, правила спільної роботи різного обладнання в мережах.

Описати в одному протоколі всі правила взаємодії практично неможливо. Тому мережеві протоколи будуються за багаторівневим принципом. Наприклад, на нижньому рівні описуються правила передачі невеликих порцій інформації з одного комп'ютера на інший, так як відслідковувати правильність передачі невеликих частин інформації значно простіше. Якщо якась частина інформації була спотворена перешкодами при передачі, то на цьому рівні запитується повтор передачі тільки спотвореної частини. Протокол наступного рівня описує, як великі масиви даних розбити на невеликі частини і зібрати назад. При цьому невеликі частини пересилаються за допомогою протоколу нижнього рівня. На

наступному, більш високому рівні описується передача файлу. При цьому використовуються протоколи нижніх рівнів. Таким чином, для реалізації нового протоколу більш високого рівня в Інтернеті не потрібно знати особливості функціонування мережі, а треба вміти користуватися протоколами більш низького рівня.

Аналогію багаторівневих протоколів можна знайти в повсякденному житті. Наприклад, ви можете передати текст документа під час розмови по телефону. При цьому вам зовсім необов'язково знати, як працює телефонна мережа. Ви знаєте, що треба просто набрати номер і чекати, коли інша людина зніме трубку.

Для передачі зображення документа можна скористатися факсом. Ви вставляєте документ в факс-апарат, набираєте телефонний номер іншого факс-апарату і передаєте документ. При цьому ви можете навіть не замислюватися про те, як зображення документа передається по телефонних лініях. Ви просто користуєтеся протоколом високого рівня: "вставити документ в факс-апарат, набрати номер, натиснути кнопку Старт на факс-апараті". При цьому ви скористалися, по крайній мірі, ще двома рівнями протоколів: протоколом функціонування телефонної мережі і протоколом передачі факсів.

Точно так же в Інтернеті є кілька рівнів протоколів, які взаємодіють один з одним. На нижньому рівні використовуються два основні протоколи: IP - Internet Protocol (Протокол Інтернету) і TCP - Transmission Control Protocol (Протокол управління передачею). Так як ці два протоколи тісно пов'язані між собою, то часто їх об'єднують, і кажуть, що в Інтернеті базовим протоколом є TCP / IP. Всі інші численні протоколи будуються на основі саме протоколів TCP / IP.

Протокол TCP

Протокол TCP розбиває інформацію на частини (пакети) і нумерує всі ці частини, щоб при отриманні можна було правильно зібрати інформацію. Так само при розбиранні дерев'яного зрубу нумерують колоди, щоб швидко зібрати будинок в іншому місці.

Далі за допомогою протоколу ІР всі частини передаються одержувачу, де за допомогою протоколу ТСР перевіряється, чи всі частини отримані. Так як окремі частини можуть подорожувати по Інтернету самими різними шляхами, то порядок приходу частин може бути порушений. Після отримання всіх частин ТСР розміщує їх в потрібному порядку і збирає в єдине ціле.

Протокол ІР

Для протоколу ТСР не має значення, якими шляхами інформація подорожує по Інтернету. Цим займається протокол ІР. Точно так же, як при перевезенні окремих пронумерованих колод не важливо, якою дорогою їх везуть. До кожної отриманої порції інформації протокол ІР додає службову інформацію, з якої можна дізнатися адреси відправника і одержувача інформації. Якщо слідувати аналогії з поштою, то дані містяться в конверт або пакет, на якому пишеться адреса одержувача. Далі протокол ІР так само, як і звичайна пошта, забезпечує доставку всіх пакетів одержувачу. При цьому швидкість і шляхи проходження різних конвертів можуть бути різними. Інтернет часто зображують у вигляді розмитої хмари. Вам не відомі шляхи проходження інформації, але правильно оформлені ІР - пакети доходять до одержувача.

РОЗДІЛ 7. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ.

7.1. Поняття телекомунікаційної системи

Система передавання інформації є одним із видів великого різноманіття систем. Під системою розуміють сукупність елементів, які перебувають у відносинах і зв'язках один з одним та утворюють певну цілісність, єдність. Серед систем неживої природи особливе місце займають технічні системи різного призначення.

Із усього різноманіття сучасних технічних систем можна виділити особливу групу так званих **інформаційних систем**, призначених для отримання, передавання, перетворення та зберігання інформації. До цієї групи систем належать: системи передавання інформації (системи зв'язку), локаційні, навігаційні та телевізійні системи, обчислювальні та інформаційно-вимірювальні системи, автоматизовані системи управління та контролю тощо.

Таким чином **система передавання інформації** є одним із видів інформаційних систем

Система передавання інформації (система зв'язку) – це сукупність технічних засобів і середовища розповсюдження, які забезпечують передачу повідомлень від джерела до приймача.

Такими технічними засобами є передавальний пристрій, канал зв'язку та приймальний пристрій. Іноді до складу системи передавання інформації включають джерело та споживача (одержувача) повідомлень.

До систем передавання інформації відносять:

- системи зв'язку,
- системи телеметрії,
- системи передачі команд.

Системи зв'язку – це системи, призначені для обміну інформацією між джерелом і одержувачем у вигляді мовних сигналів або даних.

Системи телеметрії – це системи, призначені для передачі даних вимірювань фізичних величин на відстані.

Системи передачі команд – це системи, призначені для передачі команд від пункту керування до різних виконавчих механізмів.

Зв'язок – це технічна база, що забезпечує передачу і прийом інформації між віддаленими одна від одної людьми або пристроями. Аналогія між зв'язком та інформацією така ж, як між транспортом і вантажем, що перевозиться.

Телекомунікація – це будь-яке випромінювання, передача та/або прийом електричних сигналів, які представляють знаки, голосову інформацію, письмовий текст, зображення, звуки або повідомлення будь-якого роду по радіосистемі, провідній, оптичній та інших електромагнітних системах.

Оскільки основним носієм інформації в телекомунікації є електричний сигнал, то часто телекомунікацію називають електричним зв'язком.

Таким чином, **телекомунікація – це електрозв'язок.**

Електрозв'язок — передача та прийом повідомлень за допомогою сигналів електрозв'язку.

Електрозв'язок – це зв'язок, при якому передача інформації будь-якого виду (мовної, літерно-цифрової, зорової тощо) здійснюється електричними сигналами, що поширюються по проводах (дротах) або радіосигналами. У відповідності зі способами передачі (перенесення) сигналів розрізняють провідний зв'язок та радіозв'язок.

За класифікацією, прийнятою Міжнародним союзом електрозв'язку, до електрозв'язку відносять, крім того, передачу інформації за допомогою оптичних або інших електромагнітних систем зв'язку.

Сигнал електрозв'язку – електромагнітні коливання, параметри яких змінюються відповідно до переданих повідомлень.

Отже, **система електрозв'язку** – це комплекс технічних засобів – обладнання для передачі, прийому і середовище поширення, – що забезпечує електрозв'язок певного виду. Останнім часом замість терміну «система електрозв'язку» часто

застосовується термін «телекомунікаційна система», запозичений з іноземної літератури.

Наведемо кілька визначень телекомунікаційної системи, які висвітлюють її сутність з різних підходів.

Телекомунікаційна система – це система передачі інформації на відстань.

Телекомунікаційна система (система електрозв'язку) - це сукупність технічних засобів і середовища поширення сигналів, що забезпечують передачу повідомлень від джерела до споживача.

Телекомунікаційна система - це сукупність пристроїв перетворення повідомлення в сигнал і навпаки, пристроїв узгодження сигналів з середовищем поширення, пристроїв ущільнення вторинних сигналів і каналів передачі.

Створення системи для будь-якого виду електрозв'язку передбачає організацію каналу електрозв'язку між пунктами передачі і прийому повідомлення. Сукупність цих каналів утворює мережу електрозв'язку, де функції підключення певних абонентських пристроїв виконує спеціальна апаратура комутації, що дозволяє утворити тракт для передачі електричних сигналів.

Мережа електрозв'язку – це сукупність кінцевих пристроїв, комутаційних центрів і ліній, що їх пов'язують, та каналів зв'язку.

Для задоволення потреб сучасного суспільства створені сотні систем електрозв'язку різного призначення і число їх продовжує зростати. Всі вони необхідні для обміну інформацією за допомогою спеціально прокладених ліній зв'язку або радіоефіру. При цьому передбачається обслуговування значної кількості користувачів систем (від декількох тисяч і більше).

До телекомунікаційних систем належать:

1. радіо
2. телебачення (колективне, кабельне, супутникове, стільникове);
3. телефонні мережі загального користування (у тому числі радіотелефон);

4. стільникові системи зв'язку (в тому числі макро- і мікро-стільникові);
5. системи персонального виклику;
6. супутникові системи зв'язку і навігаційне обладнання;
7. волоконні мережі передачі інформації;
8. комп'ютерні мережі тощо.

У сфері передавання інформації для позначення телекомунікаційних засобів найчастіше використовуються такі терміни: «система», «мережа», «лінія», «магістраль», «коридор» та деякі інші.

7.2. Структура телекомунікаційної системи

Будь-яка телекомунікаційна система (система передачі даних) може бути описана через три основні компоненти:

1. передавач (або так зване “джерело інформації”);
2. канал передачі даних;
3. приймач (“одержувач” інформації).

При двосторонній (дуплексній передачі) джерело й одержувач можуть бути об'єднані так, що їхнє обладнання може передавати і приймати дані одночасно.

Структурна схема телекомунікаційної системи (системи електрозв'язку) наведена на рис 7.1.

Розглянемо більш детально складові телекомунікаційної системи.

Джерело інформації (повідомлення) – це фізичний об'єкт, який формує конкретне повідомлення $x(t)$ (людина, ЕОМ, датчики). Приклади повідомлень: мова, музика, фотографія, текст, рисунок.

Повідомлення з виходу джерела повідомлення поступає на передавальний пристрій.

Передавальний пристрій – це пристрій, що перетворює повідомлення в сигнал. Передавальний пристрій зазвичай включає в себе перетворювач повідомлення в сигнал (П. П-С) і власне передавач (Пер). Перетворювач в передавальному пристрої

необхідний для перетворення повідомлення будь-якої фізичної природи в первинний електричний сигнал $u(t)$.

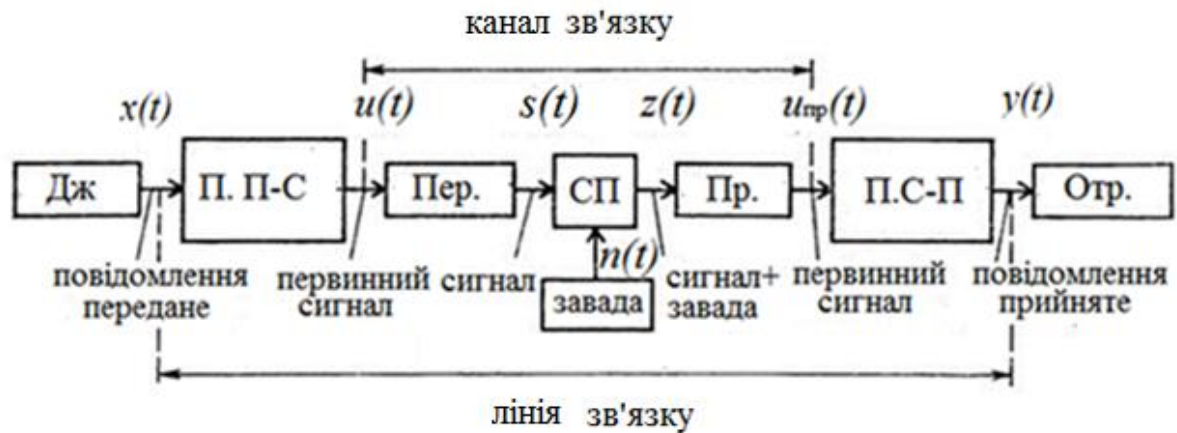


Рис. 7.1. Структурна схема телекомунікаційної системи:
 Дж – джерело повідомлень; П. П-С – перетворювач повідомлення – сигнал; Пер. – передавач; СП – середовище поширення сигналу; Пр – приймач; П. С-П – перетворювач сигнал – повідомлення;
 Отр. – отримувач повідомлень

Перетворювач повідомлення в сигнал (П.П-С) - це електричний або електромеханічний пристрій, яке сприймає неелектричні повідомлення і видає їх у вигляді електричного процесу (перетворює неелектричний сигнал в електричний) – напруги або струму, що змінюються в часі. Конкретний тип перетворення залежить від виду повідомлення, що перетворюється.

У телефонії, наприклад, ця операція зводиться до перетворення акустичних коливань в пропорційну зміну електричної напруги на виході мікрофона.

У телеграфії за допомогою телеграфного апарату послідовність елементів повідомлення (літер) замінюється послідовністю кодових символів (0, 1 або крапка, тире), яка одночасно перетворюється в послідовність електричних імпульсів постійного струму.

У телефонному зв'язку, наприклад, перетворювачем повідомлення у вигляді звукових коливань в електричний сигнал є

мікрофон, у фототелеграфному – фотоелемент, у телевізійному – передаюча електронно – променева трубка і т.д.

Перетворювачі повідомлення в електричний сигнал (мікрофон, датчик) перетворюють повідомлення $x(t)$ у **первинний** сигнал $u(t)$. Наприклад, перетворення літер тексту в стандартні електричні сигнали азбуки Морзе. Ці перетворювачі називаються **первинними** і їх вихідний сигнал є **первинним електричним сигналом** $u(t)$. Наприклад, при передачі мови і музики первинне перетворення здійснюється мікрофоном; при передачі зображення (телебачення) – за допомогою передавальних трубок. Літери тексту перетворюються в стандартні електричні сигнали (наприклад, імпульси і паузи різної тривалості в абетці Морзе).

Первинний сигнал має такі параметри і характеристики, які не дозволяють безпосередньо передавати його на значні відстані – це невелика потужність та частотні характеристики, які не відповідають умовам ефективної передачі. Для передачі сигналу на значні відстані в передавачі здійснюється ще одне перетворення цього сигналу – створення **вторинного** електричного сигналу, який має певні електричні параметри, що забезпечують його передачу на значні відстані.

Передавач (Пер) - це пристрій призначений для узгодження первинних сигналів з лінією зв'язку, в якому здійснюється перетворення первинних сигналів $u(t)$ у вторинні сигнали, зручні для передачі по лінії зв'язку (за формою, потужністю, частотою і т. д.). У найпростішому випадку передавач може містити підсилювач первинних сигналів або тільки фільтр, що обмежує смугу частот, що передаються. У більшості випадків передавач – це генератор переносника (несучої) і модулятор. Таким чином, в передавачі (Пер) здійснюється один з видів модуляції високочастотного коливання, що забезпечує виділення для кожного окремого повідомлення певного частотного діапазону. Процес модуляції полягає в управлінні параметрами переносника первинним сигналом $u(t)$. На виході передавача отримуємо вторинний модульований сигнал $s(t)$.

При проходженні лінії зв'язку електричні сигнали, по-перше, значно послаблюються (загасають), по-друге, піддаються впливу сторонніх зовнішніх електромагнітних коливань - **перешкод**. Під перешкодою розуміється будь-який вплив на сигнал, що погіршує достовірність відтворення переданих повідомлень. Отже, при передачі канальний сигнал $s(t)$ може спотворюватися і на нього можуть накладатися перешкоди $n(t)$.

Отже, за допомогою перетворювача повідомлення перетворюється у первинний електричний сигнал. За своєю формою цей сигнал є низькочастотним. Первинний електричний сигнал, що отримується на виході перетворювача, виявляється, як правило, непридатним для безпосередньої передачі. У деяких випадках первинний сигнал безпосередньо передають по лінії. Так відбувається, наприклад, при звичайному міському телефонному зв'язку. Для передачі на великі відстані (по кабелю або радіоканалу) первинний сигнал перетворюють у високочастотний вторинний сигнал $s(t)$, придатний для передачі по використовуваному каналу. Це здійснюється в передавачеві (Пер) за допомогою **модуляції**.

З виходу передавача сигнал надходить в канал зв'язку.

Канал зв'язку (канал електрозв'язку) – це сукупність технічних засобів (перетворювачів) и середовища поширення, що забезпечують проходження сигналу від джерела повідомлення до одержувача повідомлення, тобто при підключенні кінцевих абонентських пристроїв передачу повідомлень будь-якого виду від джерела до отримувача за допомогою сигналів електрозв'язку.

Середовище поширення (СП) - це фізичне середовище, через яке здійснюється передача електричних сигналів від передавача до приймача. Таким фізичним середовищем, що з'єднує передавач і приймач, можуть бути пара проводів, коаксіальний кабель, ланцюжок радіорелейних ліній, частина простору, в якому поширюються електромагнітні хвилі, між передавальною і приймальною антенами в радіозв'язку.

Для передачі великого трафіку (обсягу інформації) на значні відстані широке застосування знаходять супутникові, радіорелейні, кабельні та оптоволоконні канали зв'язку.

Лінія (тракт) зв'язку – це сукупність технічних засобів, що забезпечує передачу повідомлення від джерела до одержувача. До складу лінії зв'язку входять: джерело повідомлення, одержувач повідомлення і середовище, в якому поширюється сигнал.

Для кожного типу лінії зв'язку є сигнали, які найбільш ефективно поширюються по ній: наприклад, по провідній лінії – це постійний струм і змінні струми невисоких частот (не більше сотень кілогерц), по радіолінії - електромагнітні коливання високих частот (від сотень кілогерц, до десятків тисяч мегагерц), в оптичних кабелях - світлові хвилі з частотами $10^{14} \dots 10^{15}$ Гц.

Лінія зв'язку, в якій задані закони перетворення повідомлення в сигнал і навпаки, називається **системою зв'язку** або **телекомунікаційною системою**.

Зазначимо, що перетворення повідомлення в сигнал має бути зворотним. В цьому випадку по вихідному сигналу можна відновити вхідний первинний сигнал, тобто отримати всю інформацію, що міститься в переданому повідомленні. В іншому випадку частина інформації буде втрачена при передачі. Ця операція здійснюється в приймальному пристрої.

Після каналу зв'язку вторинний сигнал надходить на **приймальний пристрій**, що містить у своєму складі приймач (Пр) і перетворювач сигналу в повідомлення (П.С-П). В приймальному пристрої здійснюється підсилення вторинного сигналу і перетворення його в первинний сигнал.

В системі електрозв'язку існують внутрішні і зовнішні завади, які змінюють характер інформаційного параметра сигналу. Це означає, що первинне повідомлення, яке створюється на виході перетворювача сигналу, спотворюється, тобто відрізняється від повідомлення, яке створюється на приймальному кінці телекомунікаційної системи. Телекомунікаційна система буде мати тим більшу якість, чим менші за величиною спотворення будуть

мати місце в такій системі.

Отже, при поширенні модульованого сигналу $s(t)$ в середовищі поширення на нього накладаються різноманітні завади $n(t)$, які спотворюють корисний сигнал. В результаті на вхід приймального пристрою потрапляє сигнал $z(t) = s(t) + n(t)$.

Приймальний пристрій – це пристрій, що перетворює прийнятий сигнал в повідомлення. Приймальний пристрій зазвичай включає в себе приймач (Пр) і перетворювач сигналу в повідомлення (П.С-П).

На вході приймача буде суміш прийнятого сигналу $s(t)$ і перешкоди $n(t)$: $z(t) = s(t) + n(t)$. Приймач повинен на основі аналізу коливання $z(t)$ визначити, яке з можливих повідомлень передавалося. Тому приймальний пристрій є одним з найбільш відповідальних і складних елементів системи зв'язку.

Приймальний пристрій обробляє прийняте коливання $z(t) = s(t) + n(t)$, що представляє собою суму сигналу $s(t)$, що надійшов, і перешкоди $n(t)$, і відновлює по ньому повідомлення $u(t)$, яке з деякою похибкою відображає передане повідомлення $x(t)$.

Приймач (Пр) - це пристрій, в якому з прийнятого сигналу $z(t)$ виділяється (отримується) первинний сигнал, тобто в ньому здійснюється відновлення первинного сигналу. Але через дію перешкод в лінії зв'язку відновлений первинний сигнал дещо відрізняється від переданого і тому на рисунку позначається як $u_{\text{пр}}(t)$. Крім того, для компенсації послаблення сигналу в лінії зв'язку, у приймачеві здійснюється підсилення і обробка прийнятого сигналу з метою виділення корисного сигналу і позбавлення (придушення) завад (перешкоди).

Перетворювач електричного сигналу в повідомлення (П.С-П) - це пристрій, в якому здійснюється зворотне перетворення прийнятого первинного сигналу $u_{\text{пр}}(t)$ в повідомлення $u(t)$. В якості цього пристрою може виступати телефон для мовного і кінескоп для телевізійного сигналів. Це означає, що необхідний

такий перетворювач, який перетворює прийнятий первинний сигнал в повідомлення, що сприймається одержувачем.

Наприклад, при передачі музики прийнятий первинний сигнал перетворюється в звукові коливання, якщо одержувачем є людина. Якщо ж потрібно здійснити запис на будь-який носій інформації (магнітну стрічку, компакт-диск, комп'ютер), то прийнятий первинний сигнал перетворюється в сигнал, зручний для запису на обраний носій. Головна вимога до цих дій – точність перетворення.

В телекомунікаційних системах застосовують різні за побудовою та принципом дії перетворювачі повідомлень в сигнали і сигналів у повідомлення. Це залежить від виду і характеру повідомлень, що передаються. В системах передачі оптичних повідомлень в якості таких перетворювачів застосовують фотоелектричні перетворювачі та різноманітні реєструвальні пристрої. В системах передачі звукових повідомлень використовуються відповідно акустоелектричні та електроакустичні перетворювачі.

Пристрої перетворення можуть виконувати як **пряме** (безпосереднє), так і **умовне** перетворення.

При прямому перетворенні інформаційні параметри повідомлення і сигналу змінюються за одним законом. Наприклад, зміна електричного сигналу на виході акустоелектричних перетворювачів точно повторює зміни звукового тиску.

При умовному перетворенні зв'язок між інформаційними параметрами повідомлення і сигналу умовний. Для реалізації такого перетворення використовуються коди, тобто кожен знак повідомлення в процесі передачі перетворюється у відповідну комбінацію електричних імпульсів, а в процесі прийому за отриманою комбінацією визначається (відтворюється) відповідний знак.

Джерелом повідомлень і отримувачем в одних системах зв'язку може бути людина, в інших - різного роду пристрої (автомат, обчислювальна машина і т. д.). У загальному випадку повідомлення

можуть бути функціями часу (мова, музика, рухоме зображення), але можуть і не бути ними (фотографія, текст, рисунок).

Джерело і споживач інформації є абонентами в системі зв'язку. Практично завжди перетворювачі повідомлення в первинний сигнал і первинного сигналу в повідомлення ставлять біля джерела повідомлення і споживача, тому їх називають **абонентськими пристроями** або **терміналами**.

З наведеного випливає, що в будь-якій телекомунікаційній системі повинні бути пристрої, які здійснюють перетворення, а саме:
на передачі: інформація → повідомлення → сигнал,
на прийомі: сигнал → повідомлення → інформація.

Крім того, в процесі передачі сигнал піддається також іншим перетворенням, багато з яких є типовими, обов'язковими для різних систем електрозв'язку, незалежно від їх призначення і характеру переданих повідомлень.

При всьому різноманітті повідомлень їх можна розбити на два типи - **неперервні** і **дискретні**.

Неперервні повідомлення приймають будь-які значення в деякому інтервалі. До таких повідомлень можна віднести мову, музику, малюнок.

Ознакою **дискретного повідомлення** є кінцеве число можливих значень, наприклад: представлення інформації у вигляді букв алфавіту.

Телекомунікаційні системи для передачі неперервних і дискретних повідомлень дещо різняться.

7.3. Класифікація телекомунікаційних систем

Сигнали електрозв'язку передаються телекомунікаційними системами різного призначення. Тому телекомунікаційні системи класифікують за різними ознаками.

Розрізняють наступні телекомунікаційні системи.

1. За видом повідомлень, що передаються, розрізняють системи передачі **дискретних** і **неперервних** повідомлень.

2. За призначенням переданих повідомлень розрізняють наступні типи систем:

- телефонні, призначені для передачі мови;
- телеграфні, призначені для передачі літерно-цифрових повідомлень - телеграм (тексту);
- факсимільні (фототелеграфні), призначені для передачі нерухомих зображень - тексту або таблиць, креслень, схем, графіків, фотографій тощо ;
- телевізійні, призначені для передачі рухомих зображень;
- телеметричні, призначені для передачі виміральної інформації;
- системи телеуправління, призначені для передачі команд управління;
- системи передачі даних, призначені для обслуговування автоматизованих систем управління;
- комп'ютерні мережі.

3. За типом каналу зв'язку (середовища поширення сигналів) системи передачі поділяються на:

- електричні або прововодні (кабельні), сигналом в яких є електричний струм або напруга;
- радіотехнічні або безпроводові (бездротові), сигналом в яких є електромагнітні хвилі радіочастотного діапазону;
- оптичні або оптоволоконні, сигналом в яких електромагнітні хвилі оптичного діапазону.

4. За режимом використання каналу (за напрямком передачі повідомлень) розрізняють:

- системи одностороннього зв'язку (симплексні),
- системи двостороннього зв'язку (дуплексні) і
- напівдуплексні системи.

У перших передавання здійснюється тільки в одному напрямку, у других здійснюється одночасне передавання в обох напрямках. У напівдуплексних системах можливий двосторонній зв'язок, але передавання та приймання інформації забезпечуються по черзі.

Симплексний (односторонній) **режим** – це зв'язок між двома пунктами, при якому передача інформації здійснюється тільки в одному напрямку, наприклад, радіомовлення, телебачення, оповіщення тощо. В таких системах повідомлення призначаються одночасно для великої кількості абонентів.

Дуплексний (двосторонній) **режим** – це двосторонній зв'язок між двома пунктами, при якій передачу і прийом повідомлень здійснюють одночасно на різних несучих частотах. Такий режим дозволяє вести переговори. Це, наприклад, телефонні, телеграфні, відеотелефонні системи і системи передачі даних.

Дуплексний режим забезпечує одночасну передачу повідомлень в обох напрямках. Фактично дуплексний канал являє собою два різноспрямованих симплексних канали між двома вузлами мережі. Для цього кожен абонент повинен мати як передавач, так і приймач, які з'єднані між собою двома каналами зв'язку, один з яких забезпечує передачу сигналів в одному напрямку, а другий - в іншому (зворотному) напрямку. Спрощена структурна схема такої системи наведена на рис. 7.2.

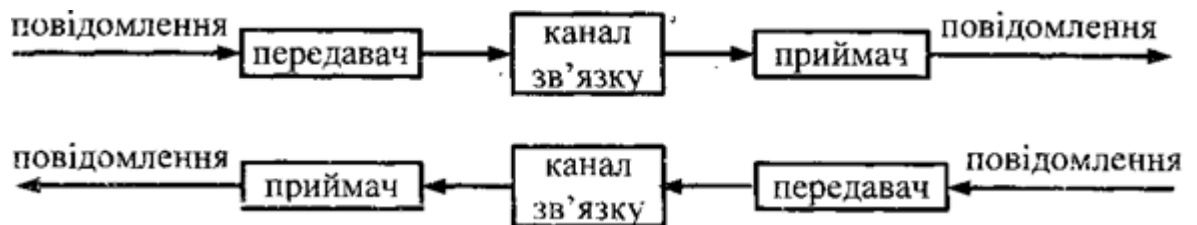


Рис. 7.2. Спрощена структурна схема системи передачі двосторонньої дії

Дуплексний режим широко використовується при передачі повідомлень як в локальних, так і в глобальних мережах, забезпечуючи ефективне використання ЕОМ і каналів зв'язку.

Напівдуплексний режим – це режим, при якому система зв'язку забезпечує почергову передачу і прийом інформації. Він дає можливість передачі повідомлень в обох напрямках, але в будь-який момент часу завжди тільки в одному напрямку. Напівдуплексний

режим обміну повідомленнями характерний, наприклад, для нормального здійснення іспиту, коли питання з одного боку супроводжуються наступними відповідями з іншого боку.

5. За кількістю використовуваних каналів зв'язку розрізняють **одноканальні** і **багатоканальні** системи зв'язку (системи передачі інформації).

Система зв'язку називається багатоканальною, якщо вона здатна забезпечити передачу кількох повідомлень по одній загальній лінії зв'язку (каналу). Основне завдання багатоканальних систем зв'язку – одночасна передача повідомлень від багатьох джерел, тобто збільшення пропускної здатності (часто використовується термін «ємність»).

6. За типом сигналу, що застосовується, системи зв'язку поділяються на **аналогові** і **цифрові**.

В аналогових системах використовується неперервний сигнал. Особливістю його є те, що два сигнали можуть відрізнитися один від одного як завгодно мало.

У цифрових системах використовується сигнал, який складається з різних елементів. Такими елементами є 1 і 0. Одиниця звичайно позначається імпульсом або відрізком гармонійного коливання з певною амплітудою. Нуль позначається відсутністю переданої напруги. Сукупність 1 і 0 складає повідомлення - кодову комбінацію.

7. За способом здійснення з'єднання системи поділяються на системи з виділеними каналами зв'язку, з комутацією каналів, комутацією повідомлень і комутацією пакетів.

При використанні **виділених каналів зв'язку** приймально-передаюча апаратура вузлів зв'язку постійно з'єднана між собою. Цим забезпечується високий ступінь готовності системи до передачі інформації і більш висока якість зв'язку. Однак, через порівняно великі витрати на експлуатацію мереж з виділеними каналами зв'язку, їх рентабельність досягається тільки за умови високого завантаження каналів.

У системах з **комутацією каналів** з'єднання абонентів здійснюється за типом автоматичної телефонної станції тільки на час передачі певного об'єму даних.

Переваги таких систем – висока гнучкість і порівняно невелика вартість при малому обсязі трафіку.

Недоліки таких каналів: втрати часу на комутацію (на встановлення зв'язку між абонентами), можливість блокування передачі через зайнятість окремих ділянок лінії зв'язку, знижена якість передачі, велика вартість при значному обсязі трафіку.

Обмін інформацією в мережах з **комутацією повідомлень** здійснюється за типом передачі телеграм. Відправник складає текст повідомлення, вказує адресу, категорію терміновості і таємності і це повідомлення записується в запам'ятовуючий пристрій. При звільненні каналу повідомлення автоматично передається на наступний проміжний вузол або безпосередньо абоненту. На проміжному вузлі повідомлення також записується в запам'ятовуючий пристрій і при звільненні наступної ділянки передається далі.

Перевагою таких мереж є відсутність відмови в прийомі повідомлення.

Недолік полягає в порівняно великому часі затримки повідомлення за рахунок його збереження в запам'ятовуючому пристрої. Тому такі системи не використовують для передачі інформації, яка вимагає доставки в реальному часі.

У мережах з **комутацією пакетів** обмін інформацією здійснюється так само, як і в мережах з комутацією повідомлень. Однак повідомлення поділяється на короткі пакети, які швидко знаходять собі маршрут до адресата. В результаті час затримки пакетів буде меншим.

8. За мобільністю системи зв'язку поділяються на:

- стаціонарні (традиційні абонентські лінії);
- рухомі.

9. За наявністю зворотного каналу розрізняють системи без зворотного зв'язку та зі зворотним зв'язком. При цьому,

інформація, що передається по зворотному каналу, може бути використана для збільшення достовірності передачі повідомлень у прямому напрямі.

10. За способом використання та характером повідомлень, що передаються по зворотному каналу, розрізняють системи з вирішальним та з інформаційним зворотним зв'язком.

В системах першого типу рішення про правильність прийнятого повідомлення приймається на приймальній стороні і, якщо виявлена помилка, то по зворотному каналу видається команда на повторення попередньої кодової комбінації.

В системах другого типу приймальна сторона ретранслює повідомлення по зворотному каналу на передавальну сторону. Передавач порівнює прийняте по зворотному каналу повідомлення з тим, що передавалося і при їх невідповідності повторює повідомлення.

11. За масштабом застосування (сферою обслуговування) розрізняють такі телекомунікації:

а) відомчі — телекомунікації, які використовуються фізичними або юридичними особами для задоволення власних потреб;

б) загального користування — телекомунікації, які використовуються для надання телекомунікаційних послуг усім користувачам;

в) подвійного використання — відомчі або спеціальні телекомунікації, які, крім виконання своїх основних функцій, забезпечують надання телекомунікаційних послуг іншим користувачам;

г) спеціального призначення — телекомунікації, які забезпечують передавання і приймання інформації з обмеженим доступом для потреб органів державної влади.

7.4. Функції, завдання та критерії якості телекомунікаційних систем

Основною функцією телекомунікаційних систем є організація оперативного і надійного обміну інформацією (даними) між абонентами.

Головний показник ефективності функціонування телекомунікаційних систем – якість одержуваної інформації і час доставки повідомлень – визначається цілою низкою чинників:

1. структурою мережі зв'язку;
2. пропускною спроможністю ліній зв'язку;
3. способами з'єднання каналів зв'язку між абонентами;
4. використовуваними протоколами інформаційного обміну;
5. методами доступу абонентів до передавального середовища;
6. методами маршрутизації пакетів та ін.

Основною вимогою до систем зв'язку є відсутність факту переривання зв'язку, але допускається деяке погіршення якості переданого повідомлення і очікування встановлення зв'язку.

Основне призначення систем електров'язку (телекомунікаційних мереж або мереж зв'язку), якими управляють компанії – оператори, — організація між користувачами каналу зв'язку із заданими параметрами для передачі і отримання інформації.

В цілому на телекомунікаційну систему покладається виконання низки завдань пов'язаних із забезпеченням призначеного для користувача трафіку:

- узгодження форматів повідомлень (сигналів), що передаються через різні канали системи;
- синхронізація роботи каналів;
- комутація каналів, повідомлень, пакетів;
- маршрутизація повідомлень, пакетів;
- забезпечення необхідного рівня завадозахищеності та ін.

Відповідно, всі апаратні і програмні засоби, що забезпечують вирішення цих завдань, є частиною телекомунікаційної системи.

Для телекомунікаційних систем характерний ряд **специфічних особливостей**:

- різнотипність застосовуваних каналів зв'язку – від телефонних до супутникових;
- обмеженість числа каналів між абонентами, які можна використовувати для передачі різного роду повідомлень;
- різні рівні пропускної здатності доступних каналів зв'язку.

В процесі передачі інформація може втрачатися, спотворюватися. Це відбувається через різні перешкоди, як на каналі зв'язку, так і при кодуванні і декодуванні інформації. З такими ситуаціями зустрічаються досить часто: спотворення звуку в телефоні, перешкоди при телевізійній передачі, помилки телеграфу, неповнота переданої інформації, невірно виражена думка, помилка в розрахунках. Питаннями, пов'язаними з методами кодування і декодування інформації, займається спеціальна наука – **криптографія**.

Одним з найважливіших факторів, що визначає можливості телекомунікаційних систем та комп'ютерних мереж в цілому, є технічні характеристики каналів зв'язку.

Основою функціонування телекомунікаційних (інформаційних) систем є процеси передавання, перетворення та накопичення інформації. Тому критерієм якості роботи телекомунікаційних (інформаційних) систем є ступінь їх здатності передавати, накопичувати або перетворювати необхідну кількість інформації за одиницю часу при припустимих спотвореннях і витратах.

Загальні тенденції розвитку систем передавання інформації характеризуються зростанням швидкості передавання інформації, зменшенням споживання енергії джерела живлення абонентських терміналів систем рухомого зв'язку, підвищенням надійності та перешкодостійкості, раціональним використанням смуги частот. Успіхи у вирішенні цих завдань пов'язані передусім із широким

застосуванням сучасних досягнень теорії інформації та кодування, мікроелектроніки та схемотехніки, використанням нових методів модуляції сигналів, застосуванням сучасних методів цифрового оброблення сигналів. Передавання інформації в цифровому вигляді забезпечує більш високі значення показників якості систем передачі інформації, зокрема, перешкодостійкості та пропускної здатності, розширяє їх можливості щодо передавання різних видів повідомлень.

В подальшому буде зручно розглядати системи зв'язку, розділивши їх попередньо на дві групи: системи зв'язку для передачі неперервних повідомлень і системи зв'язку для передачі дискретних повідомлень. Крім цього зауважимо, що розгляд конкретних систем в основному буде стосуватися визначального для будь-якої системи функціонального вузла – перетворювача повідомлення в сигнал і навпаки.

7.5. Вимоги до телекомунікаційних систем

До сучасних систем зв'язку ставиться цілий ряд різнобічних вимог, основними з яких є:

- оперативність;
- достовірність;
- завадостійкість;
- надійність;
- скритність.

Оперативність зв'язку визначає здатність системи зв'язку забезпечити прийом і доставку повідомлень або ведення переговорів в терміни, обумовлені потребами управління. Оперативність зв'язку може оцінюватися ймовірністю того, що повідомлення буде повністю доставлено необхідному адресату протягом часу, не більше заданого. Слід зазначити, що час проходження повідомлення через систему зв'язку може визначатися не тільки часом передачі інформації, але і часом допоміжних операцій по очікуванню

звільнення каналу зв'язку, встановлення з'єднання, документування повідомлень і т. д.

Достовірність зв'язку характеризує здатність системи забезпечити відтворення переданих повідомлень у пунктах прийому із заданою точністю. Головними джерелами спотворень повідомлень є канали зв'язку, оскільки вони зазвичай характеризуються великою протяжністю, мінливими умовами проходження сигналу і впливами перешкод на нього. Критерії оцінки достовірності зв'язку визначаються видом повідомлень, що передаються. Вимоги до достовірності залежать від характеру переданих повідомлень та їх важливості.

Достовірність передачі мовних повідомлень кількісно оцінюється показником артикуляції (розбірливості, чіткості), який являє собою виражену у відсотках частку правильно прийнятих елементів мови (фраз, слів, звуків) від загального числа тих елементів, що передаються.

Достовірність передачі цифрових повідомлень може оцінюватися ймовірністю правильного прийому кодових комбінацій первинного коду, що відповідають переданим символам (знакам) повідомлень (літер, цифр, знаків пунктуації тощо). Крім цього на практиці для оцінки достовірності часто використовується ймовірність помилкового прийому символів. Вимоги до достовірності передачі цифрових повідомлень залежать від багатьох чинників і, зокрема, як зазначалося вище, визначаються характером переданих повідомлень. Очевидно, що в повідомленнях, що складаються із змістовного тексту і не містять цифр, може бути допущено більше спотворень символів, ніж при передачі цифрового тексту, оскільки в першому випадку деякі спотворення символів можна виправити за змістом прийнятого повідомлення. При передачі цифрової інформації для ЕОМ до систем передачі даних пред'являються підвищені вимоги щодо достовірності.

Перешкодостійкість зв'язку - це властивість системи зв'язку виконувати поставлені завдання з передачі повідомлень в умовах впливу всіх видів перешкод. Перешкодостійкість системи зв'язку

залежить від класів випромінювання радіосигналів, способів кодування, методів прийому та реєстрації сигналів, співвідношення сигнал/перешкода на вході радіоприймача. Забезпечення високої завадостійкості відноситься до числа основних проблем радіозв'язку. Для кількісної оцінки завадостійкості дуже часто використовують критерії достовірності передачі повідомлень.

Надійність зв'язку - це властивість системи зв'язку виконувати поставлені завдання з передачі повідомлень, зберігаючи протягом заданого проміжку часу значення основних характеристик (достовірність передачі) в заданих межах. Стосовно до систем радіозв'язку надійність залежить від технічного стану апаратури зв'язку (апаратурна надійність), стану середовища поширення радіохвиль і від електромагнітної обстановки. Найпростішими оцінками апаратурної надійності є ймовірність відмови за обумовлений інтервал часу, середній час напрацювання на відмову.

Електромагнітна обстановка в умовах поширення радіохвиль визначає умови стійкості каналу радіозв'язку. Внаслідок впливу різного роду перешкод радіозв'язок може бути порушений навіть при повній апаратурній надійності засобів радіозв'язку. Подія, яка спричиняє порушення радіозв'язку називається відмовою. Відмовою системи радіозв'язку може вважатися будь-яка подія, яка викликає затримку переданих повідомлень на час, більший допустимої затримки і призводить до зниження достовірності. Підвищення надійності зв'язку, зокрема, досягається використанням в апаратурі високонадійних елементів, резервуванням апаратури і каналів зв'язку, а також їх правильною експлуатацією.

Скритність зв'язку – це здатність системи зв'язку протистояти розкриттю противником змісту переданої інформації і місць розташування пунктів передачі і прийому (у військовій справі – пунктів управління і аеродромів, військових частин). Скритність радіозв'язку підвищується при використанні мінімально необхідної потужності передавача і спрямованих антен, при скороченні часу передачі і збільшення інтервалів часу між сеансами зв'язку, при виконанні певних заходів з радіомаскування і дотриманні правил

радіообміну, при застосуванні спеціальної апаратури і документів зв'язку.

7.6. Телекомунікаційна система для передачі неперервних повідомлень

Узагальнена структурна схема телекомунікаційної системи для передачі **неперервних** повідомлень представлена на рис. 7.3.

Повідомлення $x(t)$ з джерела повідомлень поступає на вхід перетворювача, який формує первинний сигнал $s(t)$. В якості передавального пристрою в даній схемі виступає модулятор.

Модулятор – це пристрій, який здійснює перетворення первинного сигналу $s(t)$ у вторинний сигнал $S(t)$, зручний для передачі в середовищі поширення в умовах дії перешкод $n(t)$.

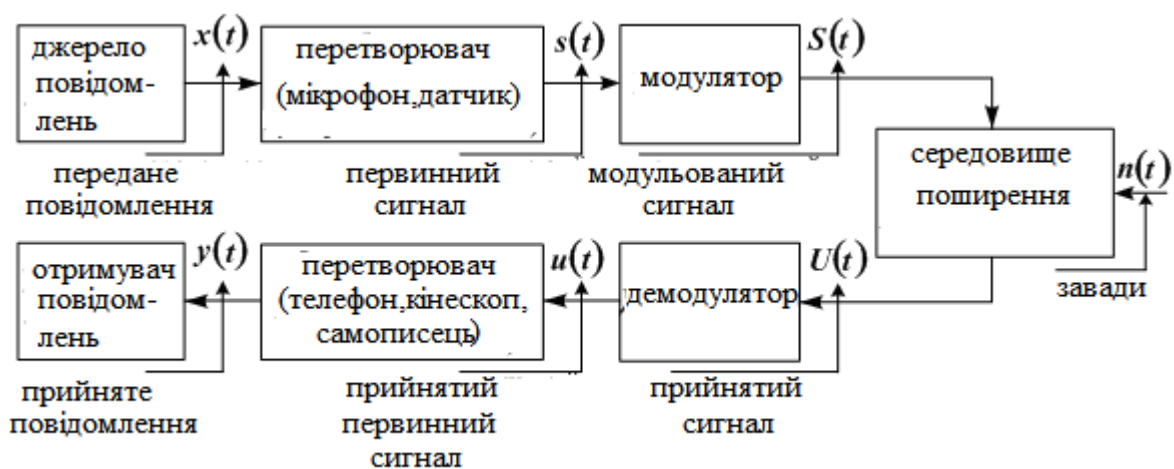


Рис. 7.3. Узагальнена структурна схема телекомунікаційної системи для передачі неперервних повідомлень

В якості приймача виступає демодулятор.

Демодулятор – це пристрій, в якому з прийнятого сигналу $U(t)$ виділяється первинний електричний сигнал $u(t)$, який через дії перешкод може значно відрізнитися від переданого сигналу $s(t)$. Іншими словами, демодулятор здійснює операції, зворотні модулятору.

Під перешкодою розуміється будь-який вплив на сигнал, що погіршує достовірність відтворення переданих повідомлень. У найбільш простому випадку на вхід демодулятора (приймача) надходить сума сигналу $S(t)$ і перешкоди $n(t)$: $U(t) = S(t) + n(t)$. Такі перешкоди називають адитивними.

Перетворювач необхідний для формування повідомлення $u(t)$ з прийнятого первинного сигналу $x(t)$. Якість телекомунікаційної системи визначається ступенем відповідності прийнятого повідомлення $u(t)$ переданому повідомленню $x(t)$.

7.7. Класифікація телекомунікаційних системи передачі неперервних повідомлень

Системи передачі неперервних повідомлень поділяють на такі види: система телефонного зв'язку, система звукового мовлення, система факсимільного зв'язку, система телевізійного мовлення

7.7.1. Система телефонного зв'язку

Телефонний зв'язок - вид електрозв'язку, призначений для обміну інформацією переважно шляхом розмови з використанням телефонних апаратів.

Для системи телефонного зв'язку характерним є те, що вона забезпечує передачу звукових повідомлень в обох напрямках. Ці повідомлення створюються голосовими зв'язками людини і є неперервними повідомленнями.

Для перетворення звукових коливань в електричний сигнал в системі телефонного зв'язку використовують акустoeлектричний перетворювач, який називається мікрофоном. Отриманий в результаті перетворення електричний сигнал може передаватися на певні відстані. На приймальному кінці здійснюється перетворення електричного сигналу в звукове повідомлення і це забезпечується телефоном.

На рис. 7.4 наведена спрощена схема одного з можливих

варіантів побудови системи телефонного зв'язку з використанням вугільного телефону.

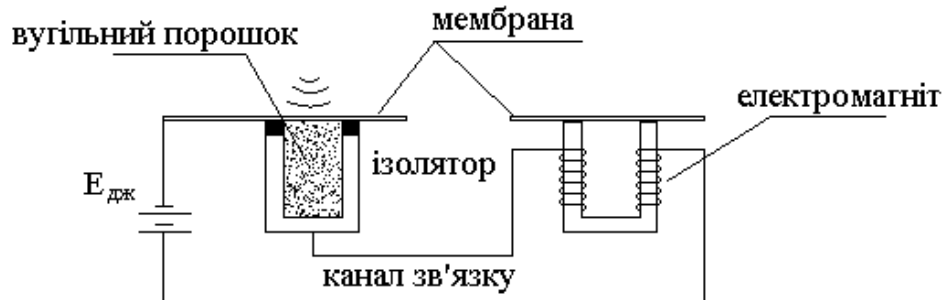


Рис. 7.4. Спрощена схема системи телефонного зв'язку

Через вугільний порошок мікрофона замикається електричне коло, в якому встановлено джерело напруги $E_{дж}$. Під дією звукового тиску на мембрану опір вугільного порошку змінюється, що приводить до зміни величини струму в електричному колі. При цьому намагніченість магніту в телефоні змінюється, в результаті чого мембрана телефону відтворює звукові коливання, закон яких повторює зміни звукового тиску на мембрані мікрофона. Отже, звукові коливання відтворюють передане повідомлення.

Кінцевий пристрій, який в системах електрозв'язку називають абонентським пристроєм, в системі телефонного зв'язку конструктивно оформлений у вигляді телефонного апарата. В ньому, крім перетворень первинного повідомлення в сигнал і навпаки, реалізовані функції виклику, сигналізації, відбою тощо. Конструктивно в кожному абонентському пристрої мікрофон об'єднаний з телефоном і складає структурну одиницю – мікротелефон.

Канали передачі в системах телефонного зв'язку створюються сукупністю пристроїв і середовища поширення, які забезпечують проходження сигналу від одного телефонного апарата до іншого.

7.7.2. Система звукового мовлення

Звукове мовлення - вид електрозв'язку, призначений для

передачі програм звукового мовлення широкому колу територіально розосереджених слухачів за допомогою радіо і дротяних ліній.

Отже, це система односторонньої дії і призначена для передачі звукових повідомлень одночасно великій кількості споживачів, розміщених на певній території.

При організації системи звукового мовлення ставляться жорсткіші вимоги до якості передачі, ніж в системі телефонного зв'язку. В першу чергу це стосується діапазону частот первинного сигналу, який в системі звукового мовлення може наближатися до значень, які відповідають діапазону сприйняття органами слуху людини (20...20000 Гц).

В системах радіомовлення передача інформації здійснюється в просторі, для чого система має в своєму складі передавач, передавальну антену і приймач. В багатьох випадках приймальна антена і приймач конструктивно об'єднані.

Залежно від технічних засобів, які використовуються для передачі сигналів звукового мовлення, розрізняють системи радіомовлення і дротового мовлення.

Для забезпечення передачі сигналів звукового мовлення в системі радіомовлення використовують додаткові високочастотні сигнали, параметри яких змінюються за законом корисного сигналу. На приймальному кінці використовують радіоприймачі, в яких здійснюється процес підсилення високочастотного сигналу, виділення з нього корисного сигналу (демодуляція), підсилення його і подача на електроакустичний перетворювач – гучномовець.

В системі дротового мовлення електричний сигнал від потужного передавача надходить до споживачів по спрямовуючих пристроях, якими є лінії зв'язку.

Гучномовець побудований за принципом, схожим з принципом побудови телефонів у телефонному зв'язку. Низькочастотний сигнал подається на котушку, яка прикріплена до дифузора гучномовця і створює змінне магнітне поле. Дифузор приводиться в коливання за рахунок змінної сили притягування до постійного

магніту і внаслідок цього утворює звукові коливання.

7.7.3. Система факсимільного зв'язку

Факсимільний зв'язок і його різновид - **передача газетних смуг** - забезпечують передачу оптичних повідомлень у вигляді нерухомих зображень (у тому числі і кольорових).

Система факсимільного зв'язку призначена для передачі нерухомих зображень. Інформаційним параметром таких повідомлень є коефіцієнт відбиття світлового потоку. Електричний сигнал, який створюється в процесі перетворення зображення є неперервним, оскільки в загальному випадку коефіцієнт відбиття змінюється плавно в певному діапазоні значень. Основним елементом, який забезпечує перетворення зображення в електричний сигнал, є фотоелектричний перетворювач або фотоелемент. В такому перетворювачі під дією світлового потоку різної інтенсивності змінюється кількість вільних електронів і змінюється величина струму в колі, в яке послідовно увімкнений такий елемент, рис. 7.5.

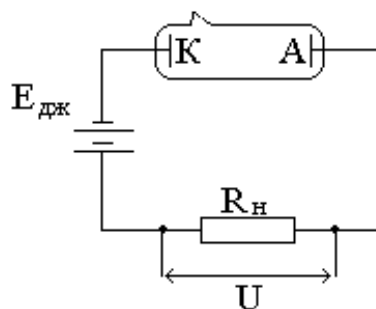


Рис. 7.5. Коло з фотоелектричним елементом

Нерухоме зображення в процесі його перетворення в електричний сигнал умовно ділиться на елементарні площадки за допомогою пристрою розгортки. Ці площадки по чергово освітлюються вузьким променем світла. Величина елементарної площадки відповідає площі перетину світлового променя. Відбитий промінь відповідно до коефіцієнта відбиття надходить на катод К

фотоелемента і визначає в кожний момент амплітуду факсимільного сигналу. Зміна цієї амплітуди пов'язана зі швидкістю розгортки і характером зображення. Отриманий сигнал може передаватися в лінію.

Процес розділу зображень на елементарні площадки і формування електричного сигналу називається **аналізом зображення**. Процес перетворення електричного сигналу в зображення на приймальному кінці – **синтезом зображення**.

7.7.4. Система телевізійного мовлення

Телевізійне мовлення і відеотелефонний зв'язок здійснюють одночасну передачу оптичних і звукових повідомлень. При цьому телебачення забезпечує одночасну передачу повідомлень для широких мас населення, а зв'язок відеотелефону - двосторонню передачу індивідуальних повідомлень, дозволяючи вести переговори, при яких співбесідники бачать один одного.

Система телевізійного мовлення забезпечує передачу рухомих зображень. Система передачі зображень супроводжується звуковими повідомленнями, тому поділяється на дві підсистеми: підсистему передачі оптичних повідомлень та підсистему передачі звукових повідомлень.

Очевидно, система передачі рухомих повідомлень за принципом створення електричного сигналу схожа з системою факсимільного зв'язку. Різниця полягає в тому, що для передачі рухомих зображень розгортальний пристрій повинен бути більш швидкісним, ніж в системі факсимільного зв'язку. Це пов'язано з тим, що ефект руху тут, як і в кіно, досягається завдяки швидкій зміні кадрів. У зв'язку з інерційністю зору людина не помічає моменти зміни кадрів і в неї складається відчуття неперервного руху об'єктів зображення. Таким чином, перетворення рухомих зображень порівняно з нерухомими повинно відбуватися зі значно більшою швидкістю розгортки.

Система телевізійного мовлення включає передавач, лінію

зв'язку і приймач. Як передавач або первинний перетворювач оптичного сигналу в електричний використовується електронно-променева трубка. Принцип перетворення оптичного зображення в електричний сигнал показаний на рис. 7.6.

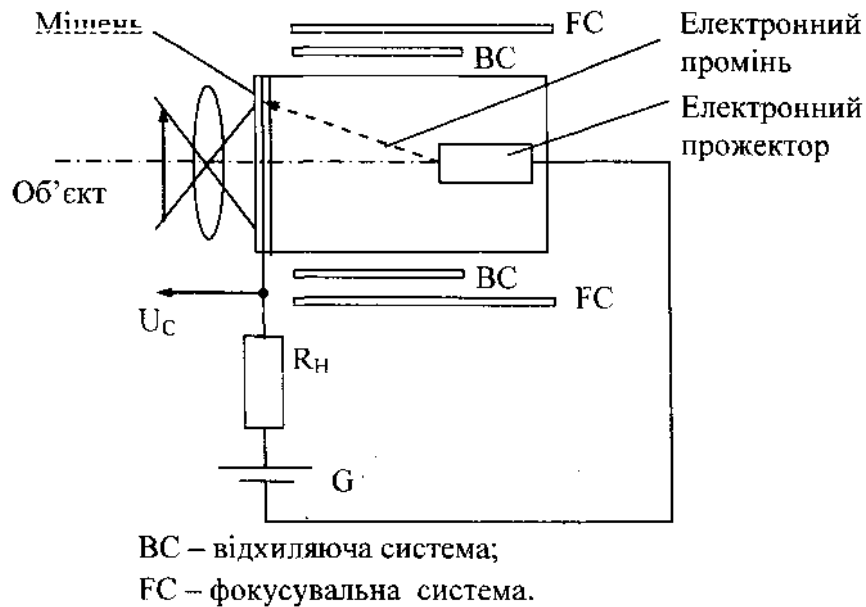


Рис. 7.6. Принцип роботи передавальної телевізійної трубки

Основні елементи – два електроди, розміщені в балоні. Один з них – електронний прожектор, який створює електронний промінь; другий електрод – мішень, на який цей електронний промінь падає.

Мішень складається з двох шарів: зовнішній шар спрямований в сторону об'єкта та є прозорим, а внутрішній, що спрямований в бік електронного променя, характеризується наявністю внутрішнього фотоефекту. Його суть полягає в тому, що електронна провідність окремих ділянок мішені, які мають різну інтенсивність освітлення, є різною.

Через систему об'єктивів оптичне повідомлення проєктується на зовнішній шар мішені. Різні ділянки освітлені по-різному залежно від характеру зображення. За допомогою фокусувальної системи FC поперечний перетин променя встановлюється мінімально можливим в площині внутрішнього шару мішені. Відхиляюча система ВС забезпечує відхилення цього променя і поступове

проходження променем всього зображення. Проходження здійснюється по рядках, зміщуючись з одного боку в інший і зверху донизу.

Система “електронний прожектор, електронний промінь та мішень” входить в електричне коло, в якому встановлено джерело постійної напруги E і навантаження R_H . В кожний момент часу величина струму залежить від електропровідності мішені, тобто від інтенсивності її освітлення. Таким чином, «пробігаючи» по всій площині мішені, електронний промінь створює сигнал, який містить у собі інформацію одного кадру. Створений електричний сигнал називається **відеосигналом**.

Очевидно, що, крім корисної інформації, яка закладена в змінах величини струму в колі, а, відповідно, і амплітуди U_C , телевізійний сигнал повинен мати в своєму складі допоміжні сигнали, які забезпечують синхронну роботу телеприймачів і передавальної трубки.

Відеосигнал характеризується частотним спектром від десятків герц до декількох мегагерц. Відеосигнали з таким широким діапазоном частот, зосередженим в області низькочастотної частини діапазону, не можуть передаватися безпосередньо лініями зв'язку.

Для передачі відеосигналів використовується попередня процедура перенесення сигналу в область високих частот (**модуляція**), а тому передача здійснюється на значно вищих частотах, ніж верхня частота відеосигналу.

Для відтворення рухомого зображення у місці прийому забезпечується приймання цього сигналу антеною телевізійного приймача, перетворення його до початкового відеосигналу і подача відеосигналу на модулятор приймальної електронно-променевої трубки (**кінескоп**).

Відеосигнал надходить на модулятор кінескопа, і залежно від його амплітуди змінюється інтенсивність електронного променя. Частина кінескопа, яка направлена на телеглядача (екран) з внутрішньої сторони покрита спеціальним матеріалом – люмінофором. Цей матеріал має властивість випромінювати

світлову енергію, інтенсивність якої залежить від інтенсивності електронного пучка. Отже, «пробігаючи» весь екран електронний промінь збуджує світіння люмінофору і відтворює переданий кадр зображення.

В сучасних телевізійних системах використовуються більш прогресивні технології, хоча розглянуті принципи, очевидно, зберігаються для будь-якої технічної реалізації.

Під час зміни рядків і кадрів промінь розгортки у приймальній трубці повинен бути погашеним. Крім цього, необхідно здійснити синхронізацію променів приймальної та передавальної трубок. Отже, крім сигналу зображення повинні передаватися додаткові керуючі імпульси – гасіння та синхронізації. Такий електричний сигнал отримав назву **повного телевізійного сигналу**.

7.8. Телекомунікаційна система для передачі дискретних повідомлень

Структурна схема телекомунікаційної системи для передачі дискретних повідомлень наведена на рис. 7.7.

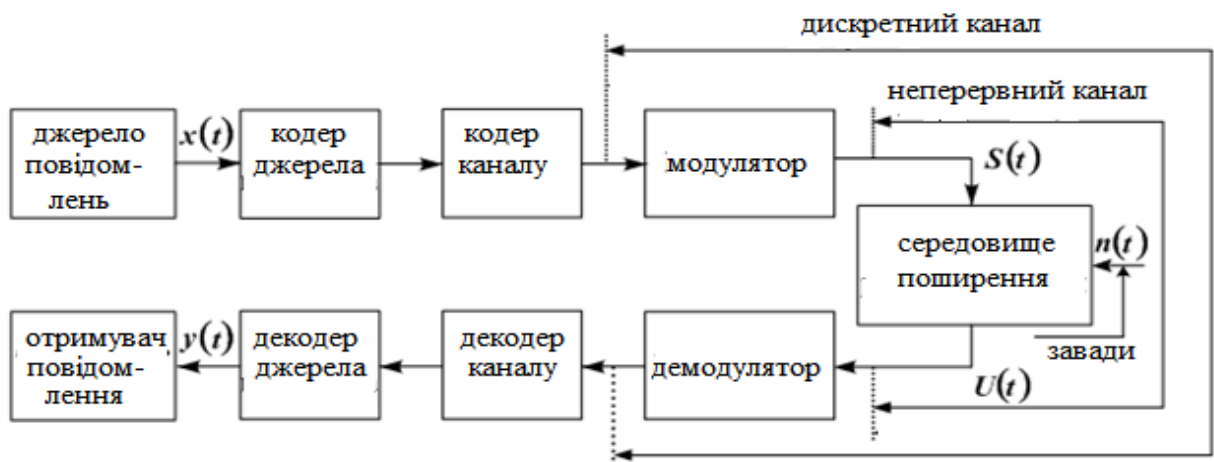


Рис. 7.7. Структурна схема телекомунікаційної системи для передачі дискретних повідомлень

В даному випадку **передавальний перетворювач** сигналу включає кодер джерела, кодер каналу і модулятор.

Приймальний перетворювач сигналу включає декодер джерела, декодер каналу і демодулятор.

Процес перетворення повідомлення в сигнал називається **кодуванням**.

Процес перетворення сигналу в повідомлення приймальною стороною системи зв'язку називають **декодуванням**.

Кодер джерела – пристрій, що формує електричний первинний сигнал у форму, що має певний математичний опис, тобто формує первинний бітовий потік. **Кодер джерела** здійснює стиснення інформації. Кодування джерела дозволяє усунути надмірність, наявну в вихідному повідомленні. Кодер джерела служить для перетворення повідомлень в кодові символи з метою зменшення надмірності джерела повідомлення, тобто забезпечення мінімуму середнього числа символів на одне повідомлення та подання в зручній формі (наприклад, у вигляді двійкових чисел).

Кодер каналу – пристрій, що перетворює первинний бітовий потік у форму, необхідну для ефективного узгодження переданої інформації з каналом зв'язку. **Кодер каналу** призначений для введення додаткової надмірності з метою підвищення завадостійкості. Це дозволяє виявляти і виправляти помилки в каналному декодері і підвищувати достовірність передачі.

Модулятор змінює спектр сигналу з метою його передачі по конкретній лінії зв'язку.

Модуляція дозволяє вирішувати кілька завдань:

- підвищення завадостійкості;
- ущільнення ліній зв'язку (створення декількох каналів зв'язку на одній лінії зв'язку);
- підвищення швидкості передачі сигналів.

Для модуляції використовуються різні методи:

- аналогові (амплітудна, частотна, фазова);
- цифрові (різні методи маніпуляції, багатопозиційні методи модуляції тощо).

Демодулятор здійснює перенесення спектра прийнятого сигналу в первинну смугу.

У **декодері каналу** виконуються операції, зворотні операціям кодера.

Декодер каналу здійснює видалення надмірності з отриманого сигналу і його виправлення у разі необхідності. Він забезпечує перевірку надлишкового (завадостійкого) коду і перетворення його в послідовність первинного електричного сигналу безнадлишкового коду.

Декодер джерела – це пристрій для перетворення послідовності первинного електричного сигналу безнадлишкового коду в повідомлення.

Декодер джерела виконує відновлення інформації із стиснутого сигналу. Завдання декодера джерела полягає в тому, щоб перетворити цифровий сигнал у форму зручну для споживача, одержувача інформації.

Прийнято розрізняти дві групи відносно самостійних пристроїв: модеми і кодеки.

Модем називається сукупність кодера і декодера, які при двосторонньому зв'язку конструктивно об'єднані в один пристрій.

Кодек називається конструктивно поєднана сукупність модулятора і демодулятора.

7.9. Класифікація телекомунікаційних систем передачі дискретних повідомлень

Передачу дискретних повідомлень у вигляді текстів (телеграм) і цифрових даних забезпечують **системи телеграфного зв'язку і системи передачі даних**. Причому передача даних забезпечує більш швидку і якіснішу передачу повідомлень.

Телеграфний зв'язок і передача даних на відміну від інших видів електрозв'язку призначені для передачі на відстань дискретних повідомлень, які мають індивідуальне призначення.

Дискретний характер повідомлень дозволяє використовувати в системах, що реалізують ці види зв'язку, кодовий метод перетворення повідомлення в сигнал і навпаки. Сигнали в цих системах також мають дискретний характер. При цьому їх інформаційний параметр набуває, як правило, всього двох значень. Ця обставина дозволяє використовувати для реалізації складних сучасних дискретних систем зв'язку двійкові перемикаючі пристрої, що відрізняються простотою, стійкістю та довговічністю у роботі.

Особливості побудови і роботи дискретних систем забезпечують їм низку переваг та додаткових можливостей порівняно з іншими системами електрозв'язку. Основними з них є:

- більш висока продуктивність роботи дискретних систем;
- можливість передавання повідомлень з будь-якою необхідною швидкістю;
- більш високий ступінь автоматизації на всіх етапах роботи;
- висока завадостійкість.

7.9.1. Система телеграфного зв'язку

Система телеграфного зв'язку (рис. 7.8) забезпечує двосторонню передачу документальних повідомлень – телеграм.

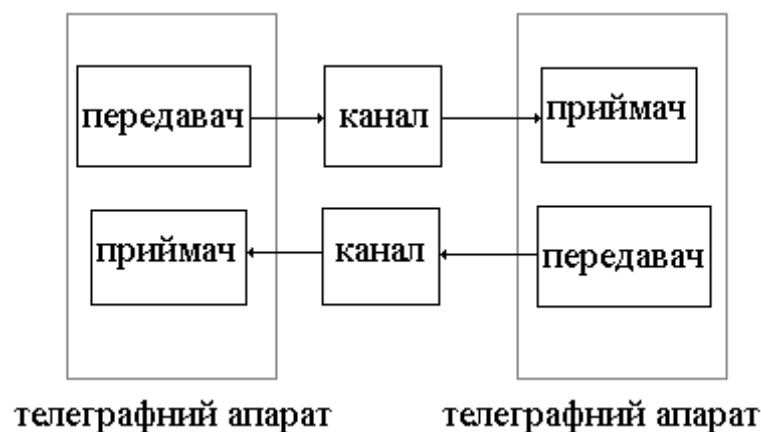


Рис. 7.8. Спрощена структурна схема системи телеграфного зв'язку

Такі повідомлення є літерно-цифровими і для забезпечення їх

передачі і прийому кінцеві пункти обладнані телеграфними апаратами. В телеграфному апараті здійснюється процедура, яка забезпечує кодовий метод перетворення повідомлення в сигнал і навпаки. Така процедура має назву – **кодування**. В результаті такого перетворення окремі символи подаються сукупністю дискретних сигналів, які створюють кодові комбінації за певним правилом. Отже, кожному знаку повідомлення відповідає своя комбінація. Лінією зв'язку в системі телеграфного зв'язку передаються дискретні сигнали. Найбільш поширеними в даний час є дискретні сигнали, які характеризуються двома рівнями: високим і низьким. Як вже зазначалось, такі сигнали отримали назву двійкових.

В процесі **декодування** на приймальному кінці телеграфний апарат виконує зворотне перетворення сигналу в повідомлення у такій послідовності. Спочатку елементи сигналу почергово приймаються, перетворюються в елементи кодової комбінації і запам'ятовуються. Після цього визначається знак (символ), що відповідає прийнятій кодовій комбінації, тобто виконується операція, що є зворотною кодуванню. Процес прийому закінчується записом знака на папері. Всі перераховані операції виконуються спеціальними пристроями приймальної частини кінцевих телеграфних апаратів.

Системи телеграфного зв'язку відрізняються за способом кодування, за характером дискретних сигналів, які використовуються, і за швидкістю передачі.

7.9.2. Система передачі даних

Системи передачі даних не мають принципових відмінностей від систем телеграфного зв'язку. В них також використовують умовний (кодовий) метод перетворення повідомлень в сигнал і навпаки. Але на відміну від системи телеграфного зв'язку система передачі даних здатна передавати дискретні повідомлення значно швидше і точніше, тобто забезпечувати більш високі швидкості і якість передачі повідомлень. Передача здійснюється з більшою

завадостійкістю (protection ratio), що гарантує задану правильність для будь-якої практично необхідної швидкості передачі повідомлень та значних обсягів інформації.

Для забезпечення якісної передачі дискретних сигналів в системі передачі даних використовується апаратура передачі даних (АПД). Основні функції апаратури передачі даних: захист від помилок та перетворення дискретного сигналу з метою його узгодження з параметрами каналу передачі.

Пристрої підвищення якості передачі дозволяють виявляти або навіть виправляти помилки у повідомленнях, які з'являються в процесі передачі. Системи передачі даних використовують двосторонній канал – зворотний канал використовується для боротьби з помилками.

РОЗДІЛ 8. ЛІНІЇ І КАНАЛИ ЗВ'ЯЗКУ

8.1. Загальні поняття про лінії та канали зв'язку

Визначення канал зв'язку, лінія зв'язку, сигнал, повідомлення є найбільш уживаними в професійній діяльності фахівців в області телекомунікацій. Знання цих визначень і класифікацій сигналів каналів, ліній зв'язку допомагає орієнтуватися в різноманітті реальних каналів і ліній зв'язку, сприяє якнайшвидшому професійному становленню.

Передача інформації – фізичний процес, за допомогою якого здійснюється переміщення інформації в просторі.

Система передачі інформації складається з джерела інформації, каналу зв'язку та одержувача інформації.

Структурна схема, представлення на рис 7.1, дає загальне уявлення про передачу інформації.

У цій структурній схемі можна виділити частину, яку прийнято називати **каналом зв'язку**. Основне призначення каналу зв'язку - вирішення проблеми просторової передачі сигналів.

Джерело передає інформацію, а приймач її отримує. Інформація передається від джерела до приймача за допомогою сигналу (коду). Повідомлення від джерела до одержувача передається за допомогою будь-якого середовища поширення сигналу, що є в такому разі «каналом зв'язку» (рис. 7.1). Тобто в процесі передачі інформації обов'язково беруть участь **передавач і приймач** інформації: перший передає інформацію, другий її отримує. Зв'язок між ними забезпечує **канал зв'язку**

Наприклад, при передачі мовного повідомлення в якості такого каналу зв'язку можна розглядати повітря, в якому поширюються звукові хвилі, а в разі передачі письмового повідомлення (наприклад, тексту, роздрукованого на принтері) каналом зв'язку можна вважати лист паперу, на якому надрукований текст.

На даний час існує багато визначень каналу зв'язку в залежності від області техніки. Перед передачею сигнал, як правило, обробляється з метою оптимізації його властивостей і узгодження цих властивостей з властивостями самого каналу зв'язку. Сукупність правил такої обробки прийнято називати **протоколом**. Природно, що на приймальному кінці, для відновлення сигналу в його первинному вигляді, необхідно знати зазначену сукупність правил, тобто протокол. Тільки в цьому випадку можлива передача інформації без спотворень. Обробку сигналу до необхідного рівня неможливо здійснити без застосування мікропроцесорних засобів і відповідних програм, виконаних на основі певних алгоритмів. Все це змінює визначення каналу зв'язку на сучасному рівні розвитку техніки і теорії передачі інформації.

Канал зв'язку (канал передачі повідомлень) – фізичне середовище, по якому здійснюється передача сигналів.

Лінія зв'язку – це сукупність технічних засобів (перетворювачів) і середовища поширення сигналів (каналу зв'язку) для передачі повідомлень від джерела до одержувача (і навпаки) (рис.7.1).

Іноді терміни «лінія зв'язку» і «канал зв'язку» використовуються як тотожні. Незважаючи на це вони мають деякі відмінності, про які потрібно знати при побудові коректної інформаційної комунікації.

Канал зв'язку є неодмінною складовою частиною кожної лінії зв'язку. Іноді до складу лінії зв'язку включається декілька каналів зв'язку (на різних ділянках протяжної лінії зв'язку використовуються кабельні, радіорелейні та інші канали зв'язку). Однак частіше один і той же канал зв'язку застосовується для передачі сигналів, що належать кільком лініям зв'язку.

Поняття лінії зв'язку охоплює всі елементи схеми, представленої на рис. 7.1, від джерела до отримувача інформації.

У складі пристроїв лінії зв'язку розрізняють:

- апаратуру передачі даних – забезпечує передачу і прийом сигналів;

– проміжне обладнання – виконує дві функції: підсилює сигнали і забезпечує постійну комутацію між абонентами.

Таким чином, лінію зв'язку утворюють:

– канал зв'язку,
– апаратура передачі даних (мережеві карти, модеми),
– проміжне обладнання (повторювачі, концентратори та інше).

Лінії зв'язку є невід'ємною найважливішою складовою частиною будь-якої системи електричного зв'язку (системи передачі інформації, телекомунікаційної системи). Лінія зв'язку є одноканальною телекомунікаційною системою.

На практиці мають місце випадки, коли по одній лінії зв'язку одночасно передаються сигнали від кількох джерел повідомлень до кількох отримувачів повідомлень. У таких лініях зв'язку сигнали від різних джерел повідомлень розділяються між собою і неначе йдуть окремими каналами зв'язку. Тому такі лінії зв'язку називають **багатоканальними**.

Прикладами багатоканальних ліній зв'язку є лінії телевізійного мовлення, в яких по одній лінії зв'язку передаються сигнали зображення і сигнали звукового супроводу, або провідові лінії зв'язку з ущільненням, в яких по одній парі провідів одночасно передається кілька телефонних розмов.

Досліджуючи передавання сигналів по багатоканальних лініях зв'язку, слід враховувати не тільки умови передавання сигналів по кожному з каналів, але й взаємний вплив між каналами зв'язку.

В комп'ютерних мережах використовують:

– провідні лінії зв'язку – будуються на базі провідних і кабельних каналів зв'язку (телефонні і телеграфні проводи, мідні коаксіальні кабелі, мідні виті пари, волоконно-оптичні кабелі, хвилеводи),

– безпровідні лінії зв'язку – будуються на базі радіорелейних каналів зв'язку, каналів зв'язку транкової радіомережі, супутникового зв'язку, радіозв'язку надвисокої частоти (НВЧ) і

мікрохвильового діапазону, оптичного зв'язку інфрачервоного і видимого діапазону випромінювання.

8.2. Фізичні параметри середовищ поширення електромагнітних хвиль

Переносниками інформації в лініях зв'язку є сигнали у вигляді електромагнітних хвиль, які поширюються у матеріальному середовищі (вакуумі, атмосфері, діелектрику, провідниках тощо).

Будь-яке матеріальне середовище характеризується такими параметрами:

- 1) питомим електричним опором ρ , Ом·мм²/м, або питомою електричною провідністю σ , См·м;
- 2) абсолютною діелектричною проникністю ϵ , Ф/м;
- 3) абсолютною магнітною проникністю μ , Гн/м.

Електричний опір викликає втрати електромагнітної енергії при поширенні металевими кабелями, питомий опір для ідеального провідника $\rho \rightarrow 0$, для ідеального діелектрика $\rho \rightarrow \infty$.

При поширенні електромагнітної енергії в діелектриках також мають місце втрати, обернено пропорційні квадрату відстані від джерела. Втрати також залежать від параметрів середовища.

Сила електромагнітної взаємодії у вакуумі завжди більша, ніж у будь-якому середовищі.

Діелектрична проникність середовища зменшує силу електромагнітної взаємодії. Абсолютну діелектричну проникність середовища ϵ доцільно представити в порівнянні з діелектричною проникністю вакууму:

$$\epsilon = \epsilon_r \cdot \epsilon_0 \quad (8.1)$$

де $\epsilon_0 = \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9}$ Ф/м — діелектрична проникність вакууму; ϵ_r — відносна діелектрична проникність середовища.

Для вільного простору (вакууму) $\epsilon_r = 1$, для атмосфери $\epsilon_r \approx 1,01$, для інших середовищ $\epsilon_r > 1$. Відносна діелектрична проникність металів $\epsilon_r = \infty$. З відносною діелектричною проникністю пов'язаний

показник заломлення $n = \sqrt{\epsilon_r}$. Він використовується при аналізі променевих процесів і характеризує оптичну щільність середовища.

Магнітна проникність середовища визначає його магнітні властивості, абсолютна магнітна проникність також представляється у порівнянні з магнітною проникністю вакууму:

$$\mu = \mu_r \cdot \mu_0 \quad (8.2)$$

де $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м — магнітна проникність вакууму; μ_r — відносна магнітна проникність середовища.

Для немагнітних металів (мідь, алюміній) і діелектриків $\mu_r = 1$. Для магнітних металів (залізо, нікель) $\mu_r \gg 1$. Абсолютні значення діелектричної та магнітної проникностей вільного простору пов'язані співвідношенням

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}} = 3 \cdot 10^8 \text{ км/с} \quad (8.3)$$

де c — швидкість світла у вільному просторі.

Властивості середовищ можуть залишатися незмінними або змінюватися від точки до точки. Перші називають однорідними, другі — неоднорідними. Важливе місце серед неоднорідних середовищ займають середовища, властивості яких у різних напрямках різні. Їх називають анізотропними, на відміну від однорідних — ізотропних.

Для ізотропних середовищ виконуються умови

$$\vec{B} = \mu_r \cdot \vec{H}; \quad \vec{D} = \epsilon_r \cdot \vec{E} \quad (8.4)$$

де \vec{E} та \vec{H} — вектори напруженості електричного E та магнітного H полів; \vec{D} та \vec{B} — вектори індукції електричного та магнітного полів відповідно.

В анізотропних середовищах діелектрична ϵ_r та магнітна μ_r проникності визначаються тензорами. Анізотропія призводить до подвійного променезаломлення під час поширення електромагнітних хвиль. Так, значною анізотропією відзначається

іоносфера, яка є магнітоактивною плазмою, оскільки іонізовані верхні шари атмосфери перебувають під дією магнітного поля Землі. Існують і штучно створені анізотропні середовища.

Так, оптичні анізотропні матеріали використовуються в окремих пристроях волоконно-оптичних систем передачі, а саме в акустооптичних модуляторах світла, оптичних ізоляторах (кристали з подвійним променезаломленням) тощо.

Серед неоднорідних середовищ особливе місце займають ті, що наповнені дискретними елементами — розсіювачами енергії сигналів. Прикладом таких середовищ є атмосфера з гідрометеорами (краплями дощу, снігу, туману). Розсіювачами є також середовища з плавною зміною параметрів, наприклад турбулентні повітряні потоки, що розсіюють енергію сигналів.

Середовища характеризуються також певними властивостями нелінійностей. Параметри лінійних середовищ не залежать від параметрів сигналів (потужності, струму, напруги). Так, електричний опір металів не залежить від значення струму чи напруги, діелектрична проникність більшості середовищ не залежить від напруженості електричного поля. На відміну від цього в світловодах при значних рівнях оптичної потужності, а отже, й напруженості електричного поля, з'являється залежність показника заломлення від інтенсивності світла, що приводить до появи нелінійних ефектів під час передачі оптичних сигналів. Наявність нелінійностей сприяє спотворенню сигналів. Певні нелінійності виникають і при поширенні радіосигналів, наприклад високоенергетичних сигналів.

Важливим є поняття **дисперсності середовища**. Середовище вважається дисперсним, якщо окремі параметри сигналів, що поширюються в ньому, мають деякий розкид. Так, у лініях зв'язку фазова швидкість різних частотних складових сигналів відрізняється від середнього значення. Оскільки в оптичному дисперсному середовищі показник заломлення залежить від довжини хвилі, то під час передачі оптичних імпульсів світловодами дисперсія призводить до розширення сигнальних імпульсів, а отже, до появи спотворень форми переданих сигналів.

8.3. Види ліній зв'язку

Невід'ємною і однією з найскладніших і витратних складових телекомунікаційних систем є лінії зв'язку (ЛЗ), якими передаються інформаційні сигнали від одного абонента (станції, передавача, регенератора) іншому (станції, приймачу, регенератору) та у зворотному напрямку.

Зважаючи на середовище поширення сигналів, лінії зв'язку можна поділити на 3 групи: проводові, оптичні та радіолінії (рис. 8.1).



Рис. 8.1. Види ліній зв'язку

Провідні (повітряні) лінії – утворюють проводи без ізолюючих обплетень, що підвішуються до стовпів. Такими лініями традиційно передаються телефонні, або телеграфні сигнали, або при відсутності інших можливостей, можуть використовуватися також для передачі даних. Також розвиваються технології, які дозволяють використовувати для передачі даних лінії електропостачання.

Кабельні лінії – складаються з мідних провідників, захищених кількома шарами ізоляції. В комп'ютерних мережах застосування знайшли три типи кабельних ліній:

- на основі витих пар мідних провідників,
- на основі оптоволоконних (волоконно-оптичних) кабелів,
- на основі коаксіальних кабелів.

Радіолінії (радіоканали) використовують для передачі даних радіосигнали. Швидкість передачі даних може досягати десятків Гбіт/с. Недоліком радіоліній є висока вартість передаючих і приймаючих пристроїв, низька захищеність, секретність і надійність зв'язку. Радіолінії використовують, якщо необхідно підтримувати зв'язок з рухомим об'єктом, або уникнути витрат, пов'язаних з укладкою кабелю.

В радіоканалах сигнали передаються шляхом модуляції високочастотної несучої частоти. Діапазони коротких, середніх і довгих хвиль (КХ, СХ, ДХ) забезпечують дальній зв'язок при невисокій швидкості передачі; при цьому використовується відбивання радіохвиль від іоносфери Землі. В діапазоні вище 4 ГГц радіохвилі не відбиваються від іоносфери Землі, тому радіохвилі більш високих частот – діапазонів ультракоротких хвиль (УКХ) і надвисоких хвиль (НВХ) – використовуються в супутникових і радіорелейних каналах зв'язку і є більш швидкими.

Інфрачервоні канали використовують для передачі даних радіохвилі в інфрачервоному діапазоні випромінювання. Гранична швидкість передачі даних по інфрачервоному каналу – 5-10 Мбіт/с. Як і у випадку радіоканалу, використовують відносно дорогі приймачі та передавачі, секретність не забезпечується. Головна перевага по відношенню до радіоліній – нечутливість до електромагнітних перешкод та відсутність необхідності отримання дозволу на установку і експлуатацію у зв'язку з малою потужністю випромінювання (до 50 МВт). Погано працюють в умовах сильної запиленості повітря.

Лазерні канали утворюють за допомогою передавача і приймача лазерного випромінювання. Через високу вартість використовуються в спеціальних випадках: при відсутності можливості провідного з'єднання (наприклад, водна перешкода), для створення резервних каналів і т.д.

Лінія зв'язку — кабельна (проводова чи оптоволоконна) або радіолінія — є безперервною за довжиною, спрямовує електромагнітну енергію сигналів у заданому напрямку, тобто має каналізаційні властивості. Ці властивості забезпечуються наявністю межі розподілу середовищ з різними електричними параметрами.

В провідних лініях зв'язку електромагнітна енергія спрямовується вздовж провідників, розділених діелектриком, наприклад повітрям, або вздовж лінії розподілу двох діелектриків.

У радіолініях і відкритих оптичних лініях енергія сигналів спрямовується радіально від випромінювача (антени передавача) до приймача. Через відкритість сигнали в радіолініях і оптичних лініях визначаються властивостями антен і параметрами середовища.

До ліній зв'язку висувають такі вимоги:

- велика інформаційна ємність (пропускна здатність);
- мале загасання, завдяки чому забезпечується більша відстань одного інтервалу зв'язку;
- захищеність лінії від взаємних і зовнішніх електромагнітних впливів;
- захищеність від механічних пошкоджень і температурних коливань;
- стабільність електричних параметрів у часі;
- мінімальні витрати під час будівництва й експлуатації лінії.

У процесі поширення сигналів уздовж лінії зв'язку внаслідок загасання в ній відбувається поступове зменшення амплітуди сигналу та відповідне спотворення сигналу. В регенераційних пунктах лінії сигнал підсилюється та регенерується.

8.4. Класифікація каналів та ліній зв'язку

Каналом зв'язку називається сукупність засобів, що забезпечують передачу сигналу від деякої точки А системи до точки В. Точки А і В можуть бути обрані по-різному в залежності від розв'язуваної задачі побудови моделі, проектування або аналізу системи електричного зв'язку.

Типи каналів зв'язку, а відповідно і ліній зв'язку, по яких передаються сигнали, численні і різноманітні. Класифікація каналів та ліній зв'язку здійснюється за різними ознаками.

1. За масштабом застосування лінії зв'язку поділяють на **магістральні, зонові та місцеві**.

Магістральні лінії з'єднують обласні центри між собою.

Зонові (внутрішньозонові) з'єднують обласні центри з районними центрами та районні центри між собою.

До ліній **місцевого** зв'язку належать лінії **міського та сільського** зв'язку, зокрема лінії міської телефонної мережі (МТМ).

Лінії міського зв'язку в свою чергу поділяють на **абонентські та з'єднувальні**.

Абонентські лінії поєднують станційні прилади з абонентським обладнанням.

З'єднувальні лінії поєднують комутаційні системи міської телекомунікаційної мережі, базові станції мобільного зв'язку тощо.

В цифровій ієрархії мережі поділяються на **локальні (LAN), міські (MAN) і глобальні (WAN)**.

2. За фізичною природою (характером сигналів) канали зв'язку і лінії зв'язку на їх основі поділяються на:

- механічні - використовуються для передачі матеріальних носіїв інформації;
- акустичні - переносять звуковий сигнал;
- оптичні - передають світловий сигнал;
- електричні - передають електричний сигнал.

3. За формою подання інформації, що передається, канали та лінії зв'язку поділяються на:

- **аналогові** (неперервні) - по аналоговим каналам передається інформація, представлена в неперервній формі, тобто у вигляді неперервного ряду значень будь-якої фізичної величини;
- **цифрові** (імпульсні, дискретні сигнали) - по цифрових каналах пересилається інформація, представлена у вигляді цифрових (дискретних, імпульсних) сигналів тієї чи іншої фізичної природи.

Канал називається неперервним, якщо вхідні і вихідні сигнали каналу є неперервними, і дискретним - якщо сигнали, що надходять на вхід каналу і знімаються з його виходу, є дискретними.

Зустрічаються також дискретно-неперервні і неперервно-дискретні канали, на вхід яких надходять дискретні сигнали, а з виходу знімаються неперервні, або навпаки. Зазначимо, що канал може бути дискретним або неперервним незалежно від характеру переданих повідомлень. Більше того, в одній і тій же системі зв'язку можна виділити як дискретний, так і неперервний канали. Все залежить від того, яким чином обираються точки входу і виходу з каналу.

Прикладом дискретного каналу є комп'ютерна мережа; прикладом аналогового – телефонна лінія і радіоканал.

В таблиці 8.1 наведені приклади деяких каналів зв'язку.

Таблиця. 8.1. Приклади каналів зв'язку

Канал зв'язку	Середовище	Носій повідомлення	Процес, який використовується для передачі повідомлення
Пошта, кур'єри	Навколишнє середовище людини	Папір	Механічне переміщення носія
Телефон, комп'ютерні мережі	Провідник	Електричний струм	Переміщення електричних зарядів
Радіо, телебачення	Електромагнітне поле	Електромагнітні хвилі	Поширення електромагнітних хвиль
Зір	Електромагнітне поле	Світлові хвилі	Поширення світлових хвиль
Слух	Повітря	Звукові хвилі	Поширення звукових хвиль
Нюх, смак	Повітря, їжа	Хімічні речовини	Хімічні реакції

Дотик	Поверхня шкіри	Об'єкт, впливаючий на органи дотику	Теплопередача, тиск
-------	----------------	-------------------------------------	---------------------

4. За режимом використання канали можуть бути:

- **комутовані**;
- **некомутовані** (виділені).

У **комутованих** каналах фізичне з'єднання між абонентами створюється, як правило, лише на час передачі інформації; після закінчення сеансу зв'язку такий канал ліквідується (розривається).

Некомутовані (виділені) канали створюються й існують протягом певного (тривалого) інтервалу часу незалежно від передачі інформації; вони мають постійні характеристики за довжиною, пропускну здатністю, завадо захищеністю. Такі канали орендуються в телефонних компаніях або (рідко) прокладаються зацікавленою організацією.

5. В залежності від напрямку можливої передачі інформації канали зв'язку поділяють на:

- **симплексні** – забезпечують передачу інформації лише в одному напрямку; приклад - радіотрансляція, телебачення;
- **дуплексні** – дозволяють здійснювати одночасну передачу інформації в двох напрямках (прямому і зворотному); приклад - телефон.
- **напівдуплексні** – забезпечують почергову за часом передачу інформації в обох напрямках (прямому і зворотному) (в інформаційно-довідкових системах і системах запитання-відповідь);

Дуплексний режим - найбільш універсальний і продуктивний спосіб роботи каналу. Найпростішим варіантом організації дуплексного режиму є використання двох незалежних фізичних каналів (двох пар провідників або двох світловодів) в кабелі, кожен з яких працює в симплексному режимі, тобто передає дані в одному напрямку.

6. За способом передачі даних канали можуть бути:

- **асинхронні** – кожний символ даних (слово або блок) пересилається окремо і помічається стартовими та стоповими бітами; між передачею даних можуть бути довільні проміжки часу;
- **синхронні** – передача даних синхронізується, забезпечується вища швидкість передачі даних.

7. За пропускної здатністю канали зв'язку можна розділити на:

- **малошвидкісні** канали зв'язку, швидкість передачі інформації в яких становить від 50 до 200 біт/с; це телеграфні канали зв'язку, як комутовані (абонентський телеграф), так і некомутовані;
- **середньошвидкісні** канали зв'язку, наприклад аналогові (телефонні) канали зв'язку; швидкість передачі в них від 300 до 9600 біт/с, а в нових стандартах v90-v.92 Міжнародного консультативного комітету з телеграфії і телефонії (МККТТ) і до 56 000 біт/с;
- **високошвидкісні** (широкосмугові) канали зв'язку, що забезпечують швидкість передачі інформації вище 56 000 біт/с.

Для побудови комп'ютерних мереж застосовуються лінії зв'язку, що використовують різне фізичне середовище. Як фізичне середовище в комунікаціях використовуються: метали (в основному мідь), надпрозоре скло (кварц) або пластик і ефір.

8. Залежно від середовища, в якому поширюються сигнали, канали зв'язку, і відповідно лінії зв'язку, поділяються на дві групи (рис. 8.2):

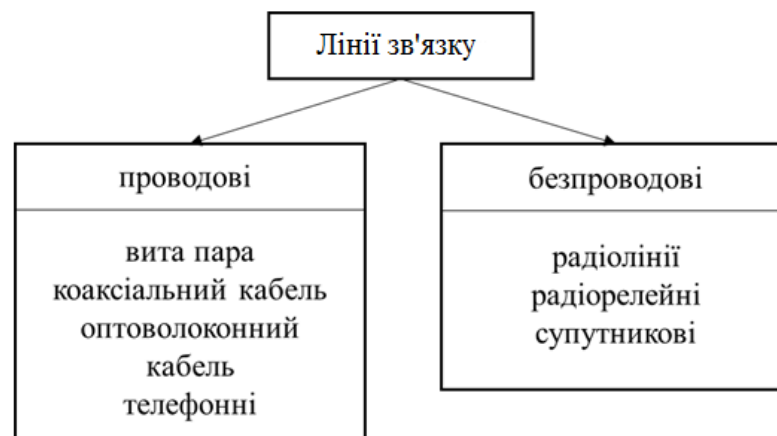


Рис. 8.2. Види ліній зв'язку за типом середовища поширення сигналу

- **канали проводового (дротового) зв'язку** - напрямні лінії зв'язку;
- **канали безпроводового (бездротового) зв'язку** - канали радіозв'язку - радіоканал, інфрачервоний, супутниковий канал тощо (радіолінії і лінії зв'язку по інфрачервоному променю з довжиною хвилі $\lambda > 0,7$ мкм, частота $\nu < 4 \cdot 10^5$ ГГц, а останнім часом і по променю лазера).

8.5. Проводові лінії зв'язку

Лінії зв'язку – це елементи мереж електрозв'язку, які забезпечують поширення сигналів у потрібному напрямку і на необхідну відстань. Складність виконання цієї функції стає очевидною, якщо мати на увазі, що лінії зв'язку мають довжину в тисячі кілометрів, проходять через зони з різними кліматичними умовами, постійно піддаються впливу різних природних явищ. Якісна передача сигналів лініями можлива лише у тому випадку, коли вони володіють певними властивостями і параметрами, практично не залежними ні від пори року, ні від умов роботи. Крім цього, лінії повинні мати відповідну надійність і механічну міцність на багато десятків років.

Залежно від виду спрямовуючого середовища (середовища передачі даних) **проводові лінії зв'язку** поділяють на:

- кабельні;
- волоконно-оптичні або світловодні.

Розглянемо детальніше кожен тип ліній і дізнаємося про їхні можливості, достоїнства і недоліки.

Проводові лінії зв'язку являють собою проводи без будь-яких ізолюючих або екрануючих обплетень, прокладені між стовпами і які висять у повітрі. Їх розносять у повітряному просторі на певну відстань один від одного. У цьому випадку роль ізолюючого

матеріалу виконує шар повітря між провідниками. Згідно з термінологією, яка склалася, такі провідні лінії називаються **повітряними лініями зв'язку**. Провідні лінії зв'язку використовуються для передачі телефонних і телеграфних сигналів, а також для передачі комп'ютерних даних. Ці лінії зв'язку застосовуються в якості магістральних ліній зв'язку. Швидкість передачі і завадозахищеність цих ліній є низькими. Сьогодні провідні лінії зв'язку швидко витісняються кабельними.

Провідні лінії, які створені провідниками, що мають ізоляційне покриття і розташовані в спеціальних захисних оболонках, називаються **кабельними лініями зв'язку або кабелями зв'язку**.

Кабельні лінії (кабельна система) – фізичне середовище передачі даних, що побудоване на базі кабельних ліній зв'язку. Кабель складається з провідників, укладених в кілька шарів ізоляції: електричної, електромагнітної, механічної. Кабель може бути оснащений роз'ємами, що дозволяють швидко виконувати під'єднання до нього різного устаткування. Кабельні лінії зв'язку є основою магістральних мереж телекомунікації; по ним здійснюється передача сигналів в діапазоні частот від десятків кілогерц до сотень мегагерц.

Історично саме кабельні системи стали використовуватися першими для цілей телекомунікації.

Для обміну інформацією в телекомунікаційних системах (у комп'ютерних мережах) використовуються три основних типи кабелю:

1. вита пара – пара скручених мідних провідів;
2. коаксіальний кабель з мідною жилою;
3. оптоволоконні кабелі.

Структура кабелю може бути різною, але в основному всі вони складаються з груп провідників, які оброблені надійною ізоляцією.

8.5.1. Вита пара

Сьогоднішні кабельні системи ґрунтуються на використанні так званої витої пари.

Вита пара (Twisted Pair) – це кабель, що складається з двох скручених проводів у спільній ізоляції, як показано на рис. 8.3. Він складається з двох проводів, виготовлених з міді, які скручені (свити) один з одним і покриті неекранованою або екранованою оболонкою. Знаходить широке застосування для передачі сигналів на відстані десятків і сотень метрів.

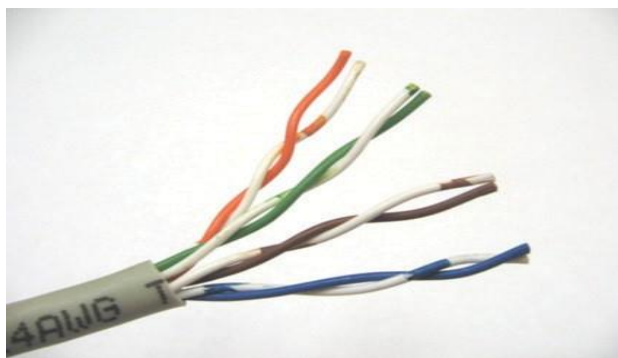


Рис. 8.3. Вита пара

Кабелі на скрученій парі містять дві або чотири кручені (вити) пари з різним кроком скрутки. Кожна пара - це два скручених ізольованих провідника. Кабель закритий зовнішньою ізоляційною оболонкою, що захищає провідники від вологи і механічних впливів.

Вита пара існує в екранованому варіанті (STP), коли пара мідних проводів обгортається в ізоляційний екран, і неекранованому (UTP), коли ізоляційна обгортка відсутня. Скручування проводів знижує вплив зовнішніх перешкод на корисні сигнали, що передаються по кабелю.

Скручена (вита) пара проводів за властивостями істотно відрізняється від пари тих же прямих проводів, що йдуть поруч паралельно один одному. При скручуванні виявляється, що провідники йдуть завжди під деяким кутом один до одного, що знижує ємнісний і індуктивний зв'язок між ними.

Суть витої пари полягає в рівномірному розподіленні зовнішніх шумів. Припустимо, між двома паралельними провідниками не витої пари різниця в напрузі складає 2В. За умови впливу зовнішнього шуму, один з них може виявитися в зоні електромагнітного поля, що додатково генерує 9В, а інший в зоні поля, що додатково генерує 5В. Тоді різниця складе не 2В, а 6В, як показано на рис.8.4.

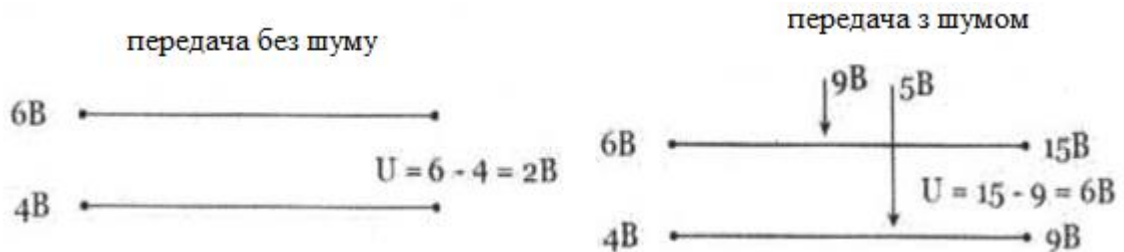


Рис. 8.4. Шуми у не витій парі

Якщо провідники скручено, як у витій парі, то зовнішнє джерело шуму може рівномірно генерувати в них напругу, що практично не змінить різницю напруги, як показано на рис. 8.5.

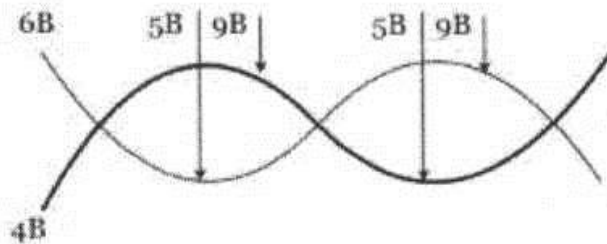


Рис. 8.5. Шуми у витій парі

Крім того, значний відрізок такого кабелю для зовнішніх полів виявляється симетричним (круглим), що знижує його чутливість до наводок і зовнішніх випромінювань при проходженні сигналу. Чим менший крок скрутки, тим менші перехресні перешкоди, але і більше погонне загасання кабелю, а також час поширення сигналу. Кабель може мати різне виконання, окремі пари можуть мати екран з мідного дроту і/або фольги. Загальний екран може містити всі пари кабелю.

Такий спосіб з'єднання провідників допомагає підвищити завадостійкість, можливо, що один кабель містить відразу кілька скручених пар проводів. Таке підключення найдешевше і доступне,

монтаж кабелів досить простий, що і призводить до несанкціонованого підключення до мереж недобросовісних абонентів.

Розрізняють два види витих пар:

- неекранована вита пара, або UTP (Unshielded Twisted Pair),
- скручені проводи без додаткового екранування,
- екранована вита пара, або STP (Shielded Twisted Pair), – скручені проводи поміщуються в екрановану оплітку.

Кабель UTP відрізняється не високою вартістю і зручністю укладки, оскільки має високу гнучкість. Через не високу захищеність від шумів, лінії на основі UTP досить короткі – до 100 м. Досягнута швидкість передачі даних до 40 Гбіт/с. Стандарт EIA/TIA 568 визначає категорії кабелів на основі неекранованої пари, які, серед інших, наведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2. Категорії кабелів

Категорія	Призначення і характеристики	Швидкість передачі
1	Звичайний телефонний кабель, в якому пари проводів не виті.	20 Кбіт/с
2	Кабель з витих пар для передачі даних у полосі частот до 1 МГц. Зараз використовується рідко.	4 Мбіт/с
3	Широко використовується для передачі даних і голосу в полосі частот до 16МГц. Містить 9 витків на метр. Зараз найбільш поширений.	10 Мбіт/с
4	Використовується для передачі даних в полосі частот до 20 МГц. Призначався для роботи в мережах по стандарту IEEE 802.5 (Токсп Яіп§ Еап). Зараз використовується рідко.	16 Мбіт/с
5	Розрахований на передачу даних в полосі частот до 100 МГц. Містить не менше 27 витків на метр. На сьогодні найбільш досконалий кабель, що рекомендується для використання в сучасних високошвидкісних мережах (типу Разі ЕіБетеї;).	100 Мбіт/с
5е	Найбільш поширений в комп'ютерних мережах. Переваги - в меншій собівартості та товщині.	100 Мбіт/с (2 пари) 1000 Мбіт/с (4 пари)

6	Неекраниваний кабель (ЛТР) складається з 4 пар провідників, здатний передавати дані на відстань до 55 м	10 Гбіт/с
6А	Складається з 4 пар провідників передає дані на відстань до 100 метрів. Кабель має або спільний екран (Е / ЛТР), або екрани навколо кожної пари (Л / ЕТР).	10 Гбіт/с
7	Кабель цієї категорії має загальний екран і екрани навколо кожної пари (Е / ЕТР, або 8 / ЕТР).	10 Гбіт/с
7А	Кабель цієї категорії має загальний екран і екрани навколо кожної пари (Е / ЕТР, або 8 / ЕТР). Полоса частот - до 1000 МГц	10 Гбіт/с
8/8.1	Повністю сумісний з кабелем кат. 6А. Швидкість передачі даних до 40 Гбіт/с при використанні стандартних конекторів 8Р8С. Кабель цієї категорії має або загальний екран, або екрани навколо кожної пари (Е / ЛТР або Л / ЕТР). Полоса частот - 1600....2000 МГц	40 Гбіт/с
8.2	Сумісний з кабелем кат. 7А. Швидкість передачі даних до 40 Гбіт/с при використанні стандартних конекторів 8Р8С або 0045 / АКІ45 і ТЕКА. Кабель має загальний екран і екрани навколо кожної пари (Е / ЕТР або 8 / ЕТР). Полоса частот - 1600....2000 МГц	40 Гбіт/с

Всі кабелі UTP, незалежно від категорії, випускаються в 4-парному виконанні, як показано на рис. 8.6.

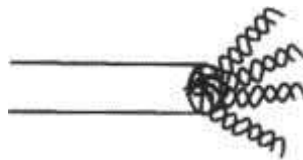


Рис. 8.6. Схематичне зображення UTP кабелю

Як видно з табл.8.2, кабелі категорій 7 і 8.2 мають полоси пропускання 1000 і до 2000 МГц, відповідно. Кабелі категорії 6 можуть бути як неекраниваними, так і екраниваними. Кабелі категорії 7 обов'язково екрануються. Такі кабелі значно дорожчі і за вартістю наближаються до оптоволоконних. Вони використовуються у високошвидкісних мережах на відрізках довшіх, ніж кабелі 5 категорії.

Кабель STP добре захищає сигнали, що передаються від зовнішніх перешкод. Проте наявність екрану, який вимагає якісного заземлення, підвищує вартість ліній зв'язку і ускладнює прокладку. Основним стандартом на STP-кабелі є фірмовий стандарт IBM, у

відповідності з яким визначаються дев'ять типів (не категорій) кабелів: Type 1, Type 2,..., Type 9 . Основним є Type 1, електричні параметри якого приблизно відповідають параметрам UTP категорії 5, але хвильовий опір більший (150 Ом проти 100 Ом).

8.5.2. Коаксіальні кабелі

Коаксіальний кабель (рис. 8.7) – це електричний кабель, що має несиметричну конструкцію і складається з центрального мідного провідника і металевої оплітки (екрану), розділених шаром діелектрика і поміщених у зовнішню ізолюючу оболонку. Зовнішня частина екрану також покрита ізоляцією.

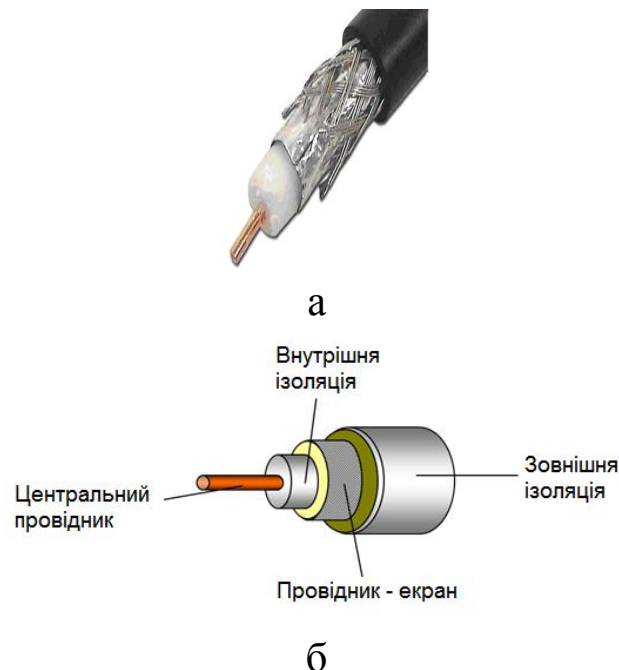


Рис. 8.8. Зовнішній вигляд (а) та структура (б) коаксіального кабелю

Металева оплітка відіграє подвійну роль – служить для передачі даних та захищає центральний провід від зовнішніх шумів.

Метод підключення за допомогою коаксіального кабелю більш витратний і трудомісткий, тому несанкціонованих підключень менше. Для таких ліній характерна висока завадостійкість і висока швидкість передачі інформації.

Існує кілька типів коаксіального кабелю, що відрізняються характеристиками і областями застосування – для локальних мереж, для глобальних мереж, для кабельного телебачення тощо.

Для побудови комунікаційних мереж використовують:

- товстий коаксіальний кабель – з діаметром центрального провідника 2,17 мм і зовнішнім діаметром близько 1 см.
- тонкий коаксіальний кабель – з діаметром центрального провідника 0,89 мм і зовнішнім діаметром близько 0,5 см.

Хвильовий опір обох кабелів однаковий і складає близько 50 Ом.

Раніше коаксіальні кабелі використовувалися досить широко, але на даний час не використовуються через широке розповсюдження витої пари і оптоволокна.

За конструкцією та взаємним розташуванням провідників розрізняють симетричні і коаксіальні кабелі.

В **симетричних** кабелях електричні кола створюються за допомогою однакових за конструкцією ізольованих провідників.

Електричні кола в **коаксіальних** кабелях створюються двома циліндричними провідниками з суміщеними осями, причому один провідник (суцільний циліндр) розташований всередині іншого, порожнистого.

За **умовами прокладання і експлуатації** розрізняють підвісні (повітряні), підземні, та підводні кабелі. Вони відрізняються конструкцією і матеріалом ізолюючих оболонок та захисного покриття. Повітряна лінія зв'язку являє собою пару мідних проводів, підвішених на опорах, через які і здійснюється обмін даними. Смуга пропускання такої пари становить близько 10^5 Гц.

У землі і воді використовують кабелі, броньовані сталевими стрічками або дротом, які надають кабелю особливої механічної міцності. У містах кабелі прокладають в спеціально споруджену каналізацію, яка складається з трубопроводу та оглядових колодязів.

В першій половині 20-го століття сигнали електрозв'язку передавались лише повітряними лініями зв'язку. Відносна простота, невеликі вартість та терміни спорудження повітряних ліній

забезпечили їм у свій час широке застосування. Але згодом їх можливості були вичерпані. Справа у тому, що повітряні лінії не могли пропускати однаково ефективно всі сигнали електрозв'язку. Наприклад, вони не в змозі пропускати сигнали телевізійного мовлення і сигнали високошвидкісних систем передачі даних. Крім цього, повітряні лінії піддаються сильному впливу кліматичних умов. На сьогодні доля повітряних ліній суттєво зменшена і продовжує зменшуватися.

Сучасні кабелі зв'язку, як правило, мають не одну, а декілька симетричних або коаксіальних пар, або тих і інших одночасно.

Дальність передачі сигналів по кабелях залежить від опору провідників. Чим менший опір, тим на більшу відстань можна передавати сигнали. В реальних кабелях ця відстань не перевищує декількох кілометрів. Для збільшення дальності передачі доводиться періодично підсилювати сигнали. Тому будь-яка кабельна магістраль має **підсилювальні пункти**, які розміщуються на трасі поширення сигналу через певні інтервали. Підсилювальні пункти бувають без обслуговування та з обслуговуванням. В цифрових системах передачі, в яких лініями зв'язку поширюються цифрові сигнали, на трасі встановлюються так звані **пункти регенерації**, які також бувають з обслуговуванням і без обслуговування. В пунктах регенерації цифрові сигнали повністю відновлюються, що дозволяє принципово будувати такі лінії необмеженої протяжності.

Слід зазначити, що проблема збільшення протяжності не може бути вирішена шляхом додаткового будівництва наведених вище кабельних ліній. Справа у тому, що на виготовлення таких кабелів витрачається велика кількість дефіцитних металів, в першу чергу міді і свинцю. Крім цього, будівництво лінійних споруд завдає відчутного збитку природі.

8.5.3. Волоконно-оптичні лінії зв'язку

До провідових відносяться також лінії, які використовують в якості середовища поширення сигналів діелектричні матеріали,

зокрема тонкі скляні волокна. Такі лінії отримали назву **волоконно-оптичних ліній зв'язку (ВОЛЗ)**.

Волоконно-оптичні лінії зв'язку (ВОЛЗ) є однією з найдосконаліших систем передачі інформації.

Волоконно-оптична лінія зв'язку - це вид системи передачі, при якому інформація передається по оптичних діелектричних хвилеводах, відомих під назвою "оптичне волокно".

Волоконно-оптичний кабель (рис. 8.8) складається з одного, або кількох, світловодів (оптичних волокон), що розміщуються у спільній захисній оболонці. Кожний світловод складається з центрального провідника (серцевини), який має високий показник переломлення світла, і скляної оболонки, яка має низький показник заломлення світла, що створює умови для повного внутрішнього відбивання.



Рис. 8.8. Зовнішній вигляд (а) і будова (б) волоконно - оптичного кабелю

Оптоволоконний кабель складається з тонких (5-60 мікрон) волокон, по яких поширюються світлові сигнали. Характерно, що скрізь волокно сигнали можуть проходити виключно в один бік, саме з цієї причини в кабелях вони розташовані попарно. Монтаж таких ліній зв'язку дуже трудомісткий, сам кабель досить чутливий до пошкоджень. Але в той же час це найбільш якісний тип кабелю - він забезпечує передачу даних з дуже високою швидкістю (до 10 Гбіт/с і вище) і краще забезпечує захист даних від зовнішніх перешкод.

Основними конструкціями оптичних волокон, як показано на рис. 8.9, є:

- одномодовий кабель;
- багатомодовий кабель

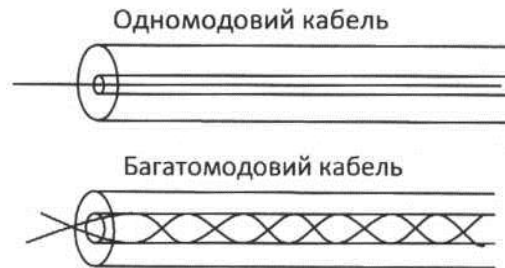


Рис. 8.9. Конструкції оптичних волокон

В одномодових кабелях застосовуються серцевини з дуже малим діаметром, який є одного порядку з довжиною хвилі – близько 8...9 мкм. Розповсюдженими є одномодові кабелі 9/125 мкм, де 9 мкм – діаметр серцевини – світловоду, а 125 мкм – діаметр скляної оболонки. В такому кабелі існує лише одна мода. Виробництво світловодів такого малого діаметру є складним технологічним процесом і тому вартість одномодових кабелів є високою. Але перевагою таких кабелів є передача даних на великі відстані (до сотень кілометрів) з високими швидкостями (десятки Гбіт/с).

У багатомодових кабелях діаметр серцевини складає біля 50 (зазвичай 50...62,5 мкм), що робить їх дешевшими. Розповсюдженими є багатомодові кабелі 50/125 мкм. Але в них може поширюватися кілька мод, що призводить до дисперсії імпульсу передачі, інтерференції променів, і в цілому веде до погіршення характеристик кабелю. Тому багатомодові кабелі використовуються в основному при передачі даних на невеликі відстані (до 2000 м) з невисокими швидкостями (до 1 Гбіт/с).

Діаметр оболонки усіх типів ОВ дорівнює 125 мкм, діаметр захисного покриття – 500 мкм. Зовнішній діаметр кабелю з числом ОВ від двох до тридцяти двох з урахуванням всіх захисних оболонок і елементів складає 5...17 мм.

Інформація по оптичним каналам передається у вигляді світлових імпульсів, що посиляються лазерним випромінювачем. Вони дозволяють в діапазоні частот 600 ... 900 ТГц ($\lambda = 0,5 \dots 0,3$ мкм) забезпечити надзвичайно велику пропускну здатність (приблизно 120 000 каналів по парі оптичних волокон) і створюють надійний і прихований зв'язок з високою якістю передачі інформації.

За умови використання оптоволоконного кабелю передавальний пристрій повинен використовувати перетворювач електричного сигналу в світловий, а приймальний пристрій - перетворювач світлового сигналу в електричний.

Інформаційна мережа, сполучними елементами між вузлами якої є волоконно-оптичні лінії зв'язку називається **волоконно-оптичною мережею**. Технології волоконно-оптичних мереж, крім питань волоконної оптики, охоплюють також питання, що стосуються електронного передавального обладнання, його стандартизації, протоколів передачі, питання топології мережі та загальні питання побудови мереж.

У ВОЛЗ застосовують електромагнітні хвилі оптичного діапазону. Нагадаємо, що видиме оптичне випромінювання лежить у діапазоні хвиль 380...760 нм. Практичне застосування у ВОЛЗ отримав **інфрачервоний** діапазон, тобто випромінювання з довжиною хвилі, більшою 760 нм.

Принцип поширення оптичного випромінювання вздовж оптичного волокна (ОВ) базується на відбитті від границі середовищ з різними коефіцієнтами заломлення (рис. 8.10). Оптичне волокно виготовляється з кварцового скла у вигляді циліндрів з суміщеними осями і різними коефіцієнтами заломлення. Внутрішній циліндр називається серцевиною ОВ, а зовнішній шар – оболонкою ОВ.



Рис. 8.10. Принцип поширення оптичного випромінювання

Кут повного внутрішнього відбиття, при якому випромінювання, що падає на границю двох середовищ, повністю відбивається без проникнення у зовнішнє середовище визначається співвідношенням:

$$\theta_{\text{кр}} = \arccos\left(\frac{n_2}{n_1}\right) \quad (8.6)$$

де n_1 – показник заломлення сердцевини ОВ;

n_2 – показник заломлення оболонки ОВ; $n_1 > n_2$

Промінь повинен вводитися у волокно під кутом φ до осі, меншим $\theta_{\text{кр}}$.

Згасання оптичного волокна неоднорідне для різних довжин хвиль. Залежність коефіцієнта згасання ОВ від робочої довжини хвилі наведена на рис. 8.11. Ця залежність має три мінімуми, які носять назву **вікон прозорості** (low-loss transmission windows). Історично першим було освоєне перше вікно прозорості на робочій довжині хвилі 0,85 мкм.

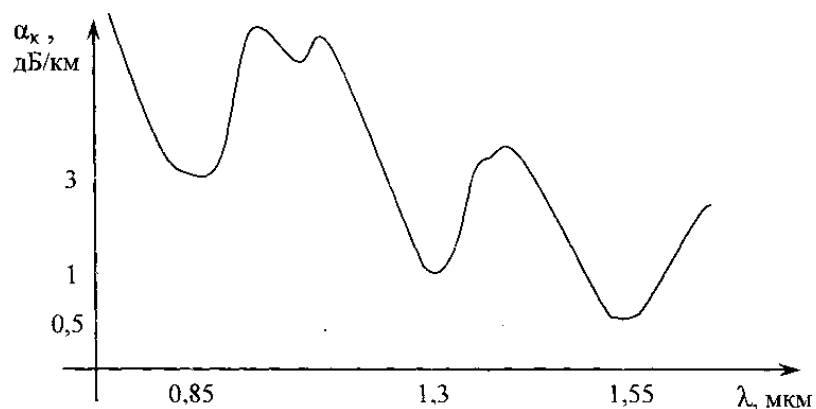


Рис. 8.11. Спектральна характеристика коефіцієнта згасання оптичного волокна

Перші напівпровідникові випромінювачі (лазери і світлодіоди) та фотоприймачі були створені саме для даної довжини хвилі. Коефіцієнт згасання в першому вікні значний і складає одиниці децибел на кілометр. Пізніше були створені випромінювачі і фотоприймачі, здатні працювати на більших довжинах хвиль (1,3

та 1,55 мкм). Сучасні системи зв'язку зазвичай використовують друге і третє вікна з малими коефіцієнтами згасання. Сучасна технологія дозволяє отримати ОВ з коефіцієнтом згасання порядку сотих часток децибел на кілометр.

8.6. Переваги та недоліки волоконно-оптичних ліній зв'язку

Основними перевагами оптичних волокон (ОВ), або світловодів, як фізичного середовища поширення сигналів електров'язку та конструктивної основи оптичного кабелю (ОК) порівняно з лініями зв'язку на основі металевих кабелів є:

Широка смуга пропускання, що дозволяє передавати сигнали електров'язку зі швидкістю до 2,0 ... 2,5 Тбіт/с і вище; наприклад, навіть при швидкості 50 Мбайт/с протягом 1 с передається обсяг інформації, приблизно рівний за змістом 10-ти шкільних підручників.

Широка смуга пропускання обумовлена надзвичайно високою частотою несучого електромагнітного коливання - 10^{14} ГГц. Велика смуга пропускання - це одна з найбільш важливих переваг оптичного волокна над мідним або будь-яким іншим середовищем передачі інформації.

Висока швидкість розповсюдження сигналів.

Висока пропускна здатність, що дозволяє організувати передачу до мільйона телефонних сигналів одночасно.

Низький рівень втрат при поширенні сигналів, що забезпечує їх передачу без регенерації на відстані до 150 ... 175 км (і в перспективі до 350 км і більше);

Промислове оптичне волокно, що випускається в даний час вітчизняними і зарубіжними виробниками має загасання 0,2-0,3 дБ на довжині хвилі 1,55 мкм в розрахунку на один кілометр. Мале загасання і невелика дисперсія дозволяють будувати ділянки ліній без ретрансляції протяжністю до 100 км і більше.

Низький рівень шумів у волоконно-оптичному кабелі дозволяє збільшити смугу пропускання шляхом передачі різної модуляції сигналів з малою надмірністю коду.

Висока перешкодозахищеність. Оскільки волокно виготовлено з діелектричного матеріалу, воно є абсолютна нечутливим до електромагнітних перешкод з боку оточуючих мідних кабельних систем і електричного обладнання, здатного індукувати електромагнітне випромінювання (лінії електропередачі, електродвигуни, промислові установки і т. д.). У багатоволоконних кабелях також не виникає проблеми перехресного впливу електромагнітного випромінювання, властивої багатопарним мідним кабелям.

Відсутність перехресних перешкод (перехресної модуляції) в оптичному волокні.

Висока захищеність від несанкціонованого доступу. Оскільки ВОК практично не випромінює в радіодіапазоні, то передану по ньому інформацію важко підслухати, не порушуючи прийому-передачі. Системи моніторингу (неперервного контролю) цілісності оптичної лінії зв'язку, використовуючи властивості високої чутливості волокна, можуть миттєво відключити канал зв'язку, що "зламується", і подати сигнал тривоги. Сенсорні системи, що використовують інтерференційні ефекти розповсюджуваних світлових сигналів (як по різних волокнах, так і різної поляризації) мають дуже високу чутливість до коливань, до невеликих перепадів тиску. Такі системи особливо необхідні при створенні ліній зв'язку в урядових, банківських і деяких інших спеціальних службах, що пред'являють підвищені вимоги до захисту даних.

Гальванічна розв'язка елементів мережі. Дана перевага оптичного волокна полягає в його ізолюючій властивості. Волокно допомагає уникнути електричних "земельних" петель, які можуть виникати, коли два мережевих пристрої неізольованої обчислювальної мережі, пов'язані мідним кабелем, мають заземлення в різних точках будівлі, наприклад, на різних поверхах. При цьому може виникнути велика різниця потенціалів, що здатне

зашкодити мережеве обладнання. Для волокна ця проблема просто відсутня.

Вибухо – та пожежобезпечність. Через відсутність іскроутворення оптичне волокно підвищує безпеку мережі на хімічних, нафтопереробних підприємствах, при обслуговуванні технологічних процесів підвищеного ризику.

Економічність ВОК. Волокно виготовлено з кварцу, основу якого складає двоокис кремнію, широко розповсюдженого, а тому недорогого матеріалу, на відміну від міді. В даний час вартість волокна по відношенню до мідної пари співвідноситься як 2: 5. При цьому ВОК дозволяє передавати сигнали на значно більші відстані без ретрансляції. Кількість повторювачів на протяжних лініях скорочується при використанні ВОК. При використанні солітонних систем передачі досягнуті дальності в 4000 км без регенерації (тобто, тільки з використанням оптичних підсилювачів на проміжних вузлах) при швидкості передачі вище 10 Гбіт/с.

Тривалість терміну експлуатації. З часом волокно зазнає деградації. Це означає, що загасання в прокладеному кабелі поступово зростає. Однак, завдяки досконалості сучасних технологій виробництва оптичних волокон, цей процес значно уповільнений, і термін служби ВОК становить приблизно 25 років. За цей час може змінитися кілька поколінь/стандартів приймально-передавальних систем.

Мала вага і об'єм. Волоконно-оптичні кабелі (ВОК) мають меншу вагу і об'єм в порівнянні з мідними кабелями в розрахунку на одну і ту ж пропускну здатність. Наприклад, 900-парний телефонний кабель діаметром 7,5 см може бути замінений одним волокном діаметром 0,1 см. Якщо волокно "одягнути" в безліч захисних оболонки і покрити сталеву стрічковою бронею, діаметр такого ВОК буде 1,5 см, що в кілька разів менше розглянутого телефонного кабелю.

Віддалене електроживлення. У деяких випадках потрібно віддалене електроживлення вузла інформаційної мережі. Оптичне волокно не здатне виконувати функції силового кабелю. Однак в цих

випадках можна використовувати змішаний кабель, коли поряд з оптичними волокнами кабель оснащується мідним провідним елементом. Такий кабель широко використовується як в Україні, так і за кордоном.

Перераховані характеристики оптико-волоконних ліній зв'язку роблять їх застосування в мережах і системах зв'язку найбільш більш привабливим і технічно та економічно виправданим. Тому оптичний кабель майже повністю витісняє на даний час інші види направляючих структур в магістральних лініях цифрових первинних мереж зв'язку.

Незважаючи на численні переваги перед іншими способами передачі інформації, волоконно-оптичні мережі мають також і недоліки, багато з яких, найімовірніше, будуть усунені з приходом нових конкурентоспроможних технологій в волоконно-оптичні мережі

Основними **недоліками** волоконно-оптичних ліній зв'язку є:

Складність монтажу (мала гнучкість кабелю, оптична точність установки). Через складність монтажу оптоволоконний кабель продається у вигляді нарізаних кусків з встановленими роз'ємами.

Чутливість до іонізуючих випромінювань, що зменшують прозорість,

Чутливість до температурних перепадів, що призводять до утворення тріщин.

Вартість інтерфейсного обладнання. Електричні сигнали повинні перетворюватися в оптичні, і навпаки. Ціна на оптичні передавачі та приймачі залишається поки що досить високою. При створенні оптичної лінії зв'язку також потрібні високонадійне спеціалізоване пасивне комутаційне обладнання, оптичні з'єднувачі з малими втратами і великим ресурсом на підключення-відключення, оптичні розгалужувачі, атенюатори.

Монтаж і обслуговування оптичних ліній. Вартість робіт по монтажу, тестуванню та підтримки волоконно-оптичних ліній зв'язку також залишається високою. Якщо пошкоджується ВОК, то

необхідно здійснювати зварювання волокон в місці розриву і захищати цю ділянку кабелю від впливу зовнішнього середовища. Виробники тим часом постачають на ринок все більш досконалі інструменти для монтажних робіт з ВОК, знижуючи ціну на них.

Вимога спеціального захисту волокна. Чи міцним є оптичне волокно? Теоретично - так. Скло, як матеріал, витримує колосальні навантаження з межею міцності на розрив вище 1ГПа (10^9 Н/м²). Це, здавалося б, означає, що волокно в одиничній кількості діаметром 125 мкм витримає вагу гирі в 1 кг. На жаль, на практиці це не досягається. Причина в тому, що оптичне волокно, яким би досконалим воно не було, має мікротріщини, які ініціюють розрив. Для підвищення надійності оптичне волокно при виготовленні покривається спеціальним лаком на основі епоксіакрілата, а сам оптичний кабель зміцнюється, наприклад, нитками на основі кевлара. Якщо потрібно задовольнити ще більш жорсткі умови на розрив, кабель може зміцнюватися спеціальним сталевим тросом або склопластиковими стрижнями. Але все це призводить до збільшення вартості оптичного кабелю.

Однак зазначимо, що переваги від застосування волоконно-оптичних ліній зв'язку настільки значні, що, незважаючи на перераховані недоліки оптичного волокна, подальші перспективи розвитку технології ВОЛЗ в інформаційних мережах більш ніж очевидні.

8.7. Безпроводові канали зв'язку

Поряд з проводовими лініями зв'язку широкого поширення набули безпроводові канали зв'язку (радіолінії різних діапазонів - від сотень кілогерц до десятків гігагерц).

До безпроводових ліній зв'язку відносять:

- радіоканал супутникового і наземного зв'язку;
- канал зв'язку, заснований на інфрачервоних променях

Вид зв'язку на основі радіоканалу може передавати дані на тисячі кілометрів, а швидкості досягати десятків Мбіт/сек. Показник швидкості залежить від способу кодування і частоти.

Інфрачервоний канал працює в діапазоні високих частот, де сигнали стійкі до електричних перешкод. Довжина інфрачервоного каналу в повітрі обмежена невеликими відстанями. Дальність може становити буквально десятки метрів.

В радіолініях зв'язку середовищем поширення електромагнітних хвиль в переважній більшості випадків (за винятком випадків зв'язку між космічними апаратами) є атмосфера Землі. На рис. 8.12 наведена спрощена будова атмосфери Землі.

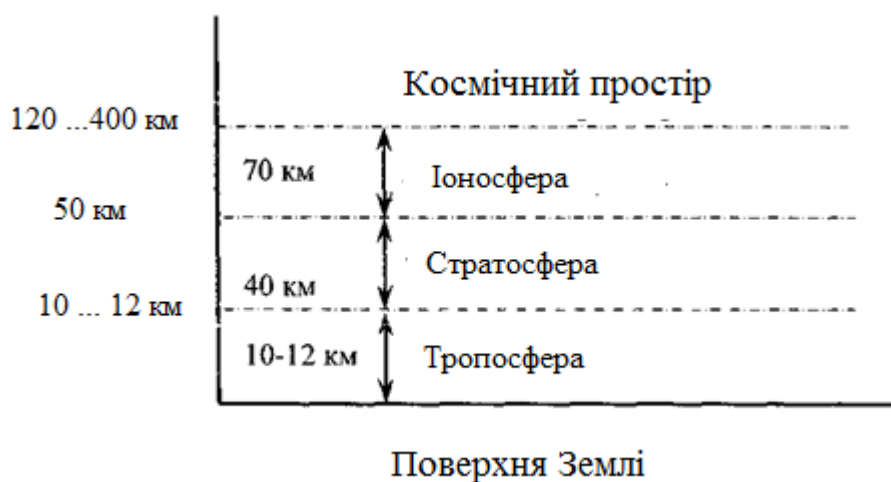


Рис. 8.12. Будова атмосфери Землі.

Реально будова атмосфери складніша і наведений поділ на тропосферу, стратосферу та іоносферу досить умовний. Висота шарів наведена приблизно і є різною для різних географічних точок Землі. У тропосфері зосереджено близько 80% маси атмосфери і близько 20% - у стратосфері. Густина атмосфери в іоносфері надзвичайно мала, межа між іоносферою і космічним простором є умовним поняттям, оскільки сліди атмосфери зустрічаються навіть на висотах за 400 км. Вважається, що щільні шари атмосфери закінчуються на висоті близько 120 км.

Типовий вид радіолінії наведений на рис. 8.13. Сигнали електровз'язку, що підлягають передаванню, перетворюються

радіопередавачем в радіочастотні сигнали, здатні випромінюватися передавальною антеною у відкритий простір у вигляді радіохвиль.

Радіохвилі – це електромагнітні коливання з частотами до $3 \cdot 10^{12}$ Гц, які поширюються у просторі без штучних спрямовуючих середовищ.



Рис. 8.13. Типовий вид радіолінії

Згідно з міжнародною домовленістю всі радіохвилі розділені на дев'ять діапазонів: міріаметрові (10...100 км), кілометрові (1...10 км), гектометрові (100...1000 м), декаметрові (10...100 м), метрові (1...10 м), дециметрові (10...100 см), сантиметрові (1...10 см), міліметрові (1...10 мм), дециміліметрові (0,1...1 мм).

Далі радіохвилі приймаються антеною радіоприймача і перетворюються у ньому спочатку в сигнали електрозв'язку, а потім у відповідні повідомлення.

Лінія може складатися з двох кінцевих станцій. Прикладом таких радіоліній є лінії мереж передачі повідомлень масового характеру (мережі телевізійного і звукового мовлення). Радіолінія може складатися з декількох проміжних переприйомних станцій. Так будуються лінії радіорелейних систем передачі (радіорелейні лінії – РРЛ).

Радіорелейний зв'язок (радіо і франц. relais - проміжна станція) - радіозв'язок, що складається з групи станцій-ретрансляторів, розташованих на певній відстані одна від одної, що забезпечує стійку роботу. Вони використовуються в сфері стільникового зв'язку і для передачі інших видів сигналів в межах одного міста або регіону.

Антиви станцій лінії радіорелейного зв'язку встановлюють на шоглах (вежах) висотою 70 ... 100 м. Протяжність лінії радіорелейного зв'язку може становити до 10 000 км, ємність - до декількох тисяч каналів.

В радіорелейних лініях сигнали, що передаються з одного пункту, приймаються в іншому, підсилюються і передаються у третій пункт і т. д. Кожен кінцевий пункт РРЛ (кінцева станція) має радіопередавач і радіоприймач для одночасної передачі і прийому сигналів. Передача і прийом здійснюються на різних частотах, тому передавальна апаратура не заважає приймальній. На кожній проміжній станції встановлюється, як мінімум, по два радіопередавачі і радіоприймачі для одночасного прийому і передачі сигналів в обох напрямках.

Радіохвилі, що використовуються для радіорелейного зв'язку, поширюються прямолінійно, подібно до променів світла. Тому і станції одна від одної повинні знаходитися у межах прямої **радіовидимості** (radio visibility), зазвичай 40...60 км. Ця відстань залежить, в основному, від висоти підняття антен над землею.

Радіорелейні лінії зв'язку більш економічні і незамінні при зв'язку з рухомими об'єктами. Для багатоканальної системи радіозв'язку при передачі інформації на великі відстані широко використовуються радіорелейні лінії (РРЛ) зв'язку метрового, дециметрового і сантиметрового діапазонів на частотах від 60 МГц до 15 ГГц. Незаперечною перевагою РРЛ перед кабельними лініями є швидкість зведення споруд, особливо у важкодоступних районах.

Діапазон частот і області застосування радіоліній приведені в таблиці 8.3

В залежності від використовуваного методу поширення радіохвиль радіорелейні лінії зв'язку можна розділити на дві основні групи: **прямої видимості** і **тропосферні**.

Радіорелейні лінії прямої видимості - основні наземні засоби передачі сигналів телефонного зв'язку, звукового і телевізійного мовлення, цифрових даних та інших повідомлень на великі відстані. Ширина смуги частот сигналів багатоканальної телефонії та

телевізійного мовлення становить кілька десятків мегагерц, тому для їх передачі практично можуть бути використані діапазони тільки дециметрових і сантиметрових хвиль, загальна ширина спектра яких становить 30 ГГц. Крім того, в цих діапазонах майже повністю відсутні атмосферні і промислові перешкоди.

Таблиця 8.3. Діапазон частот і області застосування радіолінії

Діапазон (довжина хвилі)	Діапазон частот	Область застосування
Кілометровий (10^{-1}) км	Довгохвильовий (30-300) кГц	Радіомовлення
Гектометровий (1000-100) м	Середньохвильовий (300-3000) кГц	Радіомовлення
Декаметровий (100^{-10}) м	Короткохвильовий (3-30) МГц	Радіомовлення, радіозв'язок
Метровий (10^{-1}) м	Ультракороткохвильовий (30-300) МГц	Телебачення, радіомовлення, радіозв'язок
Дециметровий (10^{-1}) дм	Високочастотний (300-3000) МГц	Телебачення, радіозв'язок

Сучасні радіорелейні лінії зв'язку являють собою ланцюжки досить потужних приймально-передавальних радіостанцій - **ретрансляторів**, які послідовно приймають, підсилюють, перетворюють (переносять) сигнали на інші частоти і передають далі сигнали від одного кінця лінії зв'язку до іншого. На кожній з проміжних станцій відбувається відновлення і перенесення сигналу на іншу частоту, тобто заміна прийнятого слабкого сигналу новим сильним, який передається на наступну станцію.

Ретранслятор (від лат. Translator – переносник) – радіотехнічний пристрій, що використовується як проміжний приймально-передавальний пункт лінії радіозв'язку.

За кількістю використовуваних каналів розрізняють одноканальні і багатоканальні системи зв'язку (системи передачі інформації).

Різновидом РРЛ є **тропосферні лінії** з використанням явища відбивання сигналу від неоднорідностей тропосфери.

8.8. Атмосферний лазерний зв'язок

Лінія оптичної атмосферної системи зв'язку між двома пунктами складається з двох приймально-передавальних пристроїв, розташованих у межах прямої видимості на обох кінцях лінії і спрямованих один на одного. У передавачі знаходиться генератор-лазер і модулятор його оптичного випромінювання переданим сигналом. Модульований лазерний промінь оптичної системи спрямовується у бік приймача. У приймачі випромінювання фокусується на фотоприймач, де виконується його детектування і виділення переданої інформації.

Схему одного з варіантів приймально-передавального пристрою атмосферної системи зв'язку з напівпровідниковим лазером подано на рис. 8.14.

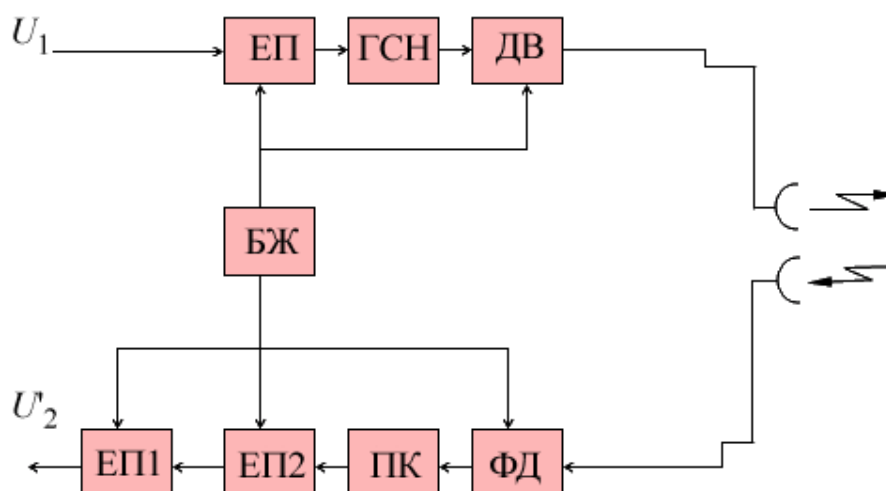


Рис. 8.14. Схема приймально-передавального пристрою атмосферної системи зв'язку

Передавальна частина системи містить підсилювач електричних сигналів ЕП, генератор струму накачування ГСН, що виконує роль перетворювача напруги в струм і каскаду джерела випромінювання (лазера) ДВ. Оптичне випромінювання фокусується за допомогою антени.

Приймальна частина містить антену, що фокусує випромінювання на приймальну площадку фотодіода. Каскад з фотодіодом ФД через погоджувальний каскад ПК підключений до підсилювачів ЕП1, ЕП2.

Живлення передавального і приймального пристрою здійснюється від блоку живлення БЖ.

Реальних схем таких систем існує багато.

Як джерела випромінювання можуть використовуватися лазери газові, на основі твердого тіла і напівпровідникові.

Детектування оптичного сигналу може здійснюватися за допомогою звичайних і лавинних фотодіодів, а також фотоелектронних перемножувачів (помножувачів).

В оптичних системах може застосовуватися стабілізація потужності оптичного випромінювання. Цифрові системи зв'язку містять також, як правило, порогові пристрої для регенерації прямокутних імпульсів з метою відновлення форми імпульсів.

Окрім зазначених основних вузлів, станція атмосферного лазерного зв'язку (АЛЗ) може бути забезпечена монокуляром — цілевказівником і пристроєм автоматизованого юстування. Разом з цим можуть бути передбачені системи термостабілізації, самодіагностики, індикації робочих параметрів тощо.

Поширення лазерного променя в атмосфері значною мірою залежить від метеоумов, від наявності диму, пилу й інших забруднень повітря. Крім того, в атмосфері спостерігаються турбулентні явища, що приводять до флуктуації показника переломлення середовища, коливань променя і перекручень прийнятого сигналу. Однак, незважаючи на зазначені проблеми, атмосферний лазерний зв'язок виявився цілком надійним на

відстанях декількох кілометрів і особливо перспективним для розв'язання проблеми «останньої милі».

У перших системах атмосферного лазерного зв'язку використовувався гелій-неоновий лазер з довжиною хвилі випромінювання 0,63 мкм і потужністю декілька десятків міліват. Амплітудна модуляція здійснювалася модулятором на базі ефекту Поккельса, а фотоприймачем служив фотопомножувач.

Сучасне значне поширення АЛЗ у багатьох країнах світу почалося, коли були створені недорогі напівпровідникові лазери потужністю в 100 мВт і більше. У цей же час виникла потреба в лазерному зв'язку, оскільки почали стрімко розвиватися інформаційні технології. Різко збільшується кількість абонентів, що вимагають надання таких телекомунікаційних послуг, як Інтернет, IP-телефонія, кабельне телебачення з великою кількістю каналів, комп'ютерні мережі тощо.

Переваги безпроводових ліній зв'язку очевидні: це економічність, не вимагаються земляні роботи; низькі експлуатаційні витрати; висока пропускна здатність і якість цифрового зв'язку; швидке розгортання і зміна конфігурації мережі; легке подолання перешкод — залізниць, річок, гір тощо.

На відміну від інших діапазонів частот оптичний діапазон цілком вільний, і його використання не вимагає узгодження частот. Він дозволяє забезпечити високу швидкість передачі інформації, її захист від несанкціонованого доступу, завадостійкість, низьке енергоспоживання. Тому найбільш повним розв'язанням проблеми «останньої милі» є передача інформації лазерним променем.

Поширення лазерного випромінювання в атмосфері супроводжується цілою низкою явищ лінійної і нелінійної взаємодії світла із середовищем. При цьому жодне з цих явищ не виявляється окремо. За суто якісними ознаками зазначені явища можна поділити на три основні групи: поглинання і розсіювання молекулами газів повітря, ослаблення на аерозолях (пил, дощ, сніг, туман) і флуктуації випромінювання на турбулентностях атмосфери. Коротко зупинимося на кожному з цих явищ.

Поглинання світлового потоку видимого й інфрачервоного діапазонів визначається, насамперед, молекулярним поглинанням, у край нерівномірним за частотою. Воно максимальне на резонансних частотах молекул повітря, води, вуглекислого газу, озону й інших компонентів атмосфери.

Існують ділянки спектра, де поглинання незначне. Вони називаються **вікнами прозорості**.

Якщо лазерне випромінювання потрапляє в центр сильної лінії спектра, то воно поглинається атмосферою на 100 % навіть на невеликій відстані. Тому для АЛЗ слід брати лазери з випромінюванням, що знаходиться на ділянках спектра атмосфери, зайнятих широкими вікнами прозорості чи в проміжках між слабкими лініями поглинання, у мікровікнах прозорості.

Окрім молекулярного поглинання поширенню променя заважає молекулярне розсіювання променистої енергії мікрозгустками молекул повітря, що мають різну щільність і різні показники заломлення.

Атмосфера являє собою механічну суміш з газів, пару, крапель рідини і твердих частинок. У ній завжди в змінній кількості присутні пил, дим, кристалики льоду. Тому атмосфера є аерозолем, склад якого безупинно змінюється через перемішування.

Усі типи атмосферних аерозолей можна об'єднати в такі основні класи: хмари, тумани, димки, наморозь і опади — дощ чи сніг. У хмарах і туманах найбільш імовірно значення радіуса частинок складає 5—6 мкм, а в димках на 1—2 порядки менше. Тому ослаблення мікронного випромінювання в димках нижче. При цьому характерно, що ослаблення оптичного сигналу при дощі та снігопаді менше, ніж при тумані (табл. 8.4).

Головними обмежувачами дальності АЛЗ є густий сніг і густий туман, для яких аерозольне ослаблення максимальне. На поширення лазерного променя значний вплив чинить також турбулентність атмосфери, тобто випадкові просторово-часові зміни показника заломлення, викликані пересуванням повітря, флуктуаціями його температури та щільності. Тому світлові хвилі, що поширюються в

атмосфері, піддаються не тільки поглинанню, але і флуктуації переданої потужності.

Таблиця 8.4. Приклади ослаблення випромінювання в діапазоні 0,85 мкм залежно від погодних умов

Погодні умови	Загасання, дБ/км
Ясна погода	0—3
Слабкий дощ	3—6
Сильний дощ	6—17
Сніг	6—26
Легкий туман	20—30
Густий туман	50—100

Найпростішим способом боротьби із завмираннями є збільшення розміру приймальної оптичної антени чи використання декількох приймальних антен. При цьому відбувається усереднення флуктуацій випромінювання, прийнятого окремими елементами, і вирівнювання сигналу. Інший спосіб полягає в некогерентному додаванні в одному каналі випромінювання декількох лазерів.

При практичному використанні лазерів у системах атмосферного зв'язку необхідно враховувати сукупний вплив взаємодії випромінювання з атмосферою — одночасно поглинаючою, розсіюючою з випадково неоднорідним середовищем. Цей вплив може змінюватися в надзвичайно широкому діапазоні. Тому для забезпечення працездатності АЛЗ на заданій дистанції з визначеним рівнем надійності (чи доступності

каналу) необхідно мати достатній динамічний запас енергетичного потенціалу.

Для характеристики взаємодії оптичної хвилі на основі аналізу зміни енергії випромінювання, що проходить крізь середовище, вводиться об'ємний коефіцієнт ослаблення α_λ .

Коефіцієнт ослаблення можна представити як

$$\alpha_\lambda = \sigma_\lambda + k_\lambda \quad (8.1)$$

де σ_λ і k_λ — об'ємні коефіцієнти розсіювання і поглинання відповідно.

Ці коефіцієнти залежать від довжини (частоти) хвилі і розташування точки спостереження, але не залежать від напрямку випромінювання в ізотропному середовищі.

З огляду на наявність у спектрах молекулярного поглинання великої кількості окремих ліній поглинання, що виникають при переходах молекул з одного енергетичного стану в інший, сумарний коефіцієнт поглинання для конкретної молекули можна записати як

$$k_k(\nu) = \sum_i k_{ik}(\nu), \quad (8.2)$$

де $k_i(\nu)$ — коефіцієнт поглинання окремої i -ї спектральної лінії.

Слід зазначити, що співвідношення, яке здається очевидним, насправді є наближеним. В основу співвідношення покладено припущення, що окремі спектральні лінії поглинання формуються незалежно одна від одної. Іншими словами, переходи молекул між різними енергетичними станами здійснюються незалежно. Насправді, як впливає із загальної теорії молекулярного поглинання в газах, це не зовсім так. Принцип адитивності особливо явно порушується, якщо відповідні лінії поглинання істотно перетинаються. Цей ефект у молекулярній спектроскопії називається **інтерференцією спектральних ліній**. В більшості випадків (для простоти) слід користуватися співвідношенням (8.2),

не забуваючи, однак, про його приблизність, і використовувати більш строгий вираз для поглинання сукупності близько розташованих спектральних ліній в особливих випадках.

Якщо врахувати, що в атмосфері Землі присутня велика кількість різних атмосферних газів, то коефіцієнт молекулярного поглинання повітря слід записати як

$$k(\nu) = \sum_k k_{ik}(\nu) = \sum_k \sum_i k_{ik}(\nu) \quad (8.3)$$

де індекс підсумовування k відповідає різним газам, що входять до складу повітря, а індекс i — окремим лініям кожного газу. Таким чином, загальний коефіцієнт молекулярного поглинання в атмосфері являє собою, у першому наближенні, суму коефіцієнтів поглинання в окремих лініях поглинання різних атмосферних газів.

Доступність лінії АЛЗ залежить від припустимого ослаблення потужності сигналу між передавачем і приймачем на заданій відстані між терміналами і від статистики розподілу максимальної видимості у місці установки лінії. Чим більший запас потужності системи, тим менше погодні умови впливають на працездатність лінії.

Системи АЛЗ можуть використовуватися не тільки на «останній милі» каналів зв'язку, але також як вставки у волоконно-оптичні лінії на окремих важкопрохідних ділянках; для зв'язку в гірських умовах, в аеропортах, між окремими будинками (органи керування, торгові центри, промислові підприємства, університетські містечка, лікарняні комплекси, будмайданчики тощо); при створенні рознесених у просторі локальних комп'ютерних мереж; при організації зв'язку між центрами комутації і базових станцій стільникових мереж; для оперативної прокладки лінії при обмеженому часі на монтаж. Тому останнім часом зростає інтерес виробників до цього нового і перспективного сектора ринку.

Таким чином, зв'язок по лазерному променю через атмосферу на сьогодні забезпечує передачу великих обсягів інформації з

високою надійністю на відстанях в одиниці кілометрів у земних умовах, а у космічному просторі на десятки тисяч кілометрів.

8.9. Загальні характеристики побудови супутникових ліній зв'язку

Супутникові лінії зв'язку частково пролягають в земній атмосфері, а частково в космічному просторі. Вони з'єднують земні станції (ЗС) з ретрансляторами зв'язку, що розміщуються на борту штучних супутників Землі (ШСЗ). Системи зв'язку, де використовуються супутникові лінії, є підсистемами більш загальних телекомунікаційних систем. Проте вони часто використовуються і як автономні, що виконують самостійні, незалежні від інших систем функції.

Супутниковою системою зв'язку (ССЗ) називають комплекс земного і космічного обладнання зв'язку, яке забезпечує передачу інформації через ретранслятор зв'язку (РЗ), що розміщується в космічному просторі. Система супутникового зв'язку містить два сегменти:

1. космічного, що складається з орбітального угруповання ШСЗ, на борту яких розташовані РЗ;
2. земного, до якого входить комплект ЗС (центральных, вузлових, абонентних), ракетно-космічний комплекс, система контрольно-вимірювальних станцій, органи управління системою і взаємодією цією ССЗ з ракетно-космічним комплексом.

Сучасні ракетно-космічні комплекси призначені для створення та поповнення орбітальних супутникових угруповань, передстартової підготовки, виведення космічних апаратів на орбіту та розподіл супутників на орбіті при груповому запуску. При групових запусках одночасно може виводитися в космічний простір однією ракетою від двох до дванадцяти апаратів, що скорочує високу вартість цих запусків. Стартова маса ракет може сягати декількох сотень тон. Маса української ракети «Зеніт» може сягати близько 500 тон. Таку саму масу має французька ракета ARIANE.

Маса корисного вантажу, що виводиться на геостаціонарну орбіту, становить від сотень кілограмів до декількох тон.

Земні станції супутникового зв'язку можуть бути центральними, що забезпечують необхідну ретрансляцію, розподіл і контроль інформації, яка передається іншими, регіональними, вузловими або абонентськими (VSAT, PES, TES) станціями.

VSAT — термінал з дуже малою апертурою антени (діаметр у межах до 1 м).

PES — персональні земні станції (Personal Earth Station) забезпечують передачу інформаційних сигналів між територіально рознесеними абонентами за схемою «кожний з кожним» і забезпечують з'єднання з абонентами національних і міжнародних пакетних мереж.

TES — Telephony Earth Station — забезпечують телефонний зв'язок у відповідних мережах.

Разом з тим інтеграція національних і міжнаціональних телекомунікаційних систем все більше змінюють автономність використання ССЗ і більше орієнтують ці системи до спеціалізації задач мережного і транспортного рівнів. Прикладом тому є системи, що з'явилися в останні роки: IRIDIUM, GLOBALSTAR, TELEDESIC та інші, що реалізують глобальну систему рухомого зв'язку.

Штучні супутники Землі (ШСЗ), на яких розміщуються РЗ, пересуваються в космічному просторі під впливом гравітаційних сил без двигунів. Їх рух відбувається за допомогою сили земного тяжіння. Лише для корекції їх руху включаються малопотужні бортові двигуни. Шлях ШСЗ відбувається за замкнутими траєкторіями — орбітами. Серед орбіт, що використовуються в ССЗ, є геостаціонарні (GEO), полярні, низькі (LEO) та середні (MEO).

Схему організації супутникового зв'язку зображено на рис. 8.15.

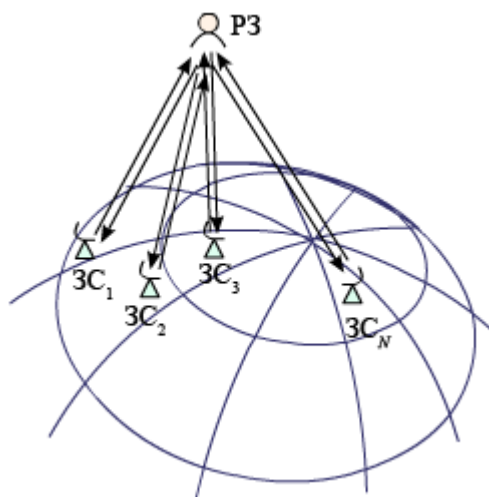


Рис. 8.15. Схема супутникового зв'язку для земних станцій (ЗС) через ретранслятор зв'язку P3

Перехід на низькі (висота орбіти до $h_0 = 1500$ км) та середні ($h_0 = 10\ 000 \dots 20\ 000$ км) орбіти дозволив вирішити не тільки проблему перевантаженості геостаціонарних орбіт ($h_0 = 36\ 000$ км), але й істотно розширив сферу телекомунікаційних послуг, забезпечивши користувачів глобальним персональним зв'язком за допомогою терміналу типу «телефонної трубки». Еволюція супутникових систем нагадує процеси в комп'ютерній техніці, коли великі ЕОМ поступилися місцем мережам передачі даних і персональним комп'ютерам. Аналогічне явище спостерігається й у сфері супутникового зв'язку: перехід від важких геостаціонарних до порівняно легких низькоорбітальних.

Процес повсюдного впровадження персональної комп'ютерної техніки, а також надзвичайно швидке збільшення кількості послуг мережі Інтернет привели до того, що комп'ютер став невід'ємною частиною супутникового терміналу. Він використовується не тільки для підготовки й обробки інформації, але й для управління його роботою, обміну великими обсягами інформації, при передачі мовлення і мультимедіа.

Із зниженням висоти орбіти зменшується миттєва зона обслуговування, а отже, потрібно збільшення кількості супутників для глобального охоплення. Кількість КА в орбітальному

угрупованні залежить від висоти орбіти і робочих кутів місця, при яких забезпечується стійкий зв'язок. Визначено, що низькоорбітальна система має забезпечувати глобальний зв'язок, а кількість її супутників не може бути меншою 48. Період обігу КА на цих орбітах складає 1—1,5 год, максимальний час перебування в зоні радіобачення не перевищує 10—15 хв.

Основні характеристики орбіт різного типу (GEO, MEO і LEO) наведено в табл. 8.5.

Таблиця 8.5. Порівняльні характеристики GEO, MEO і LEO

Тип орбіти	GEO	MEO	LEO
Висота орбіти, км	36 000	5 000 – 15 000	500 – 2 000
Кількість КА в орбітальному угрупованні при безперервному глобальному покритті	3	8 – 12	48 – 66
Площа зони покриття для одного КА, % щодо поверхні Землі (кут місця 10°)	34	25 – 28	3 – 7
Час перебування КА в зоні радіобачення	24 години	1,5 – 2 години	10 – 15 хвилин
Затримка при передачі мовлення, мс, не менше	500	80 – 130	20 – 70
Частота перемикавання з одного супутника на інший, хв	—	50	8 – 10

Мінімальний робочий кут місця, °	5	15 – 25	10 – 15
----------------------------------	---	---------	---------

Процес персоналізації телекомунікацій привів до того, що межі між традиційними службами фіксованого та рухомого зв'язку почали поступово зникати. Єдине, що поки пов'язує портативний термінал і традиційні служби зв'язку — це розподіл частотного ресурсу. Проте і в цьому напрямі відбулися істотні зміни. Запропоновано низку проектів створення мобільних терміналів на вищих частотах, тобто в УВЧ- і НВЧ-діапазонах.

Змінився підхід до мобільних ССЗ як до спеціалізованих систем (морських, повітряних, автомобільних і залізничних). Фактично сучасний мобільний термінал відрізняється лише конструктивним виконанням і інтерфейсом.

Можливості сучасного супутникового зв'язку здатні надавати іншу важливу послугу — визначення місцеположення рухомих абонентів, необхідну для супроводу транспортних і вантажних перевезень, відстежування втрачених або вкрадених автомобілів тощо.

Одним із найперспективніших напрямів розвитку мобільних ССЗ є їх інтеграція з існуючими стільниковими мережами. Супутникові системи не тільки забезпечать розширення спектра послуг обміну даними радіотелефонної і пейджингової мереж за допомогою дворежимних терміналів, але й дозволять у перспективі розв'язати найгострішу проблему забезпечення зв'язком малонаселених, віддалених і важкодоступних районів.

8.10. Основні складові систем супутникового зв'язку

Відповідно до Регламенту радіозв'язку залежно від призначення ССЗ і типу використовуваних ЗС розрізняють три основні служби супутникового зв'язку: фіксований супутниковий зв'язок (ФСЗ), рухомий супутниковий зв'язок (РСЗ) та радіомовний

супутниковий зв'язок (РСЗ). Через низку причин, як технічних, так і історичних, такий розподіл зберігається і до цього дня, хоча і не повністю відображає динаміку розвитку сучасних засобів супутникового зв'язку, які сьогодні йдуть шляхом глобалізації і персоналізації телекомунікацій.

Фіксована служба супутникового зв'язку.

Фіксована служба зв'язку (ФСЗ) призначена для організації зв'язку між стаціонарними користувачами. Спочатку системи ФСЗ використовувалися виключно для організації магістральних ліній зв'язку великої протяжності та зонового зв'язку. Нині ФСЗ на базі терміналів типу VSAT вже застосовується для мереж електронної комерції, для обміну банківською інформацією, мереж оптових баз, торгових складів тощо. Крім того, розвиток ФСЗ йде у напрямі організації персонального зв'язку і передачі мультимедійної інформації на домашні ПК. Для систем ФСЗ виділені діапазони частот: С (4,6 ГГц), Х (7/8 ГГц), Ки (11/14 ГГц) і Ка (20/30 ГГц).

До ФСЗ належать також фідерні лінії, що забезпечують організацію високошвидкісних каналів сигналізації й управління між наземними станціями мережі (ЦС, ВУС, станціями сполучення). Робота фідерних ліній забезпечується, як правило, в тих самих діапазонах частот.

Як уже було зазначено, межі між традиційними службами ФСЗ і РСЗ або ФСЗ і РСЗ поступово почали зникати. Так, персональні ЗС віддалених користувачів, які працюють в Ки- або Ка-діапазоні, формально належать до класу ФСЗ (робота в смугах частот, виділених для ФСЗ), проте за своїм призначенням і виконуваними функціями вони належать до елементів мобільної системи.

Рухома супутникова служба зв'язку.

Системи рухомого супутникового зв'язку (РСЗ) призначені для організації зв'язку між мобільними об'єктами або між мобільним об'єктом і стаціонарним. Спочатку РСЗ розглядалися як служби спеціального призначення, орієнтовані на організацію морського, повітряного, автомобільного та залізничного супутникового зв'язку. На сьогодні йде процес переорієнтації РСЗ на забезпечення послуг

персонального зв'язку. Для систем РСЗ виділені діапазони частот до 1 ГГц, а також смуги частот у L- (1,5/1,6 ГГц) і S- (2,4/2,5 ГГц) діапазонах. У перспективних РСЗ планується робота в інших смугах частот S-діапазону (1,9/2,2 ГГц), у Ka- (20/30 ГГц) діапазоні і в НВЧ (40—50 ГГц).

Радіомовна супутникова служба зв'язку.

Служба радіомовного супутникового зв'язку (РСЗ) призначена для прийому телевізійних і радіомовних програм. Вона охоплює системи безпосереднього телевізійного мовлення (БТМ), супутникове телевізійне мовлення і супутникове безпосереднє радіомовлення. Розвиток РСЗ йде в напрямку від аналогових до цифрових систем телебачення і радіомовлення.

У телерадіомовленні, де потрібне суцільне покриття обслуговуваних територій, переваги ССЗ перед іншими системами виявляються найбільшою мірою. В результаті переходу на цифрові методи передачі телевізійних сигналів виникла нова послуга — інтерактивне телебачення. Порівняно недавно зародилася також ідея персоналізації у сфері телемовлення, тобто можливість інтерактивного обміну в процесі телепередач і задоволення індивідуальних запитів за рахунок трансляції по закритих каналах замовлених телепрограм. У цьому разі користувач перетворюється з пасивного споживача мовленнєвої інформації в активного учасника телепрограми.

Сьогодні очевидне збільшення кількості програм, яке відбувається у тому числі й за рахунок створення каналів безпосереднього супутникового радіомовлення.

Сучасні системи персонального телерадіомовлення будуються на базі супутників на GEO. Проте найбільш перспективні ССЗ, які здатні привести до «революції» в інформаційних технологіях — це пряме супутникове мовлення на комп'ютери (Direct PC). Служба Direct PC дозволяє одержувати по супутникових каналах телевізійні зображення (швидкість 30 Мбіт/с) і інформацію з мережі Інтернет (швидкість до 400 кбіт/с) безпосередньо на ПК з апаратурою індивідуального прийому. Такі послуги, можливо, надаватиме

низькоорбітальна система E.Sat, призначена для ширококомовної передачі інформації безпосередньо на домашні термінали користувачів (direct-to-home-data broadcasting).

8.11. Супутникові радіолінії

Останнім часом все більшого застосування знаходять **супутникові лінії зв'язку** - РРЛ з ретранслятором на штучних супутниках землі (ШСЗ). Супутникові радіолінії є різновидом радіорелейних ліній. Супутниковий зв'язок забезпечується супутниками, які розташовуються на земній орбіті і є ретрансляторами. Сигнал від наземної передавальної станції йде до супутника, а від супутника він передається на наземну приймальну станцію. Такий метод комунікації дозволяє забезпечувати зв'язком абонентів найвіддаленіших частин планети, оскільки супутники найчастіше запускаються не по одному, а групами. Всі ретранслятори розташовуються на орбіті на деякій відстані один від одного, тому разом вони можуть охопити майже всю земну кулю.

Радіосигнали з земної передавальної станції випромінюються у напрямку штучного супутника Землі (ШСЗ), де приймаються, підсилюються і знову передаються за допомогою радіопередавача у напрямку земної станції прийому. Радіотехнічне обладнання ШСЗ виконує функцію проміжної станції радіорелейної лінії на великій висоті. Використання супутників в системах зв'язку почалось фактично зразу ж після запуску перших ШСЗ (вперше запуск було здійснено 4 жовтня 1957 року в Радянському Союзі) і до сьогоднішнього дня цей зв'язок залишається однією з основних галузей практичного застосування ШСЗ поряд з глобальною навігацією і різноманітними дослідженнями Землі з космосу – від військової розвідки до прогнозу погоди та моніторингу природних ресурсів.

За типом орбіт штучних супутників Землі, які використовуються, супутникові системи зв'язку класифікуються таким чином:

– **високоорбітальні** або **геостаціонарні** (GEO – Geostationary Earth Orbit) – з круговими екваторіальними орбітами висотою 36000 км; при цьому період обертання супутника навколо Землі становить 23 год. 56 хв., тобто супутник виявляється практично нерухомим відносно Землі – він практично «висить» над однією точкою екватора. Трьох супутників достатньо, щоб охопити практично всю поверхню Землі за винятком територій, які прилягають до полюсів;

– **середньоорбітальні** (MEO – Medium Earth Orbit) – з круговими орбітами висотою біля 10000 км;

– **низькоорбітальні** (LEO – Low Earth Orbit) – з круговими орбітами висотою 700...2000 км;

– **високоеліптичні** (HEO – Highly Elliptical Orbit) – з витягнутими еліптичними орбітами, що мають радіус перигею порядку тисяч кілометрів і радіус апогею порядку одного або декількох десятків тисяч кілометрів.

Висота орбіти вибирається виходячи з аналізу багатьох факторів, зокрема, енергетичних характеристик радіоліній, затримки при поширенні радіохвиль, близькості до орбіти радіаційного поясу Ван Аллена (у ньому неможлива робота електронної бортової апаратури, перший пояс починається з висоти 1500 км), розмірів і розташування територій, які обслуговуються.

Для радіотелефонного зв'язку в супутникових системах використовують цифрову передачу повідомлень з обов'язковим виконанням загальноприйнятих міжнародних стандартів. У таких системах затримка сигналу на трасі його поширення не повинна перевищувати 0,3с і переговори абонентів не повинні перериватися під час сеансу зв'язку. Обслуговування абонентів повинне бути неперервним і відбуватися у реальному масштабі часу. В цьому випадку при побудові радіотелефонного супутникового зв'язку необхідно враховувати, що:

– супутники повинні оснащуватися високоточною системою орієнтації для утримання променя їх антени в заданому напрямку;

– кількість супутників в системі повинна бути достатньою для забезпечення суцільного і неперервного покриття зони обслуговування;

– для забезпечення достатньої кількості каналів зв'язку повинні застосовуватися багатопроменеві антенні системи, які повинні працювати на високих частотах (більших 1,5 ГГц), що значно ускладнює конструкцію антен і космічних апаратів.

У системах супутникового радіозв'язку використовуються радіохвилі НВЧ-діапазону (зазвичай в межах частот 1,5 ... 14 ГГц, найбільш використовуваний діапазон 4 ... 6 ГГц), що пронизують іоносферу з мінімальним загасанням.

Важливою перевагою супутникових систем зв'язку є можливість передачі інформації на велику відстань при одному ретрансляторі на ШСЗ, а також можливість організації глобального зв'язку.

8.12. Основні характеристики ліній зв'язку

Одним з найважливіших факторів, що визначає можливості телекомунікаційних систем та комп'ютерних мереж в цілому, є **технічні характеристики каналів зв'язку**.

Для визначення характеристик лінії зв'язку використовують аналіз її реакції на деякі еталонні впливи. Найчастіше в якості таких еталонних впливів використовують синусоїдальні сигнали різної частоти, що виступають у ролі зовнішніх шумів.

До основних характеристик ліній зв'язку відносяться наступні фізичні параметри.

1. Амплітудно-частотна характеристика – дозволяє визначити форму вихідного сигналу для будь-якого вхідного.

2. Пропускна здатність – це показник кількості одиниць інформації, яку лінія зв'язку може передати за певний проміжок часу. Характеризує максимально можливу швидкість передачі даних по лінії зв'язку.

3. Перешкодостійкість – визначає здатність лінії зв'язку зменшувати рівень перешкод, що створюються в зовнішньому середовищі та на внутрішніх провідниках.

4. Достовірність передачі даних – характеризує ймовірність пошкодження кожного біту даних, що передаються.

5. Ємність лінії зв'язку.

В першу чергу увага приділяється таким характеристикам, як пропускна здатність і достовірність передачі, оскільки вони прямо впливають на продуктивність і надійність створюваної мережі.

8.12.1. Амплітудно-частотна характеристика

Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) – це залежність коефіцієнта передачі $A_{вих}/A_{вх}$ від частоти, де $A_{вих}$ і $A_{вх}$ – амплітуди гармонічних складових сигналу відповідно на виході і вході лінії зв'язку.

Амплітудно-частотна характеристика показує, як загасає амплітуда синусоїди на виході лінії зв'язку в порівнянні з амплітудою на її вході для всіх можливих частот переданого сигналу (рис. 8.16).

Замість амплітуди часто використовують такий параметр сигналу, як його потужність.



Рис. 8.16. Амплітудно-частотна характеристика лінії зв'язку

Знання амплітудно-частотної характеристики реальної лінії дозволяє визначити форму вихідного сигналу практично для будь-якого вхідного сигналу. Для цього необхідно знайти спектр вхідного сигналу, перетворити амплітуду складових її гармонік відповідно до амплітудно-частотних характеристик, а потім знайти форму вихідного сигналу, склавши перетворені гармоніки. Незважаючи на повноту інформації, що надається амплітудно-частотною характеристикою про лінію зв'язку, її використання ускладнюється тією обставиною, що одержати її дуже важко. Адже для цього потрібно провести тестування лінії еталонними синусоїдами по всьому діапазону частот від нуля до деякого максимального значення, що може зустрічатися у вхідних сигналах. Змінювати частоту вхідних синусоїд потрібно з невеликим кроком, а кількість експериментів повинна бути дуже великою. Тому на практиці замість амплітудно-частотної характеристики застосовуються інші, спрощені характеристики — **смуга пропускання і загасання**.

8.12.2. Смуга пропускання

Смуга пропускання — це діапазон частот (або різниця між максимальною і мінімальною частотою), для якого коефіцієнт передачі $A_{\text{вих}}/A_{\text{вх}}$ перевищує 0,5 (рис. 8.16). Ця характеристика визначає діапазон частот, які передаються по лінії зв'язку без значних спотворень.

Смуга пропускання залежить від типу лінії зв'язку та її протяжності. На рис. 8.17 показано смуги пропускання ліній зв'язку різних типів, а також найбільш часто використовувані в техніці зв'язку частотні діапазони.

Для прикладу, значення смуги пропускання окремих середовищ складають:

- телефонна пара – 3100 Гц,
- вита пара – понад 100 МГц,
- волоконно-оптичний кабель – до 10 ТГц.

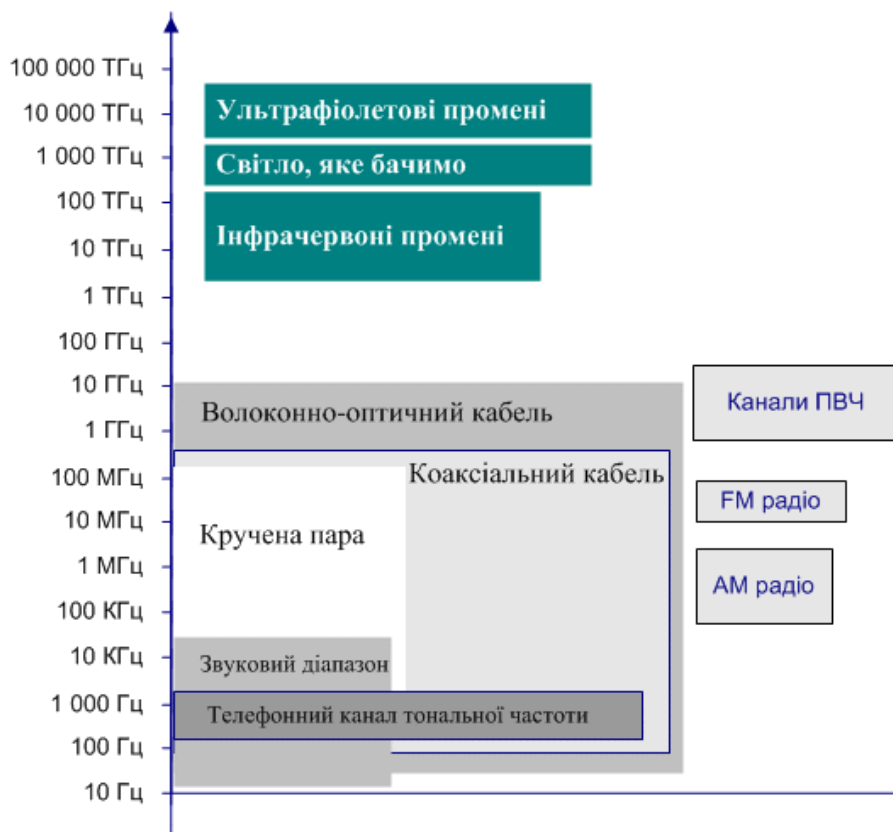


Рис. 8.17. Смуги пропускання ліній зв'язку і популярні частотні діапазони

Основні параметри, які характеризують смугу пропускання частот - це ширина смуги пропускання і нерівномірність амплітудно-частотної характеристики в межах смуги. Ширина смуги зазвичай визначається як різниця верхньої і нижньої граничних частот ділянки АЧХ, на якій амплітуда коливань становить $\frac{1}{\sqrt{2}}$ від максимальної. Ширина смуги пропускання виражається в одиницях частоти (наприклад, в Гц). Розширення смуги пропускання дозволяє передати більшу кількість інформації.

Знання смуги пропускання дозволяє одержати з деяким ступенем наближення той же результат, що і знання амплітудно-частотної характеристики. Ширина смуги пропускання найбільшою мірою впливає на максимально можливу швидкість передачі інформації в лінії зв'язку.

Нерівномірність АЧХ характеризує ступінь відхилення від прямої, паралельної вісі частот. Нерівномірність АЧХ виражається в децибелах. Послаблення нерівномірності АЧХ в смузі покращує відтворення форми сигналу, який передається. Величина смуги пропускання залежить від типу лінії зв'язку та її протяжності.

8.12.3. Загасання

Загасання (Z) показує, наскільки зменшується амплітуда (потужність) еталонного синусоїдального сигналу на виході лінії зв'язку по відношенню до потужності сигналу на вході цієї лінії. (рис. 8.18).

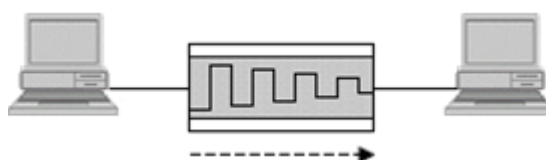


Рис. 8.18. Загасання сигналу призводить до погіршення якості сигналу

Загасання Z звичайно вимірюється в децибелах (дБ) і обраховується за формулою:

$$Z = 10 \cdot \log_{10} \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}}, \quad (8.4)$$

де $P_{\text{вих}}$ - потужність сигналу на виході з лінії;

$P_{\text{вх}}$ - потужність сигналу на вході лінії.

Так як потужність вихідного сигналу кабелю без проміжних підсилювачів завжди менше, ніж потужність вхідного сигналу, загасання кабелю завжди є від'ємною величиною, тобто $Z < 0$.

Загасання визначається як відносне зменшення амплітуди чи потужності сигналу при передачі по лінії сигналу визначеної частоти. Таким чином, загасання являє собою одну точку з амплітудно-частотної характеристики лінії.

Загасання використовується в якості однієї з найважливіших характеристик ліній зв'язку. На практиці часто заздалегідь відома основна частота сигналу, що передається, тобто та частота, на якій сигнал має найбільшу амплітуду і потужність. Тому достатньо знати загасання на цій частоті, щоб приблизно оцінити спотворення переданих по лінії сигналів. Чим менше загасання, тим вища якість лінії зв'язку.

Оцінка значень затухання сигналу наведена в таблиці 8.6.

Табл. 8.6. Затухання сигналу залежно від відношення потужності

$\frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{вх}}}$	0,1	0,01	0,001	0,0001
Z, дБ	- 10	-20	-30	-40

Наприклад, на частоті 100 МГц при довжині 100 м практично:

- для виті пари категорії 3 затухання $Z = - 11,5$ дБ.
- для виті пари категорії 5 затухання $Z = - 23,6$ дБ.

Тобто, як видно з таблиці 8.6, для виті пари категорії 5 за частоти сигналу 100 МГц від початкового сигналу через 100 м залишиться близько 0,01 його потужності (або 1%).

Таким чином, амплітудно-частотна характеристика, смуга пропускання і загасання є універсальними характеристиками. Знання їх знання дозволяє зробити висновок про те, як через лінію зв'язку будуть передаватися сигнали будь-якої форми.

8.12.4. Пропускна здатність

Пропускна здатність каналу зв'язку S_k є однією з найважливіших характеристик каналу зв'язку і пов'язана з його вторинними параметрами, наприклад смугою пропускання каналу зв'язку ΔF_k .

Пропускна здатність лінії характеризує максимально можливу швидкість передачі даних по лінії зв'язку:

$$C_k = U_{\max} = \frac{I_{\max}}{T} \quad (8.5)$$

де I_{\max} - максимальна кількість інформації, що передається за час T .

Пропускна здатність вимірюється в бітах у секунду — біт/с, а також у похідних одиницях, таких як кілобіт у секунду (Кбіт/с), мегабіт у секунду (Мбіт/с), гігабіт у секунду (Гбіт/с) тощо. Вона залежить від амплітудно-частотної характеристики та спектру сигналів, що передаються

Для того, щоб визначити наскільки швидкість передачі інформації близька до пропускної здатності каналу, вводять характеристику η_k , звану коефіцієнтом використання каналу зв'язку:

$$\eta_k = \frac{U_k}{C_k}. \quad (8.6)$$

де $U_k = \frac{I}{T}$ – швидкість передачі інформації в одиницю часу

Зв'язок між **смугою пропускання лінії зв'язку** і її **максимально можливою пропускною здатністю** визначається формулою Клода Шеннона:

$$C_{\max} = F \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_c}{P_{\text{ш}}} \right), \quad (8.7)$$

де C_{\max} — максимальна пропускна здатність лінії в бітах за секунду,

F — ширина смуги пропускання лінії в герцах,

P_c — потужність сигналу,

$P_{\text{ш}}$ — потужність шуму.

З формули Шеннона випливають наступні два способи підвищення пропускної здатності лінії:

1. збільшення смуги пропускання F - найбільш ефективний спосіб.

2. збільшення відношення $\frac{P_c}{P_{\text{ш}}}$. Це можливо за рахунок збільшення потужності передавача чи зменшення потужності шуму (перешкод) на лінії зв'язку. Обидві ці складові піддаються зміні з важкими зусиллями. Підвищення потужності передавача веде до значного збільшення його габаритів і вартості.

Зниження рівня шуму вимагає застосування спеціальних кабелів з якісними захисними екранами, що дуже дорого, а також

зниження шуму в передавачі і проміжній апаратурі, чого досягти дуже не просто.

Як зазначалося вище пропускна здатність лінії зв'язку залежить не тільки від її амплітудно-частотної характеристики, але і від спектра сигналів, що передаються. Якщо значущі гармоніки сигналу (тобто ті гармоніки, амплітуди яких вносять основний вклад у результуючий сигнал) попадають у смугу пропускання лінії, то такий сигнал буде добре передаватися даною лінією зв'язку і приймач зможе правильно розпізнати інформацію, відправлену по лінії передавачем (рис. 8.19, а). Якщо ж значущі гармоніки виходять за границі смуги пропускання лінії зв'язку, то сигнал буде значно спотворюватися, приймач буде помилятися при розпізнаванні інформації, а інформація не зможе передаватися з заданою пропускною здатністю (рис. 8.19, б).

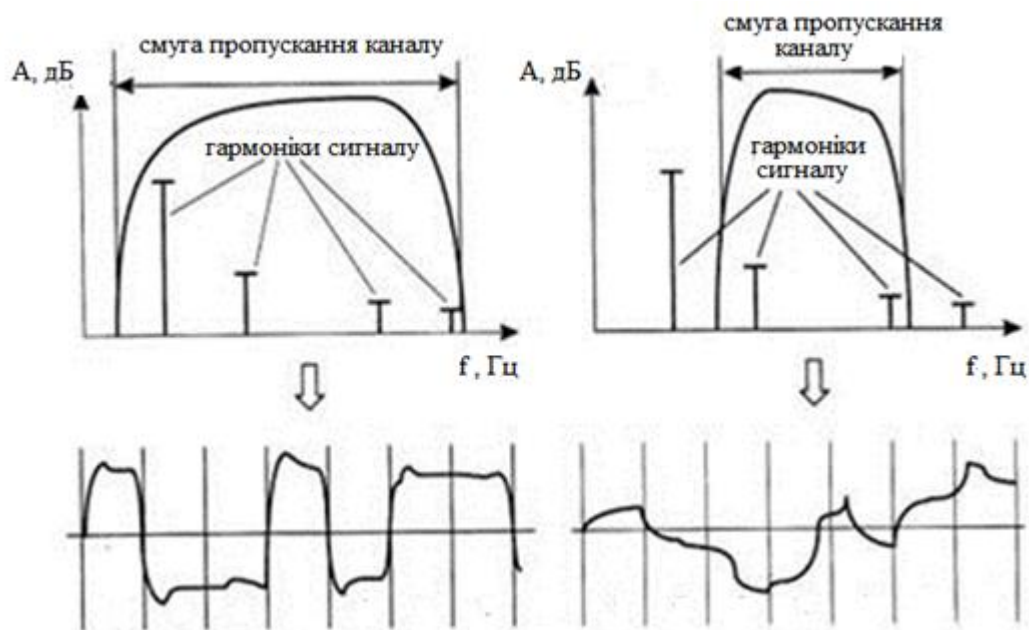


Рис. 8.18. Відповідність між смугою пропускання каналу зв'язку і спектром сигналу

Розробників обчислювальної мережі в першу чергу цікавлять пропускна здатність і достовірність передачі даних, оскільки ці

характеристики прямо впливають на продуктивність і надійність мережі.

8.12.5. Достовірність передачі даних

Пропускна здатність і достовірність - це характеристики як каналу (лінії) зв'язку, так і способу передачі даних.

Достовірність передачі інформації оцінюють як відношення кількості помилково переданих знаків до загальної кількості переданих знаків. Необхідний рівень достовірності повинні забезпечувати як апаратура, так і канал зв'язку. Недоцільно використовувати дорогу апаратуру, якщо канал зв'язку не забезпечує необхідного рівня достовірності. Для каналів зв'язку без додаткових засобів захисту від похибок показник достовірності становить, як правило, $10^{-4} \dots 10^{-6}$, тобто допускається одна помилка на мільйон (десять мільйонів) переданих знаків. В оптоволоконних лініях зв'язку цей показник становить 10^{-9} .

Спотворення інформації відбувається як через наявність перешкод на лінії, так і через спотворення форми сигналу, обмеженої пропускнуою здатністю лінії. Тому для підвищення достовірності переданих даних потрібно підвищувати ступінь завадозахищеності лінії, знижувати рівень перехресних наведень у кабелі, а також використовувати більш широкосмугові лінії зв'язку

Будь-яка лінія зв'язку спотворює сигнали, що по ній передаються, через те, що її фізичні параметри відрізняються від ідеальних. Якщо лінія зв'язку включає проміжну апаратуру, то вона також може вносити додаткові спотворення.

Крім спотворень сигналів, внесених внутрішніми фізичними параметрами лінії зв'язку, існують і зовнішні перешкоди, які вносять свій внесок в спотворення форми сигналів на виході лінії. Ці перешкоди створюють різні електричні двигуни, електронні пристрої, атмосферні явища тощо.

Ступінь спотворення синусоїдальних сигналів лініями зв'язку оцінюється за допомогою таких характеристик, як **амплітудно-**

частотна характеристика, смуга пропускання і загасання на певній частоті.

8.12.6. Перешкодостійкість та ємність лінії зв'язку

Перешкодостійкість лінії зв'язку визначає її здатність зменшувати рівень перешкод, створюваних у зовнішньому середовищі або на внутрішніх провідниках самого кабелю. Завадостійкість лінії залежить від типу використовуваного фізичного середовища, а також від засобів самої лінії, які екранують і подавляють завади. Найменш завадостійкими є радіолінії, гарною стійкістю володіють кабельні лінії і відмінною - волоконно-оптичні лінії, малочутливі до зовнішнього електромагнітного випромінювання. Зазвичай для зменшення завад, що з'являються через зовнішні електромагнітні поля, провідники екранують і/або скручують.

У відповідності до видів лінії зв'язку, або за типом середовища передачі, найкращу перешкодостійкість мають волоконно-оптичні, гіршу – металеві, а найнижчу – радіолінії, як показано на рис. 8.20.

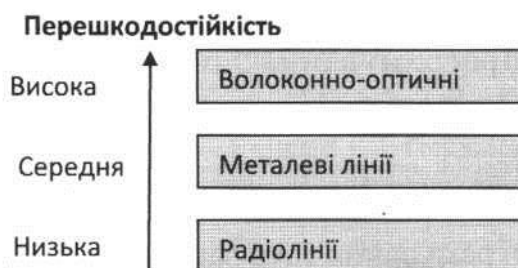


Рис. 8.20. Приклади перешкодостійкості

По відношенню до кабелю з витих пар перешкодостійкість визначається **показником перехресних наведень на ближньому кінці** – NECT (Near End Cross Talk).

NECT характеризує перешкодостійкість кабелю до внутрішніх джерел перешкод, які виникають внаслідок впливу електричних наведень однієї витой пари на іншу. Якщо до другої пари буде підключений приймач, то він може прийняти наведену внутрішню

перешкоду за корисний сигнал. Показник перехресних наведень НЕСТ, визначається в децибелах, і розраховується за формулою:

$$\text{NECT} = 10 \cdot \log_2 \frac{P_{\text{вих}}}{P_{\text{нав}}}, \quad (8.8)$$

де $P_{\text{вих}}$ — потужність вихідного сигналу,

$P_{\text{нав}}$ — потужність наведеного сигналу.

Чим менше значення НЕСТ, тим кращим є кабель. Так, для витої пари категорії 5 показник НЕСТ повинен бути менше 27 дБ на частоті 100 МГц. Показник НЕСТ звичайно використовується до кабелю, що складається з декількох кручених пар, тому що в цьому випадку взаємні наведення однієї пари на іншу можуть досягати значних величин.

Для одинарного коаксіального кабелю цей показник не має сенсу, а для подвійного коаксіального кабелю він також не застосовується внаслідок високого ступеня захищеності кожної жили. Оптичні волокна також не створюють будь-яких помітних перешкод один для одного.

Ємністю каналу зв'язку V_k називають величину, що визначається як

$$V_k = T_k \cdot \Delta F_k \cdot H_k, \quad (8.9)$$

де T_k - час, протягом якого канал зайнятий повідомленням, що передається;

ΔF_k - смуга частот, яка пропускається каналом;

H_k - параметр, що показує енергетичні співвідношення сигналу і перешкод (шумів) в каналі зв'язку.

У більшості випадків можна прийняти, що:

$$H_k = \frac{P_c}{P_n}, \quad (8.10)$$

де P_c - потужність сигналу в смузі каналу зв'язку;

P_n - потужність перешкоди в смузі каналу зв'язку.

Узгодження каналу зв'язку з джерелом інформації.

Для того, щоб канал пропускав інформацію без спотворень, необхідно щоб його ємність V_k була більше аналогічної характеристики сигналу, тобто ємності сигналу V_c , а пропускна здатність каналу S_k була більше швидкості видачі інформації

джерелом сигналу U_c . При цьому під об'ємом сигналу розуміють величину:

$$V_c = T_c \cdot \Delta F_c \cdot H_c, \quad (8.11)$$

де T_c – тривалість існування сигналу;

ΔF_c – ширина спектра сигналу;

H_c – параметр, що показує енергетичне співвідношення в сигналі корисної складової і перешкод (шумів).

Таким чином, у загальному випадку для передачі інформації в каналі зв'язку необхідно виконати умову:

$$V_k \geq V_c, \quad (8.12)$$

Однак цієї умови недостатньо, крім цього, мають виконуватися і часткові умови:

$$T_k \geq T_c; \Delta F_k \geq \Delta F_c; H_k \geq H_c. \quad (8.13)$$

Якщо будь-яка часткова умова не виконується, а загальна умова дотримана, то це означає, що необхідно попереднє перетворення сигналу перед передачею його в каналі зв'язку. Аналогічні проблеми можуть виникати і при необхідності забезпечити передачу декількох сигналів по одному каналу зв'язку, коли виникає проблема розрізнення (розподілу) цих сигналів.

8.13. Вимоги до ліній зв'язку

Основними вимогами до ліній зв'язку є наступні:

- здійснення зв'язку на практично необхідні відстані – від десятків до тисяч кілометрів для зв'язку у межах держави й до десятків тисяч кілометрів для міжнародного зв'язку;
- широкосмуговість і придатність для передачі різноманітних видів сучасної інформації – телефонія, телеграфія, відеотелефонія, телебачення, телеметрія, комп'ютерні дані);
- захищеність кіл від взаємних впливів і зовнішніх завад, а також від фізичних впливів (атмосферних явищ, корозії тощо);
- стабільність електричних параметрів лінії, стійкість і надійність зв'язку;
- економічність системи зв'язку в цілому.

8.14. Сутність і класифікація впливів

Лінії зв'язку перебувають під постійним впливом сторонніх електромагнітних полів різного походження. Ці поля наводять струми та напруги в окремих лініях зв'язку, створюють перешкоди, погіршують якість зв'язку.

Ці впливи називаються **електромагнітними впливами** або просто впливами на ЛЗ і складають сутність проблеми електромагнітної сумісності (ЕМС).

Ця проблема є спільною для всіх систем і пристроїв, пов'язаних з генерацією, прийомом і обробкою електричних сигналів, виникає внаслідок того, що ділянки лінії перебувають в електромагнітному полі, що створюється джерелом впливу (рис. 8.21). Проблема ЕМС має дві сторони: одні пристрої самі створюють впливи, інші ж підпадають під їх дію. Проблема ЕМС вимагає оптимального розв'язання двох завдань: захисту мереж і пристроїв від сторонніх впливів і обмеження впливів пристроїв, які створюють поля, що заважають.

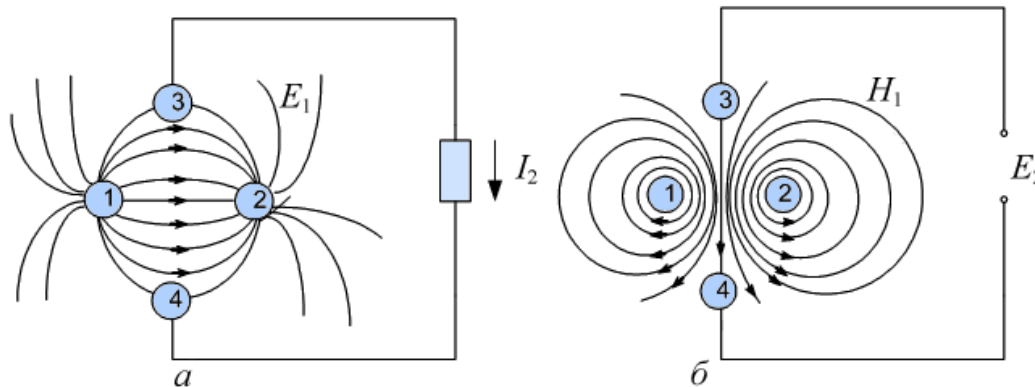


Рис. 8.21. Сутність електричного (а) і магнітного (б) впливів: «1 – 2» — лінія, яка створює вплив; «3 – 4» — лінія, на яку діє вплив

Класифікація впливів. Розмаїття впливів і особливості джерел впливів вимагають їхньої класифікації, яку наведено на рис. 8.22.

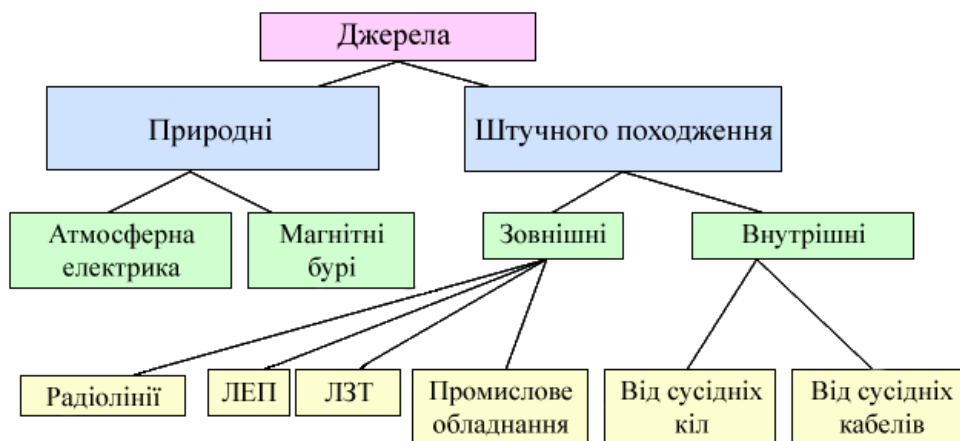


Рис. 8.22. Класифікація джерел впливів:
ЛЕП — лінії електропередачі; ЛЗТ — лінії залізничного транспорту

Внутрішні впливи в одному кабелі називаються **взаємними**. Внутрішні й зовнішні впливи відрізняються низкою ознак: інтенсивністю, локалізацією, часом впливу.

У розв’язанні проблеми ЕМС виділяються такі етапи:

- аналіз характеристик (інтенсивності, спектральних, часових характеристик тощо) сторонніх полів і їх залежності від стану зовнішнього середовища, часу, режиму роботи тощо;
- дослідження законів індукування перешкод, ступеня їх впливу на якість передачі інформації;
- розробка методів захисту кіл і трактів від впливу зовнішніх полів.

8.15. Зовнішні впливи на лінії зв’язку

Зовнішні впливи на лінії зв’язку поділяються на такі.

Вплив атмосферної електрики. При потужних грозових розрядах, напруга яких сягає декількох мільйонів вольт, струми блискавки, які потрапляють у кабель, руйнують його оболонку. Пошкодження виникають як при прямому потраплянні блискавки у кабель, так і в разі її потрапляння у землю, дерева, опори ліній електропередачі та ліній зв’язку, що знаходяться на відстані до 15—20 метрів від кабелю. При потраплянні блискавки в землю на певній відстані від кабелю виникає електрична дуга у напрямку до кабелю.

В цьому разі виникають такі пошкодження: пробиття ізоляції між жилами, а також між жилами й оболонкою кабелю; розплавлення, обрив або коротке замикання жил; розплавлення свинцевої оболонки, пошкодження броні; пробиття зовнішнього ізолюючого покриття; виникнення вм'ятин на металевій оболонці кабелю.

Імовірність пошкодження кабельної лінії зростає в ґрунті з великим електричним опором (пісок, глина, граніт тощо). Дія атмосферної електрики на оптичні кабелі з металевими оболонками така сама, як і на металеві кабелі.

Кабелі з сталевими та свинцевими оболонками пошкоджуються частіше, ніж кабелі з алюмінієвими оболонками, які мають менший електричний опір.

Вплив ліній електропередач (ЛЕП). Впливи, які чинять ЛЕП, поділяються на електричні, магнітні та гальванічні. Електричні впливи виникають унаслідок дії ЛЕП, що створюють потужні електричні поля. Такі ЛЕП діють на повітряні лінії зв'язку, на кабельні лінії вони діють менше, оскільки електричне поле значно загасає у ґрунті. Магнітні впливи створюють лінії з великими струмами (це лінії електрифікованого залізничного транспорту), які створюють потужні магнітні поля. В цьому разі на металевих оболонках кабелів, у тому числі й оптичних, наводиться поздовжня електрорушійна сила. Вона створює небезпечний вплив. На лінії зв'язку діють як лінії змінного, так і постійного струму, перші впливають на частоті 50 Гц і на вищих гармоніках, які збігаються з смугою каналу тональної частоти; другі — за наявності пульсацій, які виникають внаслідок випрямлення струму. Гармонічні складові цих пульсацій діють у діапазоні до 30 кГц.

Якщо оптичні кабелі підвішуються на опорах ліній електропередачі з високою напругою, виникає вплив високої напруженості електричного поля на показник заломлення світловоду, що може призвести до деякої зміни параметрів передачі світловоду.

Особливо небезпечним є магнітний вплив на ЛЗ, коли на високовольтній лінії (ВВЛ) виникає аварійний режим: замикання проводів, падіння обірваного проводу на землю. У цьому разі на ВВЛ виникають великі струми — до 3000—5000 А.

Гальванічний вплив створюють лінії, які використовують землю як один із провідників (електрифіковані залізниці, трамвайні шляхи). Гальванічний вплив виникає також на лініях зв'язку, де дистанційне живлення здійснюється за схемою «провід — земля». Ці лінії створюють блукаючі струми, які протікають землею і є причиною корозії металевих кабельних оболонок.

8.16. Перешкоди і спотворення в каналі зв'язку

При передачі сигналу по лінії зв'язку він спотворюється і повідомлення відтворюється з деякою помилкою. Причиною таких помилок є як **спотворення**, що вносяться самим каналом, так і **перешкоди**, які впливають на сигнал.

Спотворення - це зміни форми сигналу, обумовлені відомими характеристиками каналу зв'язку і пристроїв, по яким проходить сигнал. Головна причина спотворень сигналу - перехідні процеси в лініях зв'язку, ланцюгах передавача і приймача.

Спотворення часто обумовлені відомими характеристиками лінії зв'язку і, отже, можуть бути усунені шляхом належної корекції.

Існує два види спотворень:

- лінійні спотворення, що виникають в лінійних ланцюгах;
- нелінійні спотворення, що виникають в нелінійних колах.

Лінійними називаються спотворення, за яких в спектрі сигналу не з'являються нові складові. Такі спотворення обумовлені частотними і часовими характеристиками каналу і виникають через зміну співвідношення між складовими спектра сигналу. Лінійні спотворення бувають **амплітудно-частотними** (АЧС), при яких змінюються амплітуди складових спектра сигналу і **фазо-частотними** (ФЧС), при яких змінюються фази складових спектра.

Нелінійними називаються спотворення, за яких в спектрі сигналу з'являються нові складові. Такі спотворення викликані нелінійністю характеристик елементів і блоків, що входять до складу апаратури системи зв'язку

АЧС пояснюються нерівномірністю коефіцієнта передачі для різних складових спектра сигналу. При ідеальній амплітудно-частотній характеристиці коефіцієнт передачі каналу зв'язку однаковий для всіх складових спектра сигналу і АЧС відсутні. Реальна амплітудно-частотна характеристика каналу зв'язку зі збільшенням частоти має спад (рис. 8.23), що призводить до зменшення амплітуди високочастотних складових спектра сигналу і відповідно до АЧС.

ФЧС викликані неоднаковим часом затримки для складових різних частот. При ідеальній фазо-частотній характеристиці час затримки для всіх складових однаковий і ФЧС відсутні. Реальна фазо-частотна характеристика має підйом на високих частотах, тому час затримки для високочастотних складових менший ніж для низькочастотних і з'являються ФЧС.

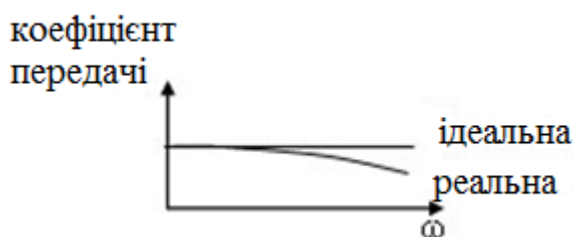


Рис. 8.23. Амплітудно-частотна характеристика каналу зв'язку

Якщо лінійні і нелінійні спотворення обумовлені відомими характеристиками каналу, то їх в принципі можна усунути шляхом відповідної корекції. Компенсація АЧС і ФЧС здійснюється спеціальними пристроями - коректорами.

Спотворення негативно позначаються на якості відтворення повідомлень і не повинні перевищувати встановлених значень (норм).

При відомих характеристиках каналу зв'язку форму сигналу на його виході завжди можна розрахувати за методикою, викладеною в теорії лінійних і нелінійних ланцюгів. А далі зміну форми сигналу можна компенсувати коректуючими ланцюгами або просто врахувати при подальшій обробці в приймачі.

Перешкодою називається будь-який випадковий вплив на сигнал, що погіршує достовірність відтворення переданих повідомлень.

Перешкоди на відміну від спотворень мають випадковий характер, вони заздалегідь невідомі і тому не можуть бути повністю усунені.

Перешкоди дуже різноманітні як за своїм походженням, так і за фізичними властивостями. Іноді перешкоди різко відрізняються від сигналу, а іноді навіть важко визначити, де сигнал, а де перешкода. Наприклад, раптом в телефоні чути дві розмови. Треба час, щоб розрізнити, де корисний сигнал, а де випадково підключена «перешкода».

Слід зазначити, що між сигналом і перешкодою відсутня принципова відмінність. Більше того, вони існують в єдності, хоча і протилежні за своєю дією. Так, випромінювання радіопередавача є корисним сигналом для приймача, якому призначено це випромінювання, і перешкодою для всіх інших приймачів. Електромагнітне випромінювання зірок є однією з причин космічного шуму в діапазоні надвисоких частот і тому є перешкодою для систем радіозв'язку. З іншого боку, це випромінювання є корисним сигналом, за яким визначають деякі фізико-хімічні властивості зірок.

Перешкоди можна класифікувати за такими ознаками (рис. 8.24):

- за характером впливу на сигнал.
- за походженням (місцем виникнення);
- за характером зміни в часі.

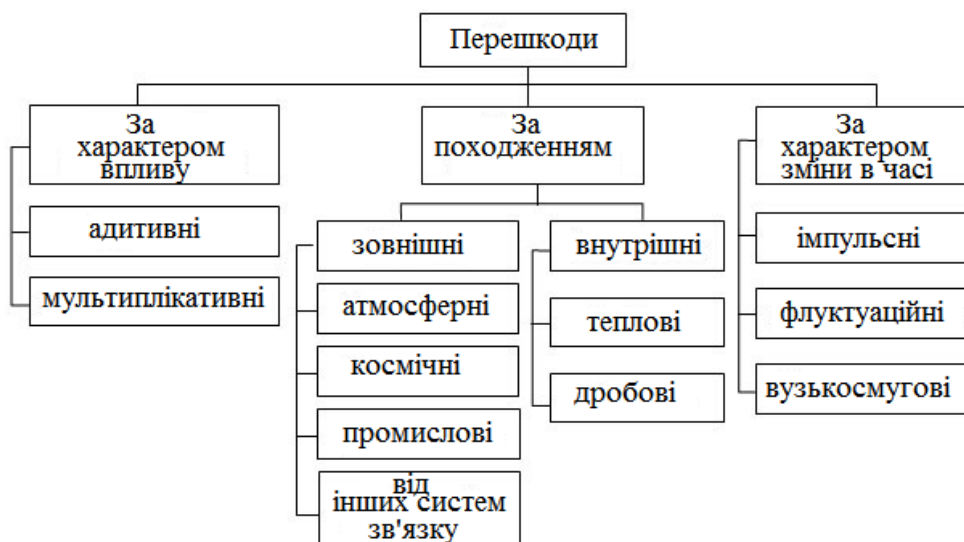


Рис. 8.24. Класифікація перешкод

1. За характером впливу на сигнал розрізняють адитивну перешкоду $n(t)$, коли результуючий сигнал $z(t)$ є сумою корисного сигналу $u(t)$ і перешкоди $n(t)$:

$$z(t) = u(t) + n(t), \quad (8.14)$$

і мультиплікативну перешкоду $k(t)$, коли результуючий сигнал $z(t)$ є добутком корисного сигналу $u(t)$ і перешкоди $k(t)$:

$$z(t) = k(t) \cdot u(t), \quad (8.15),$$

де $k(t)$ - випадковий процес, деяка випадкова функція, що відображає зміну в часі коефіцієнта передачі каналу зв'язку.

Адитивною є перешкода, миттєві значення якої складаються з миттєвими значеннями сигналу. Заважаючий вплив адитивної перешкоди визначається сумуванням з корисним сигналом. Адитивні перешкоди впливають на приймаючий пристрій незалежно від сигналу і мають місце навіть тоді, коли на вході приймача відсутній сигнал.

Мультиплікативною називається перешкода, миттєві значення якої перемножуються з миттєвими значеннями сигналу. Заважаюча дія мультиплікативних перешкод проявляється у вигляді зміни параметрів корисного сигналу, в основному амплітуди. Ці перешкоди безпосередньо пов'язані з процесами проходження

сигналу в середовищі поширення і можуть відчуватися лише при наявності сигналу в системі зв'язку.

В діапазоні оптичних частот істотне значення має квантовий шум, викликаний дискретною природою сигналу. Мультиплікативні перешкоди обумовлені випадковими змінами параметрів каналу зв'язку. Зокрема, ці перешкоди проявляються в зміні рівня сигналу.

У реальних каналах зазвичай мають місце і адитивні, і мультиплікативні перешкоди, і тому

$$z(t) = k(t) \cdot u(t) + n(t). \quad (8.16)$$

2. За походженням в першу чергу треба відзначити **внутрішні шуми апаратури**, що входить до каналу зв'язку, зумовлені хаотичним рухом носіїв заряду в підсилюючих приладах, опорах та інших елементах апаратури. Вони мають місце практично в будь-якому діапазоні частот. Ці перешкоди особливо позначаються при радіозв'язку в діапазоні ультракоротких хвиль, де інші перешкоди незначні. У цьому діапазоні мають значення і космічні перешкоди, пов'язані з електромагнітними процесами, що відбуваються на Сонці, зірках та інших позаземних об'єктах.

Внутрішніми є перешкоди, що виникають всередині каналу. До них відносяться власні **шуми**, які, в свою чергу, поділяються на:

- теплові - обумовлені хаотичним рухом електричних зарядів в провідниках;
- дробові - обумовлені неоднорідною густиною носіїв заряду в провідниках.

Власні шуми не можуть бути усунені, оскільки вони викликані фізикою процесу передачі електричної енергії.

Власні шуми каналу є флуктуаційними перешкодами і мають спектральну густину потужності рівномірно розподілену в усіх діапазонах частот, що використовуються для електрозв'язку (0 ... 10^{14} Гц). За аналогією з білим світлом, що має в своєму спектрі складові всіх частот, дані шуми називаються **білим шумом**.

Зовнішніми є перешкоди, що виникають поза каналом зв'язку. Це є перешкоди від **сторонніх джерел**. До них відносяться:

– **атмосферні**, які виникають в атмосфері Землі і можуть бути викликані грозовими розрядами, опадами, пиловими бурями, північним сьйвом. Енергія цих перешкод зосереджена, головним чином, в області довгих та середніх хвиль.

– **космічні**, які виникають в космічному просторі і можуть бути викликані сонячною активністю, космічними тілами, радіовипромінюванням позаземних джерел. Вони створюють загальний шумовий фон і найбільшою мірою проявляються на ультракоротких хвилях.

– **промислові**, які виникають через різкі зміни струму в електричних ланцюгах всіляких електроустановок. До них відносяться перешкоди від електротранспорту, промислових установок: високочастотних генераторів, високовольтних ліній електропередач, тощо.

– **електризаційні** перешкоди, що часто виникають під час завірюхи або піщаної бурі. Вони створюються наелектризованими сніговими частинками або піщинками. Ці перешкоди виникають при швидкості вітру понад 5,5 м/с і відчутні на частотах нижче 15 МГц.

– **перешкоди сторонніх каналів зв'язку** (сторонніх радіостанцій та каналів). З урахуванням джерела походження їх називають стаціонарними. Ці перешкоди обумовлені впливом на корисний сигнал однієї системи зв'язку сигналів інших систем, наприклад, прослуховування радіопередач або іншої розмови в телефонній трубці, прийом на одній частоті одразу декількох радіопередач. Вони пов'язані з порушенням регламенту розподілу робочих частот, недостатньою стабільністю частот і поганою фільтрацією гармонік сигналу, а також нелінійними процесами в каналах, які призводять до перехресних спотворень.

Цей вид перешкод найбільш характерний для короткохвильового діапазону.

3. За характером зміни в часі розрізняють **імпульсні** (зосереджені в часі), **флуктуаційні** (не обмежені в часі і по спектру) і **вузькосмугові** (зосереджені по спектру) перешкоди. Всі вони належать до класу адитивних перешкод

Імпульсні перешкоди являють собою випадкову послідовність одиничних коротких імпульсів різної інтенсивності і тривалості, наступних один за іншим через випадкові, досить великі проміжки часу. Причинами імпульсних перешкод є: грозові розряди; радіостанції, що працюють в імпульсному режимі; лінії електропередачі та інші енергоустановки; система запалювання і енергозабезпечення транспорту; перевантаження підсилювачів; погані контакти в обладнанні та джерелах живлення; недоліки розробки і виготовлення обладнання; експлуатаційні роботи (реконструкція, профілактика, підключення до діючого каналу вимірювальних приладів, помилкова комутація і т. п.). Як правило, імпульсні перешкоди – це зосереджені в часі стрибки струму або напруги (рис. 8.25, а).

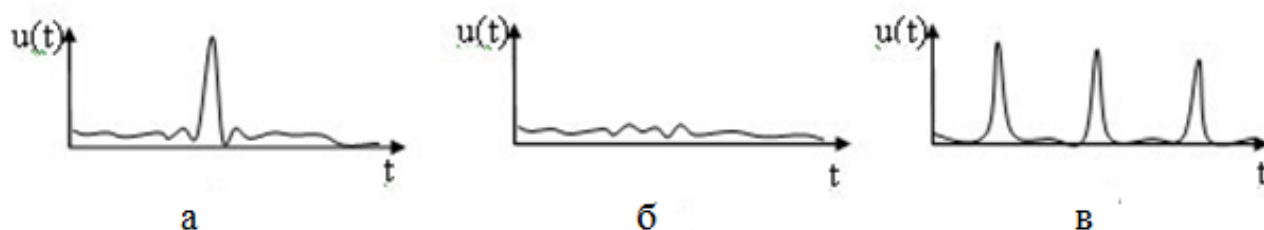


Рис. 8.25. Види перешкод за формою:
а – імпульсні; б – флуктуаційні; в – вузькосмугові

Флуктуаційними називаються перешкоди, обумовлені флуктуаціями тих чи інших фізичних величин. Назва походить від фізичного поняття флуктуації (лат. fluctuation - коливання) - випадкові відхилення фізичних величин від середнього. Флуктуаційна перешкода являє собою неперервні коливання, що змінюються випадковим чином (випадковий процес, який описується нормальним законом розподілу). Швидка зміна в часі дозволяє замінити реальні флуктуаційні перешкоди так званім білим шумом - процесом з постійним спектром. Така перешкода найбільш вивчена і являє найбільший інтерес як в теоретичному, так і в практичному відношенні. Цей вид перешкод практично має місце в усіх реальних каналах. Вони потрапляють в систему зв'язку не

тільки ззовні, але й зароджуються також всередині самої системи в різних її ланках.

Флуктуаційні перешкоди викликані флуктуаціями (відхиленням від середнього значення) струму і напруги (рис. 8.25, б).

Характерною особливістю флуктуаційних перешкод є те, що явища, які породжують ці перешкоди, обумовлені їхньою у фізичною природою (дискретна будова речовини, дискретна природа електромагнітного поля) і в принципі не можуть бути усунені.

Зосереджені по спектру (вузькосмугові) перешкоди – це перешкоди сторонніх радіостанцій, генераторів високої частоти різного призначення (медичні, промислові, побутові та ін.), перехідні перешкоди від сусідніх каналів багатоканальних систем. Вони займають порівняно вузьку смугу частот, яка істотно менше смуги частот сигналу.

Вузькосмуговими перешкодами є періодичні стрибки струму або напруги (рис. 8.25, в).

У провових каналах зв'язку основним видом перешкод є **імпульсні шуми** і переривання зв'язку. Поява імпульсних перешкод часто пов'язана з автоматичною комутацією і перехресними наводками.

Переривання зв'язку - це явище, при якому сигнал в лінії різко згасає або зникає. Основною їх причиною є порушення контактів в реле.

8.17. Методи боротьби з перешкодами

Наявність перешкод (шуму) призводить до втрати інформації, що передається. У таких випадках необхідний захист від шуму.

В першу чергу застосовуються технічні засоби захисту каналів зв'язку від впливу шумів. Наприклад, використання екранованого кабелю замість "голого" дроту; застосування різного роду фільтрів, що відокремлюють корисний сигнал від шуму, тощо.

Клодом Шенноном була розроблена **теорія кодування**, що дає методи боротьби з шумом. Одна з важливих ідей цієї теорії полягає в тому, що код, який передається по лінії зв'язку, повинен бути **надмірним**. За рахунок цього втрата якоїсь частини інформації при передачі може бути компенсована. Наприклад, якщо при розмові по телефону вас погано чути, то, повторюючи кожне слово двічі, ви маєте більше шансів на те, що співрозмовник зрозуміє вас правильно.

Однак не можна робити надмірність занадто великою. Це призведе до затримок і подорожчання зв'язку. Теорія кодування дозволяє отримати такий код, який буде оптимальним. При цьому надмірність переданої інформації буде мінімально можливою, а достовірність прийнятої інформації - максимальною.

У сучасних системах цифрового зв'язку для боротьби з втратою інформації при передачі часто застосовується наступний прийом. Все повідомлення розбивається на порції - пакети. Для кожного пакету обчислюється **контрольна сума** (сума двійкових цифр), яка передається разом з даними пакетом. У місці прийому перераховується контрольна сума прийнятого пакета і, якщо вона не збігається з початковою сумою, передача даного пакета повторюється. Так буде відбуватися до тих пір, поки вихідна і кінцева контрольні суми не співпадуть.

При всьому різноманітті методів боротьби з перешкодами їх можна звести до трьох основних напрямків:

1. Придушення перешкод в місці їх виникнення. Це досить ефективний і широко застосований метод, але не завжди прийнятний, тому що існують джерела перешкод, на які впливати неможливо (грозові розряди, шуми Сонця та ін.).

2. Зменшення перешкод на шляхах їх проникнення в приймач. Перешкоди зазвичай впливають на сигнал в середовищі поширення, тому як провідові, так і радіолінії будуються так, щоб забезпечити заданий рівень перешкод.

3. Послаблення впливу перешкод на прийняте повідомлення в приймачеві, демодуляторі, декодері. Саме цей напрямок боротьби з перешкодами є предметом вивчення в теорії електрозв'язку.

8.18. Захист кіл і трактів ліній зв'язку від взаємних впливів

Для зменшення взаємних впливів кіл і трактів ліній застосовують низку заходів.

1. Використання систем передачі та ліній зв'язку, що забезпечують малі взаємні впливи: цифрових систем передачі, коаксіальних кабелів, підвищення однорідності ліній. Застосування оптичних кабелів повністю знімає проблему взаємних впливів.

2. Скручування жил в елементарних групах і груп між собою на стадії виробництва кабелів та їх екранування.

3. Симетрування кабелів зв'язку — комплекс заходів, що здійснюється у процесі будівництва чи реконструкції лінії.

Розрізняють симетрування схрещуванням і концентроване.

Схрещування у кабелях. Принцип схрещування полягає в тому, що струми завад з однієї ділянки лінії компенсуються струмами завад з другої ділянки лінії (рис. 8.26).

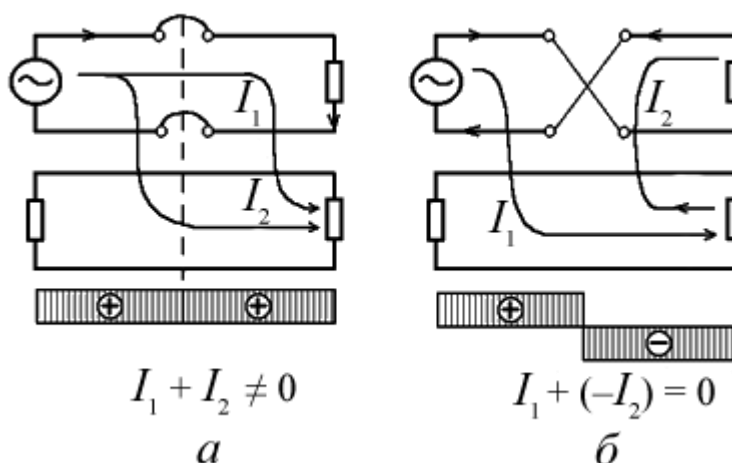






Рис. 8.26. З'єднання двох ділянок кабелю зі зв'язками однакових знаків:

a — без схрещування; *б* — зі схрещуванням

Проводи у кабельній четвірці при схрещуванні можна з'єднати за різними схемами, кожній схемі відповідає своє позначення — оператор схрещування (табл. 8.7). Оператор містить три позиції. Знак першої позиції вказує схему з'єднання жил першої пари, другої — з'єднання жил другої пари.

Концентроване симетрування поділяється на конденсаторне та із застосуванням контурів протизв'язку.

Таблиця 8.7. Оператори та схеми схрещування

№ схеми	1	2	3	4
Оператор схрещування	...	X..	.X.	XX.
Схема схрещування				

Конденсаторне симетрування. Після схрещування залишаються залишкові зв'язки, які компенсуються включенням конденсаторів паралельно частковим магнітопроводовим ємностям таким чином, щоб мінімізувати ємнісні зв'язки.

Включення контурів протизв'язку. Цей засіб засновано на принципі компенсації струму завад струмом, що відгалужується з лінії та має протилежну фазу. Такі контури містять пасивні елементи, схема з'єднання цих елементів та їх номінали визначаються частотною характеристикою електромагнітних зв'язків. Принцип дії контуру протизв'язку наведено на рис. 8.27. У цьому разі $I_{зв} = -(I_{прзв})$, тому сумарний струм завади, що протікає навантаженням, буде відсутній.

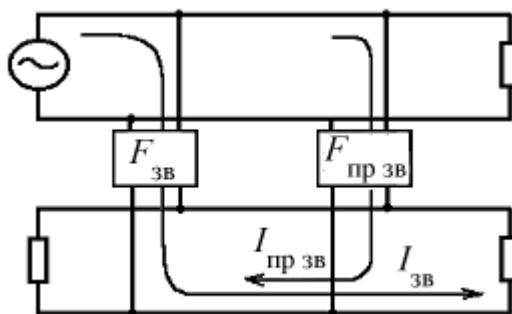


Рис. 8.27. Схема дії контуру протизв'язку

Нормування взаємних впливів. Взаємні впливи нормуються на довжині підсилювальної ділянки, вони визначаються типом кабелю та системи передачі.

У цифрових системах передачі взаємні впливи нормуються на півтактовій частоті. Ці норми визначаються як

$$A_l \geq 26 + 10 \cdot \lg (N - 1),$$

де N — кількість цифрових ліній у кабелі.

В аналогових системах взаємні впливи нормуються на довжині переприймальної секції, в цифрових системах — на довжині регенераційної ділянки. Проблема зменшення взаємних впливів є актуальною в НЧ абонентських лініях зв'язку, якими передаються високошвидкісні сигнали від локальних комп'ютерних мереж.

РОЗДІЛ 9. РАДІОТЕХНІЧНІ СИСТЕМИ ПЕРЕДАЧІ ІНФОРМАЦІЇ

9.1. Загальні поняття про радіотехнічні системи передачі інформації

До важливих галузей науки і техніки, досягнення яких відіграють ключову роль в створенні інфраструктури інформатизації, належить радіотехніка.

Радіотехніка – це область науки і техніки, пов'язана з практичним використанням електромагнітних коливань для отримання, передачі, зберігання і перетворення інформації. З цією метою вивчаються теоретичні та практичні засади формування (генерації), перетворення, передачі і прийому електромагнітних коливань радіочастотного діапазону.

Саме досягнення радіотехніки стали основою для створення функціональної і структурної організації сучасних комунікаційних систем і обчислювальних мереж, які забезпечують користувачам широкий вибір інформаційно-обчислювальних послуг з доступом до віддалених машинних ресурсів, технологій і баз даних.

У радіотехніці предметом аналізу і досліджень є два основних компоненти:

1. радіотехнічні сигнали і
2. радіотехнічні пристрої (ланцюги), що здійснюють формування, обробку, передачу та прийом сигналів.

Саме на цих двох складових побудовані радіотехнічні системи передачі інформації.

Радіотехнічні системи передавання інформації займають особливе місце серед систем передавання інформації. Вони відносяться до класу інформаційно-керуючих технічних систем, що здійснюють прийом, передачу або руйнування інформації за допомогою радіохвиль.

Відмітними ознаками радіосистеми є:

- наявність джерела радіохвиль;

- наявність радіосигналу (одного або декількох), що є носієм інформації;
- наявність середовища, в якому розповсюджуються радіохвилі;
- наявність приймача, що вилучає інформацію шляхом відповідної обробки радіохвиль, які досягають його антени.

Радіохвилі, що несуть ту чи іншу інформацію, називаються **радіосигналом**. Таким чином, характерною ознакою радіосистеми є використання радіосигналу в якості носія інформації.

На даний час радіотехнічні системи – це телекомунікаційні обчислювальні мережі різного рівня та призначення. Саме їх мають на увазі, коли говорять про технічні та алгоритмічні засоби інформаційних технологій. Цифрові ЕОМ, різне комунікаційне обладнання обчислювальних мереж (комутатори, концентратори, шлюзи, маршрутизатори, мости, модеми та ін.), різні засоби зв'язку (цифрові, аналогові, супутникові, мобільні, з використанням оптоволоконної технології) – це радіотехнічні системи, побудовані на основі сучасної технологічної бази з використанням досягнень радіотехніки.

Радіотехнічна система (радіосистема) – це будь-яка технічна система, дія якої базується на безпосередньому використанні високочастотних електромагнітних коливань радіодіапазону для передачі, отримання, обробки або зберігання інформації.

Радіосистема передавання інформації являє собою комплекс радіотехнічних та інших технічних засобів, призначених для передавання інформації в заданому діапазоні частот з використанням електромагнітних коливань (радіохвиль).

До радіотехнічних систем передавання інформації належать:

- системи радіозв'язку (у тому числі системи мобільного, стільникового зв'язку);
- системи радіомовлення та телебачення (у тому числі супутникові);
- радіотелеметричні системи (призначені для передавання по радіоканалах результатів вимірювань);

– системи радіоуправління тощо.

Характерним для радіотехнічних систем будь-якого призначення (зв'язкових, телеметричних, мовних, телевізійних, командних і т. д.) є просторове розділення радіопередавального і радіоприймального пристроїв.

Функціонування радіотехнічних систем передачі інформації засноване на вільному поширенні електромагнітних коливань (сигналів), які випромінюються в навколишній простір (космос, повітря, земля, вода і т. д.) передавальними антенами. Основною частиною радіотехнічних систем є радіоканал. Радіоканал включає в себе радіопередавальний і радіоприймальний пристрої і середовище поширення сигналу. Пристрій, що перетворює повідомлення в сигнал, називають **передавальним**, а пристрій, що перетворює прийнятий сигнал в повідомлення, - **приймальним**.

До передавальних антен від радіопередавача підводяться коливання високої (несучої) частоти, один з параметрів яких змінюється (модулюється) згідно із законом повідомлення, що передається. Поширюючись в певних напрямках, радіохвилі досягають приймальної антени, в якій під їх впливом наводяться струми високої частоти переданої інформації.

У системах радіозв'язку середовищем поширення сигналів є область простору, в якому поширюються електромагнітні хвилі від передавача до приймача.

Дальність радіоліній може сягати від кількох сотень метрів, як, наприклад, при першій радіопередачі, здійсненої російським ученим А. С. Поповим в 1895 р, до сотень мільйонів кілометрів – відстані між автоматичними космічними апаратами і земними станціями.

Специфіка радіотехнічних систем передачі інформації пов'язана з особливостями поширення радіохвиль. В іншому ж процесі, що протікають в радіотехнічних системах, не відрізняються від процесів в інших системах.

9.2. Загальні відомості про радіохвилі.

У бездротовому електрозв'язку безпосереднє з'єднання між джерелами і одержувачами сигналів у вигляді електричних або оптичних кабелів відсутнє. Засоби радіозв'язку, радіомовлення і телебачення в якості середовища поширення електромагнітних хвиль зазвичай використовують атмосферу Землі.

Радіозв'язок – це вид електрозв'язку, що здійснюється за допомогою радіохвиль. Під радіохвилями прийнято розуміти електромагнітні хвилі, частоти яких розташовані в діапазоні $3 \cdot 10^1 \dots 3 \cdot 10^{13}$ Гц, що поширюються в середовищі без штучних напрямних середовищ (ліній). З поняттям радіохвилі тісно пов'язане поняття радіочастоти, тобто частоти радіохвиль.

Швидкість поширення електромагнітних хвиль в будь-якому середовищі дорівнює

$$v = \frac{c}{\sqrt{\epsilon\mu}}, \quad (9.1)$$

де c – швидкість поширення світла у вакуумі; ϵ – діелектрична проникність, μ - магнітна проникність середовища.

Для повітря $\mu \approx \epsilon \approx 1$, а швидкість поширення електромагнітних хвиль близька до швидкості світла у вакуумі, тобто $v \approx c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

Основні параметри системи зв'язку в значній мірі визначаються характеристиками поширення електромагнітних хвиль.

З курсу фізики відомо, що провідник, по якому протікає постійний електричний струм, створює в навколишньому просторі постійне магнітне поле. В загальному випадку будь-який відрізок провідника, по якому протікає змінний струм, створює в навколишньому просторі електромагнітне поле.

Спрощено механізм формування електромагнітного поля можна представити таким чином. Змінний струм, що протікає по провіднику, відповідно до закону електромагнітної індукції буде збуджувати в просторі, що оточує диполь, змінне магнітне поле. Змінне магнітне поле, в свою чергу, породжує в навколишньому

просторі змінне електричне поле. У процесі взаємного перетворення змінного магнітного поля в електричне, а змінного електричного поля в магнітне утворюється єдине електромагнітне поле. Явище збудження в просторі електромагнітного поля змінним струмом, що протікає в провіднику, називається **електромагнітним випромінюванням**. Особливістю змінного електромагнітного поля є його здатність поширюватися в навколишньому просторі.

Ці явища пов'язані принципом подвійності: в будь-якому відрізку провідника, що знаходиться в електромагнітному полі, індукується змінна електрорушійна сила (ЕРС). Значення ЕРС, що наводиться в провіднику, залежить як від енергії електромагнітного поля, так і від конфігурації провідника і співвідношення його розмірів і довжини хвилі електромагнітних коливань.

Отже, електромагнітні хвилі (електромагнітне поле) створюються джерелом змінного струму, що періодично змінюється з періодом T . Якщо в деякий момент часу електромагнітне поле мало максимальне значення, то таке ж значення воно матиме через час T . За час T електромагнітна хвиля переміститься на відстань

$$\lambda = vT. \quad (9.2)$$

Мінімальна відстань між двома точками простору, поле в якому має однакове значення, називається **довжиною хвилі** λ . Довжина хвилі λ електромагнітного коливання пов'язана з частотою f цього коливання і швидкістю c ($c=3 \cdot 10^8$ м/с) поширення електромагнітних хвиль у вільному просторі співвідношенням

$$\lambda = \frac{c}{f}. \quad (9.3)$$

У вільному просторі електромагнітні коливання поширюються прямолінійно і рівномірно, тобто з постійною швидкістю, яка дорівнює швидкості світла ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с).

Для оцінки енергетичних характеристик електромагнітних хвиль використовують густину потоку потужності, що проходить через одиницю площі, перпендикулярної напрямку поширення хвилі. Якщо припустити, що джерело випромінювання точкове (на практиці це означає, що розміри джерела випромінювання нехтуючи

малі в порівнянні з довжиною хвилі випромінюваного коливання), то можна вважати, що електромагнітна хвиля буде рівномірно випромінюватися у всіх напрямках. На відстані R від джерела випромінювання густина потоку потужності Π , створеної точковим джерелом, однакова і визначається виразом

$$\Pi = \frac{P_T}{4\pi R^2}, \quad (9.4)$$

де P_T - потужність джерела випромінювання.

Дальність дії системи зв'язку визначається потужністю передавача і чутливістю приймача. Напруженості електричної і магнітної складових електромагнітного поля, створеного цим джерелом, визначаються потужністю P_T джерела випромінювання і відстанню R від джерела. Так, для оцінки напруженості електричного поля E_T при поширенні радіохвиль у вільному просторі можна скористатися наближеним співвідношенням:

$$E_T = \frac{\sqrt{30P_T}}{R} \quad (9.5)$$

На поширення електромагнітних хвиль у просторі істотно впливає навколишнє середовище. Зокрема, поширення радіохвиль в умовах Землі залежить від багатьох чинників: рельєфу місцевості, кліматичних умов, часу доби і року, і, в першу чергу, від довжини хвилі цього коливання.

Радіочастотний спектр – область частот, яку займають радіохвилі. В радіотехніці використовуються електромагнітні хвилі, розташовані в діапазоні частот від $3 \cdot 10^1$ до $3 \cdot 10^{13}$ Гц, які називаються **радіохвилями**.

Для опису радіочастотного спектру застосовують такі характеристики.

1. Смуга частот - область частот, обмежена нижньою і верхньою границями.

2. Діапазон частот - смуга частот, якій присвоєно умовне найменування.

Відповідно до Регламенту радіозв'язку весь радіочастотний спектр розділений на 12 діапазонів, які визначені як області

радіочастот, що дорівнюють $(0.3...3) \cdot 10^N$ Гц, де N - номер діапазону. Для цілей радіозв'язку використовується дев'ять діапазонів i , отже, $N = 4 \dots 12$.

3. Діапазон радіохвиль - певна неперервна ділянка довжин радіохвиль, якій присвоєно умовне метричне найменування. Кожному діапазону радіохвиль відповідає певний діапазон радіочастот.

Міжнародна класифікація діапазонів радіохвиль приведена в таблиці 9.1.

Таблиця 9.1. Класифікація діапазонів радіохвиль

Но- мер діапа- зону	Діапазон довжин хвиль		Діапазон частот	Застосування
	Найменування	Границі		
1	Декамегаметрові	$10^5 \dots 10^4$ км	3...30 Гц	
2	Мегаметрові	$10^4 \dots 10^3$ км	30...300 Гц	
3	Гектокілометрові	$10^3 \dots 10^2$ км	300...3000 Гц	
4	Міріаметрові	100...10 км	Дуже низькі частоти – ДНЧ (3...30 кГц)	
5	Кілометрові	10...1 км	Низькі частоти – НЧ (30...300 кГц)	Радіомовлення
6	Гектометрові	1000...100 м	Середні частоти – СЧ (300...3000 кГц)	Радіомовлення
7	Декаметрові	100...10 м	Високі частоти – ВЧ (3...30 МГц)	Радіомовлення, радіозв'язок
8	Метрові	10...1 м	Дуже високі частоти – ДВЧ (30...300 МГц)	Телебачення, радіомовлення, мобільний зв'язок
9	Дециметрові	10...1 дм	Ультрависокі частоти –	Телебачення, радіомовлення,

			УВЧ (300...3000 МГц)	мобільний зв'язок
10	Сантиметрові	10...1 см	Надвисокі частоти – НВЧ (3...30 ГГц)	Мобільний, радіорелейний і супутниковий зв'язок
11	Міліметрові	10...1 мм	Гранично високі частоти – ГВЧ (30...300 ГГц)	Мобільний, радіорелейний і супутниковий зв'язок
12	Дециміліметрові	1...0,1 мм	Гіпервисокі частоти – ГВЧ (300...3000 ГГц)	

Для розрахунку величини довжини хвиль через значення частоти f , або для зворотного обчислення, використовується співвідношення (9.3)

Така класифікація в першу чергу пов'язана з особливостями поширення радіохвиль та їх використання. На вибір діапазону радіохвиль для конкретної системи передачі інформації впливає ряд факторів, пов'язаних з особливостями випромінювання і поширення електромагнітних хвиль, характером наявних в заданому діапазоні перешкод, параметрами повідомлень, характеристиками і габаритними розмірами передавальних і приймальних антен.

Крім того, в техніці радіозв'язку широке застосування знаходять такі поняття:

- **діапазон робочих радіочастот** - смуга частот, в межах якої забезпечується робота радіостанції;
- **сітка робочих радіочастот (сітка частот)** - множина наступних через задані інтервали робочих радіочастот;
- **крок сітки робочих радіочастот (крок сітки частот)** - різниця між сусідніми дискретними значеннями робочих частот, що входять в їх сітку;

- **радіостанція** - один або кілька передавачів і приймачів або їх комбінація, включаючи допоміжне обладнання, необхідні для здійснення радіозв'язку;
- **привласнена смуга радіочастот** - смуга частот, в межах якої радіостанції дозволено випромінювання;
- **робочий канал** - смуга частот, яка використовується для передачі інформації (повідомлення);
- **привласнена радіочастота** - частота, що відповідає середині привласненої смуги частот радіостанції;
- **робоча радіочастота** - частота, призначена для ведення радіозв'язку радіостанцією.

9.3. Загальні властивості радіохвиль

Радіохвилі є одним з діапазонів електромагнітних хвиль, тому поширення радіохвиль підкоряється загальним законам поширення електромагнітних коливань (так само, як і світлових хвиль).

Поширення радіохвиль у вільному просторі залежить від двох основних факторів: **властивостей поверхні Землі і властивостей атмосфери**. Умови розповсюдження радіохвиль уздовж поверхні Землі в значній мірі залежать від рельєфу місцевості, електричних параметрів земної поверхні та довжини хвилі. Радіохвилям, як і іншим хвилям, властива **дифракція**, тобто явище огинання хвилями перешкод. Найбільш сильно дифракція проявляється у випадку, коли геометричні розміри перешкод сумірні з довжиною хвилі.

Радіохвилі, що поширюються біля поверхні Землі і частково за рахунок дифракції огинають опуклість земної кулі, називаються **земними**, або **поверхневими** радіохвилями.

Атмосферу Землі не можна вважати однорідним середовищем. Тиск, густина, вологість, діелектрична проникність та інші параметри в різних шарах атмосфери мають різні значення. З цих причин швидкості поширення в різних шарах атмосфери неоднакові і залежать від довжини хвилі. Траєкторія радіохвиль в атмосфері викривляється. Явище викривлення або заломлення радіохвиль при

розповсюдженні їх в неоднорідному середовищі отримало назву **рефракції**.

Радіохвилі, що поширюються на великій висоті в атмосфері і повертаються на Землю внаслідок викривлення траєкторії, розсіювання або відбиття від атмосферних неоднорідностей, називаються **просторовими**, або **іоносферними**.

В точку прийому можуть приходити як просторова, так і земна хвилі від одного і того ж джерела. Якщо фази коливань цих хвиль збігаються, то амплітуда сумарного поля зростає, і, навпаки – при зсуві фази хвиль на 180° сумарне поле послаблюється і може стати рівним нулю. Зазначене явище називається **інтерференцією**.

9.4. Загальні принципи побудови радіоліній зв'язку

Радіосистеми зв'язку, до яких належать сотові, транкінгові, пейджингові системи, системи абонентського радіодоступу (САРД), що побудовані з використанням технологій Wi-Fi, Wi-Max, супутникові та радіорелейні системи передачі (СРСП) на сьогодні відіграють значну роль у сучасних телекомунікаційних технологіях і в організації зв'язку не тільки на транспортному рівні, але й на абонентській ділянці і на ділянці розподілу інформації. Вони залишаються досить популярними і широко використовуються в усіх телекомунікаційних системах (LAN, MAN, WAN), у корпоративних і місцевих мережах. Їх специфіку визначає середовище поширення сигналів — радіоканал, що накладає певні обмеження і забезпечує отримання низки важливих переваг, серед яких: швидке створення ліній, можливість використання в системах рухомого зв'язку, досить висока надійність тощо.

Існує відповідна термінологія щодо радіоліній зв'язку. Наведемо деякі визначення і терміни.

Мобільний зв'язок – зв'язок між кореспондентами, коли один або декілька їх переміщуються в просторі при організації сеансів. Зв'язок у сотових, транкінгових, пейджингових системах і САРД організується, як правило, між рухомим об'єктом і базовою станцією або точкою доступу. При цьому персональний комп'ютер,

обладнаний відповідно радіокартою, що розміщується на робочому столі користувача, також вважається рухомим об'єктом.

Радіорелейною лінією (РРЛ) протяжністю $R_{\text{л}}$ називається лінія зв'язку (рис. 9.1), утворена рядом станцій, які передають радіосигнали на інтервалах завдовжки R_i ($i = 1 \dots n$), від попередньої до наступної.

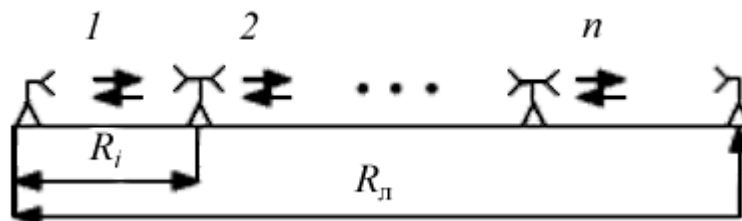


Рис. 9.1. Схема побудови n-інтервальної радіорелейної лінії зв'язку

Інтервали РРЛ, як правило, відкриті, їх протяжність сягає 50...70 км, хоча на практиці зустрічаються і відмінні, значно коротші і довші інтервали. Максимальна довжина відкритого для світла інтервалу з урахуванням рефракції обмежується розмірами зони прямого бачення:

$$R, \text{ км} = 4,12(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}), \quad (9.6)$$

де h_1 і h_2 — висоти підвісу антен, які обслуговують цей інтервал, вимірюються метрами. Очевидно, зі збільшенням підвісу h_1 однієї або іншої антен протяжність інтервалу зв'язку зростає. На практиці висоти антенних опор рідко перевищують 50...70 м, хоча в окремих випадках виникає необхідність підіймати їх до 100 м і вище.

Протяжність РРЛ $R_{\text{л}}$ може сягати декількох тисяч кілометрів, проте існує поняття стандартної довжини РРЛ ($R_{\text{ст}} = 2\ 500$ км). На практиці зустрічається багато одноінтервальних ліній, особливо в міських умовах, де ці лінії використовуються для міжстанційних з'єднань і для прив'язки вузлових і базових станцій.

Радіорелейні станції (РРС) можуть перебувати в одному з трьох режимів: кінцевому, проміжному або вузловому. Очевидно, на РРЛ дві крайні станції перебувають у **кінцевому режимі**.

Проміжним називається режим, коли РРС передає, ретранслює всі прийняті сигнали далі наступним станціям.

Вузловим називається режим РРС, коли ця станція не тільки ретранслює, а й обслуговує певний вузол зв'язку, коли частина або всі канали РРЛ передаються на цей вузол зв'язку, а з вузла, замість тих, що передані та виділені, передаються в РРЛ наступним станціям.

Промисловість випускає дві основні комплектації РРС, до складу яких входять один або два напівкомплекти. За допомогою одного напівкомплекту можуть виконуватися функції кінцевих РРС, а два напівкомплекти РРС можуть використовуватися в проміжному або у вузловому режимах.

З прийняттям концепції створення фіксовано-мобільних систем (FMS) усі мережні елементи, що використовують радіоканал, будуть інтегровані в загальні телекомунікаційні системи не тільки структурно, але й технологічно, що значно спростить доступ користувачам до інфокомунікаційних ресурсів.

У порівнянні з провідними або оптоволоконними кабельними лініями, радіолінії мають як переваги, так і недоліки.

До переваг слід віднести:

- можливості зв'язку з мобільними об'єктами: автомобілями, літаками, окремими людьми;
- значно менші витрати часу на побудову ліній, оскільки не потрібно займатися прокладанням цих ліній у ґрунті або на опорах;
- можливість прокладання ліній в умовах, які для кабельних є критичними або взагалі неможливими: у складних природних умовах (через болото, річку, замовлені або заражені ділянки), коли один або обидва кореспонденти рухаються, коли архітектура або інші обмеження не дозволяють виконувати необхідні будівельні роботи;
- не потрібне відчуження земельних ділянок для прокладки ліній;
- систему, яка використовує радіолінії, легко розвернути, звернути або переорієнтувати для зв'язку з іншими кореспондентами чи з групою кореспондентів одночасно.

До недоліків належать:

- організація радіоканалів дещо дорожча за кабельні;
- необхідність одержувати дозвіл (ліцензію), реєструвати частоту в Укрчастотнагляді;
- у радіолініях можуть з'явитися різноманітні завади: від інших радіостанцій радіоелектронних засобів, промислових і медичних служб, блискавки тощо;
- обладнання радіоканалів має вищу вартість порівняно з обладнанням, орієнтованим на кабельні лінії зв'язку;
- при випромінюванні радіосигналів може опромінюватися обслуговуючий персонал;
- порівняно з ВОЛС, у радіолініях гірші сигнально-завадові умови передачі сигналів, тому в них складніше досягти низької ймовірності похибок, а також досягти високих швидкостей (понад 10...100 Гбіт/с).

Для професійних радіосистем зв'язку можуть використовуватися різні діапазони частот, класифікацію яких наведено в табл. 9.1.

9.5. Принцип радіозв'язку. Загальна модель радіотехнічної системи

Як правило, електричні сигнали, що безпосередньо відображають повідомлення, є низькочастотними, включаючи і телевізійний сигнал 0-6 МГц. Такі сигнали в радіозв'язку називають **первинними сигналами**.

Електричні сигнали з низькими частотами не можуть ефективно випромінюватися у вільний простір. На низьких частотах існують великі промислові перешкоди (фон електромережі 50 Гц, іскрові перешкоди автотранспорту, електромоторів та інших електромеханізмів). Передавати сигнали низьких частот безпосередньо можна тільки провідними і кабельними лініями зв'язку.

Для передачі інформації без проводів використовують спеціальні електричні коливання, які називаються **несучими**.

Несучі коливання не містять інформації, але добре випромінюються і поширюються у вільному просторі. Тому з їх допомогою інформація, закладена в первинному сигналі, переноситься у вільному просторі. Інформація закладається в один з параметрів несучого коливання $U(t) = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ методом модуляції, тобто зміни амплітуди U_m , частоти ω або фази φ , згідно із законом зміни первинного сигналу, що відображає інформацію, яка передається.

У загальному вигляді структурна схема будь-якої радіотехнічної системи має вигляд, показаний на рис. 9.2.

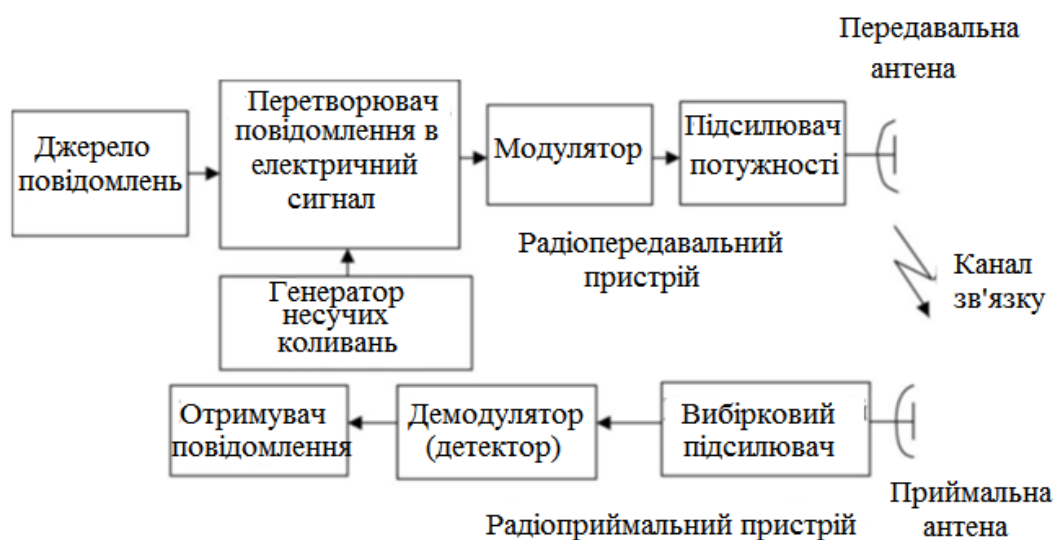


Рис. 9.2. Структурна схема радіотехнічної системи

Елементи, що входять в структуру радіозв'язку, є приналежністю будь-якої складної системи радіозв'язку. Без будь-якого з них радіозв'язок неможливий.

Модульовані високочастотні коливання відносять до вторинних сигналів і називають **радіосигналами**. Процес модуляції високочастотного коливання низькочастотним первинним сигналом є по суті операцією перенесення спектра первинного сигналу, що відображає передане повідомлення, в область радіочастот.

Перетворювачем повідомлень в електричний сигнал, в найпростішому випадку при телефонному радіозв'язку, може бути мікрофон.

Для того щоб забезпечити необхідну дальність радіозв'язку, передавальний пристрій має підсилювач потужності.

Як приймальні, так і передавальні пристрої мають антени.

У приймальному пристрої на вході стоїть вибірковий підсилювач, який обирає корисний сигнал з усієї суми сигналів, що наводяться в приймальній антені.

Передавальна антена є перетворювачем електричних коливань передавача в електромагнітне поле, яке випромінюється в простір. Приймальна антена є перетворювачем енергії електромагнітного поля, що створюється в площині прийомної антени, в електричні коливання, що створюються на вході приймального пристрою.

Демодулятор (детектор) виділяє первинний сигнал інформації з прийнятого модульованого радіосигналу.

9.6. Вплив Землі та атмосфери на поширення радіохвиль

Земна атмосфера відіграє важливу роль в процесі поширення радіохвиль в навколосемному просторі. Атмосферою називається газоподібна оболонка Землі, що тягнеться на висоту понад 1000 км.

З точки зору поширення радіохвиль атмосферу Землі поділяють на три області, що володіють певними відбиваючими і поглинаючими властивостями: тропосферу, стратосферу і іоносферу.

Тропосфера являє собою нижній шар атмосфери, розташований від поверхні Землі до висоти порядку 10 - 20 км. Властивості тропосфери визначаються сумішшю газів (азот, кисень тощо) і водяної пари. З висотою температура і тиск повітря, а також зміст водяної пари в тропосфері знижуються. Таким чином, тропосфера неоднорідна за своїми електричними властивостями. Крім того, зміна метеорологічних умов призводить до утворення

повітряних течій, які викликають інтенсивні перемішування шарів тропосфери. Все це суттєво впливає на поширення радіохвиль.

Стратосфера - шар атмосфери, що лежить над тропосферою, і простягається до висот близько 60 - 80 км. Ознакою переходу до тропосфери є припинення зниження її температури з висотою (у верхніх шарах тропосфери температура опускається до $-(50 \dots 60)^\circ\text{C}$. Густина газів в стратосфері значно менше, ніж в тропосфері. Електричні властивості стратосфери практично не змінюються, і радіохвилі поширюються в ній прямолінійно і майже без втрат.

Іоносфера – це верхній шар іонізованої атмосфери малої густини, що оточує Землю (до висоти 20 000 км). Під впливом космічного випромінювання і ультрафіолетових променів Сонця з атомів газу, що становлять атмосферу, вибиваються електрони, в результаті чого утворюються позитивні іони газу і вільні електрони. Іонізоване повітря суттєво впливає на поширення радіохвиль. При зустрічі вільного електрона з іонізованим атомом відбувається їх об'єднання (рекомбінація). На великих висотах густина атмосфери низька, тому ймовірність зустрічі вільного електрона з іоном газу мала, і значна частина газу виявляється іонізованою. Іонізований газ володіє електропровідністю і здатний змінити характеристики поширення електромагнітних коливань. Чим більше концентрація вільних електронів N_e , тим сильніше вони впливають на поширення радіохвиль. Ступінь іонізації газу визначається багатьма факторами.

По-перше, оскільки основною причиною іонізації є випромінювання Сонця, то зрозуміло, що процеси іонізації активніше відбуваються на ділянках земної атмосфери, зверненої до Сонця. Відповідно, в денний час в процесі іонізації виникає більша кількість вільних електронів і іонізованих молекул, ніж в нічні години. Крім того, зростання інтенсивності сонячного випромінювання в денний час призводить до іонізації шарів атмосфери, розташованих ближче до поверхні Землі, тобто до зниження висоти іонізованих газів.

По-друге, на висоті в сотні кілометрів від поверхні Землі газовий склад атмосфери перестає бути однорідним. На цих висотах

спостерігається розшарування газів, що складають повітря: важчі гази займають переважно нижню частину цього діапазону висот, більш легкі гази здатні підніматися і до більш високих позначок.

Описані вище процеси призводять до того, що концентрація заряджених частинок (іонів і електронів) і за географічними координатами, і за висотою виявляється величиною непостійною. В залежності концентрації іонізованого газу від висоти спостерігається ряд екстремумів. З'являються шари атмосфери, в яких кількість заряджених частинок виявляється більше, ніж на сусідніх висотах. Концентрація N_e максимальна на висотах 300-400 км. Ділянки з підвищеною концентрацією об'єднують в шари, розташовані на різних висотах. За своїми властивостями виділяють чотири шари іоносфери: D , E , F_1 , F_2 (рис.9.3).

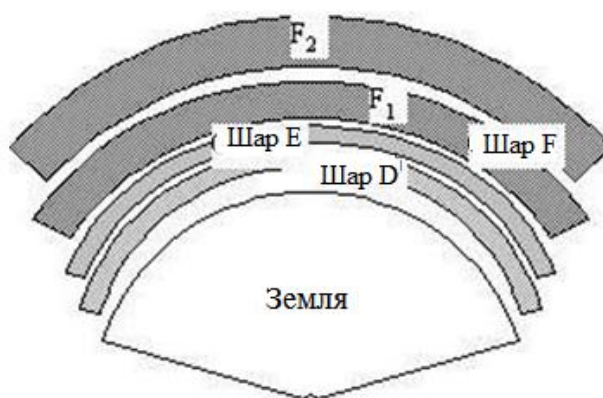


Рис. 9.3. Іонізовані шари атмосфери Землі

Шар D розташовується на висоті 60 ... 80 км від поверхні Землі. Існує тільки в денні години, коли велика інтенсивність іонізуючого випромінювання Сонця.

Шар E розташовується на висоті 100 ... 120 км від поверхні Землі. Оскільки концентрація вільних електронів залежить від пори року і доби і визначається впливом випромінювання Сонця, то вдень шар E опускається нижче, вночі піднімається вище.

Ділянки з найбільшою концентрацією вільних електронів утворюють шар F , розташований вночі на висоті 250 ... 350 км. Вдень цей шар розпадається на два підшари: F_1 і F_2 , розташованих на висоті від 180 до 450 км від поверхні Землі.

Представлення іоносфери у вигляді шарів досить умовно. В реальних умовах немає чітких меж між іонізованими і неіонізованими областями верхніх шарів атмосфери. У будь-якому місці атмосфери можна виявити заряджені частинки, але їх концентрація на різній висоті буде різною. І переходи від шару до шару мають кінцеву (ненульову) протяжність. Але така спрощена картина іоносфери допомагає зрозуміти процеси поширення радіохвиль у верхніх шарах атмосфери. Наявність «оболонки» з іонізованого газу навколо Землі визначає особливості поширення електромагнітних хвиль. Оскільки зі зміною часу і координат змінюються електрофізичні властивості атмосфери, то змінюються і умови поширення електромагнітних коливань.

Найбільшою мірою це стосується зміни напрямку поширення радіохвиль. Відхилення напрямку поширення радіохвиль від прямолінійного має ту ж природу, що і заломлення світлових хвиль при проходженні світлом оптичних середовищ з різними показниками заломлення.

Викривлення напрямку поширення радіохвиль обумовлено зміною параметрів середовища поширення (в іоносфері – це зміна концентрації іонізованого газу) і залежить, в тому числі, від висоти над поверхнею Землі. Показники заломлення іоносфери змінюються з висотою таким чином, що напрямок поширення радіохвиль викривляється в сторону Землі. Таке явище називається **нормальною рефракцією**. Часто це викривлення стає настільки значним, що радіохвилі, які випромінюються з поверхні Землі, повертаються назад на Землю.

Якби поверхневий шар Землі був ідеально провідним, радіохвилі відбивалися б від нього без втрат, тобто поверхневий шар Землі в цьому випадку був би екраном, що перешкоджає проходженню хвиль в глибину ґрунту. В реальних умовах поверхневий шар Землі не є ні ідеальним провідником, ні ідеальним ізолятором. Радіохвилі, що потрапили в цей шар, збуджують в ньому змінні електричні струми, які частину своєї енергії витрачають на нагрівання ґрунту. Величина втрат енергії в поверхневому шарі

Землі сильно залежить від частоти радіохвиль і опору ґрунту електричному струму. У ґрунті зі збільшенням частоти радіохвиль величина ЕРС, що індукується, зростає і відповідно збільшуються струми поверхневого шару Землі, які створюють електромагнітне поле зворотного напрямку. Тому дальність розповсюдження поверхневих хвиль дуже швидко зменшується зі збільшенням частоти.

При зменшенні провідності ґрунту радіохвилі глибше проникають в ґрунт і, отже, зростає їх поглинання. Крім того, із зростанням частоти погіршуються умови огинання (дифракції) радіохвилями перешкод.

Оскільки зазначені вище шари мають різну концентрацію N_e , то радіохвилі, переходячи з середовища з однією концентрацією в середовище з іншою концентрацією, заломлюються і при певних умовах можуть відбиватися від іоносфери і повернутися на Землю. Викривлення напрямку радіохвиль в значній степені залежать від довжини розповсюджуваної хвилі. Чим коротше довжина хвилі (вище частота), тим менше ступінь заломлення напрямку радіохвиль. Із зростанням частоти заломлення радіохвиль позначається все в меншій мірі; дуже короткі хвилі проходять крізь атмосферу і продовжують поширюватися в космічному просторі. Діапазон радіохвиль, здатних долати іоносферу, використовується в системах космічного та супутникового зв'язку.

На рис. 9.4 наведені траєкторії поширення радіохвиль, використовуваних для космічного зв'язку з частотою f_1 і наземного зв'язку з частотою f_2 ($f_1 > f_2$).

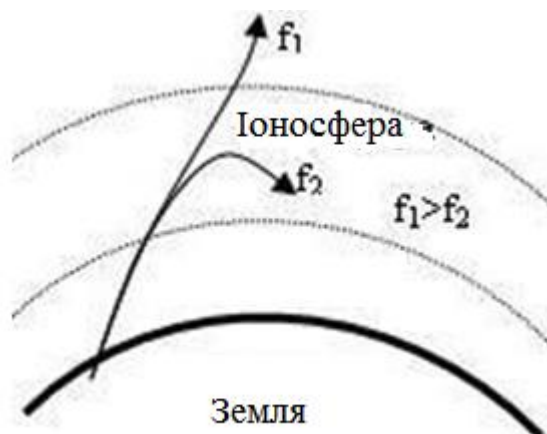


Рис. 9.4. Заломлення радіохвиль різних довжин хвиль

Отже, чим вище частота електромагнітної хвилі, тим менше ступінь заломлення. Хвилі з частотою метрового діапазону і вище взагалі не заломлюються в іоносфері і йдуть в космос. Частота, при якій промінь, спрямований з Землі вертикально, ще може повернутися на Землю, називається **критичною частотою** $f_{кр}$. Вона визначається виразом

$$f_{кр} = \sqrt{81N_e} = 9\sqrt{N_e} \quad (9.7)$$

Для максимальної концентрації N_e частота $f_{кр}$ становить одиниці МГц.

Ступінь заломлення променів електромагнітних хвиль в шарах іоносфери залежить також від кута γ падіння хвиль на шари іоносфери. Чим менше кут падіння радіохвиль на іонізований шар, тим менше зміна напрямку поширення хвилі в цьому шарі.

Кут падіння, при якому електромагнітна хвиля не проходить через іоносферу і поширюється вздовж неї, називається **критичним**. Він визначається виразом

$$\gamma_k = \arcsin \sqrt{1 - 81 \cdot \frac{N_e}{f^2}}. \quad (9.8)$$

Якщо $\gamma < \gamma_k$, то електромагнітна хвиля проникає через іоносферу в космос.

Якщо $\gamma > \gamma_k$, то електромагнітна хвиля відбивається від іоносфери і повертається на Землю.

На рис 9.5 наведені траєкторії променів 1 з кутом падіння $\gamma < \gamma_{кр}$ на іонізуючий шар і променя 2 з кутом падіння $\gamma > \gamma_{кр}$ на іонізуючий шар. Промінь 1 з меншим кутом падіння отримує невелике викривлення напрямку поширення, а траєкторія променя 2 викривляється настільки, що промінь знову повернеться на Землю.

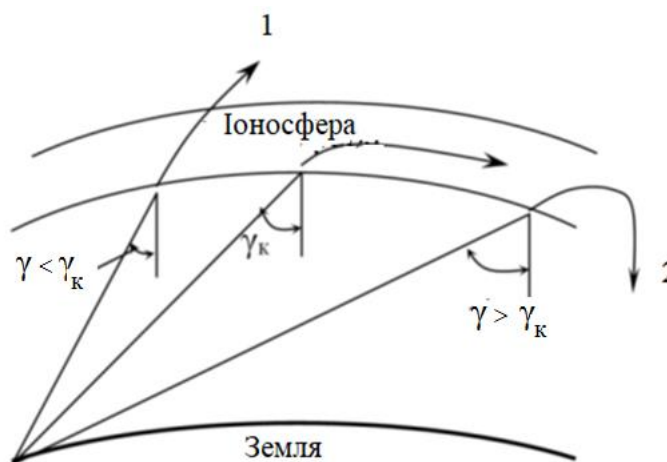


Рис. 9.5 Заломлення радіохвиль при різних кутах падіння

При похилому падінні відбиваючі властивості іоносфери більш істотні. Частота електромагнітної хвилі, що випромінюється по дотичній до горизонту, в 3-5 разів вище частоти $f_{кр}$. Така частота називається **максимально застосованою частотою**. Електромагнітні хвилі з частотами вище максимально застосованої від іоносфери не відбиваються. Електромагнітні хвилі, що поширюються шляхом відбивання від іоносфери, називаються **просторовими** хвилями.

В іонізованих шарах атмосфери радіохвилі загасають набагато сильніше, ніж при поширенні в тропосфері, причому послаблення радіохвиль зростає зі зменшенням частоти.

Таким чином, поширення радіохвиль залежить від багатьох факторів. В першу чергу, умови поширення електромагнітних коливань змінюються зі зменшенням довжини хвилі (збільшенням частоти коливань).

9.7. Вплив механізму розсіювання на поширення радіохвиль

Важливим механізмом поширення радіохвиль є розсіювання та відбиття в середовищах поширення радіосигналів.

Середовищем, що розсіює радіосигнали, є атмосфера Землі. Крім того, розсіювання виникає також при багатократному відбиванні радіосигналів від оточуючих предметів: будівель, земного рельєфу, шарових утворень в атмосфері тощо, особливо це розсіювання проявляється в мобільних системах зв'язку.

Середовище поширення сигналів часто виявляється неоднорідним, коли параметри діелектричної проникності ϵ і провідності σ в різних точках простору є різними. До неоднорідностей середовища можна віднести наявність тріщин в ізоляційному матеріалі, різних краплень. Такими неоднорідностями в атмосфері є опади, пил, турбулентні неоднорідності. З фізики відомо, що на межі розділу двох середовищ, де має місце стрибок показника заломлення, відбувається відбивання падаючої електромагнітної хвилі (рис. 9.6, а), при цьому $E_{\text{пад}} = E_{\text{зал}} + E_{\text{від}}$.

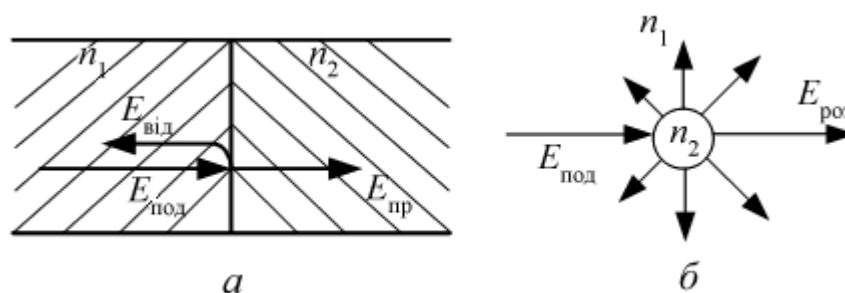


Рис. 9.6. Пояснення до механізму відбивання падаючої хвилі $E_{\text{пад}}$ (а); розсіювання на шароподібній неоднорідності (б)

Механізм відбивання на межі розділу двох середовищ, навіть при плоскій межі (як на рис. 9.6, а) ускладнюється ще й іншими додатковими фізичними механізмами, що описані законами Снеліуса, законом Брюстера, який визначає наявність критичних кутів падіння, при яких існує явище повного внутрішнього віддзеркалення або поглинання, проявом поляризаційної

вибірковості тощо. Механізм відбивання ще більше ускладнюється в тому разі, коли хвиля сигналу падає на тіла складної форми, де взаємодія на межі двох середовищ вже не може інтерпретуватися як суто геометрична задача (рис. 9.6, б). Тут вторинне поле $E_{\text{роз}}$ є сумою великої кількості компонент, утворених як механізмом відбивання від різних ділянок цих неоднорідностей, так і механізмом перевипромінювання, який створюється електричним і магнітним дипольними або складнішими моментами. Це явище називається розсіюванням.

Механізми розсіювання для різних розмірів розсіювачів є різними. Розрізняють розсіяння на дрібномасштабних (коли розмір розсіювача $l \leq \lambda$) і на великомасштабних ($l \gg \lambda$) неоднорідностях.

У діапазоні радіочастот до класу дрібномасштабних неоднорідностей належать: туман, дощ, сніг, град. Під дією гравітаційних сил, магнітного поля землі і вітру у цих частинок виявляється переважна орієнтація. Наявність дрібномасштабних частинок призводить до відповідного зниження рівня сигналів. Окрім того, ці розсіювання призводять до зміни поляризації сигналів, що приймаються. Для оптичного діапазону дрібномасштабними вже є молекули атмосферного повітря.

При розсіюванні сигналів на дрібномасштабних неоднорідностях виявляються повільні завмирання, що призводять до загального зниження рівня приймальних сигналів. Тривалість цих завмирань визначається тривалістю дощів та інших явищ і складає від декількох хвилин і більше.

Розсіювання на великомасштабних неоднорідностях, наприклад турбулентностях атмосфери, так само призводить до зниження рівня сигналу E_{Σ} . Окрім того, при цьому виникає багатопроменеве поширення радіохвиль і як результат — наявність швидких (частки секунд, секунди) завмирань сигналів у точці прийому.

9.8. Особливості поширення радіохвиль різних діапазонів

Радіохвилі з довжиною хвилі **більше одного кілометра** (декамегаметрові, мегаметрові, гектокілометрові і міріаметрові) мають відмітну рису – здатність добре огинати Землю при своєму поширенні. Тому хвилі цієї частини діапазону здатні поширюватися далеко за межами прямої видимості. Звичайно, при віддаленні випромінюючої антени за лінію горизонту сигнал буде значно послаблений, але, в загальному, в цьому діапазоні частот може бути забезпечений досить впевнений зв'язок на відстанях в сотні і тисячі кілометрів. Радіохвилі цього діапазону слабо поглинаються морською водою, і тому можуть використовуватися в системах зв'язку з підводними човнами, зануреними на глибину в сотні метрів від поверхні океану.

Кілометрові хвилі поширюються як поверхневі хвилі на відстанях до 2500 км. Ці хвилі слабо поглинаються земною поверхнею. Радіохвилі, які поширюються вздовж поверхні Землі, називають **земними** або **поверхневими** хвилями. У цьому діапазоні частот, крім поверхневих хвиль, для зв'язку використовують і **просторові** хвилі.

Просторовими (іоносферними, небесними) називають такі хвилі, які, будучи випромінюваними від поверхні Землі, відбиваються від іоносфери і знову повертаються на Землю. Траєкторія поширення просторової хвилі, що повернулася на Землю після відбивання від іоносфери, називається **стрибком**. Електромагнітні хвилі нижньої частини радіодіапазону також добре відбиваються від поверхні Землі (тобто з малими втратами). Відбиті від Землі радіохвилі при досягненні іоносфери повторно відбиваються від її нижніх шарів, утворюючи наступний стрибок. На великих відстанях поширення здійснюється просторовими хвилями за рахунок багаторазового відбиття від нижніх шарів іоносфери і Землі як в своєрідному хвилеводі.

Таким чином, спрощену модель середовища поширення довгих і наддовгих радіохвиль можна представити у вигляді двох

електропровідних сфер із суміщеними центрами. Радіохвилі поширюються в проміжку між цими сферами, поперемінно відбиваючись то від зовнішньої, то від внутрішньої сфери. Земля разом з нижньою межею іоносфери утворюють для цього діапазону своєрідний сферичний хвилевід. У цьому хвилеводі формується траєкторія багатострибкового поширення радіохвиль (рис. 9.7).

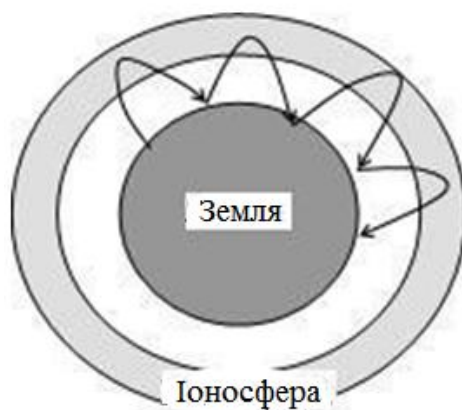


Рис. 9.7. Поширення довгих радіохвиль просторовими променями

Зміни властивостей іоносфери позначаються не настільки істотно для цього діапазону радіохвиль, тому зв'язок на цих частотах досить стійкий навіть на далеких відстанях і слабо залежить від часу доби.

Висока стабільність поширення радіохвиль цього діапазону використовується, наприклад, радіопередавачами служби точних частот і часу, сигнали яких використовуються в системах зв'язку всіх діапазонів частот.

Радіохвилі з довжиною хвилі від 100 до 1000 метрів (**гектометрові хвилі**) так само, як і більш довгі, поширюються і поверхневими, і просторовими хвилями, але їх поширення має свої особливості. Ці хвилі значно поглинаються Землею, і зв'язок обмежується до кілька сотень кілометрів. Просторові хвилі майже повністю поглинаються іоносферою.

Вплив нестабільностей параметрів іоносфери на поширення радіохвиль цього діапазону стає дедалі помітнішим, і довжина

шляху, що проходить просторова хвиля в точку прийому, в різні пори року і доби виявляється різною.

Вдень в цьому діапазоні хвиль на відстанях до декількох сотень кілометрів для зв'язку використовуються поверхневі хвилі. Зі збільшенням частоти коливань потрібна вища концентрація заряджених частинок іоносфери для формування відбитої хвилі, при цьому радіохвилі проникають у більш високі шари атмосфери. Але зі збільшенням довжини шляху, яку проходить радіохвилі в іоносфері, зростають її втрати. Радіохвилі цього діапазону досягають шару E іоносфери і повертаються до Землі.

Вдень нижчий шар D має високу концентрацію заряджених частинок і викликає значне послаблення радіохвиль, тому просторові хвилі цього діапазону досить слабкі.

Вночі, коли іонізація газу в іоносфері різко спадає (шар D практично зникає), послаблення радіохвиль в іоносфері значно зменшується і вплив просторової хвилі в цьому діапазоні стає помітнішим. Це сприяє ефективному поширенню гектометрових хвиль на відстань до кількох тисяч і навіть десятків тисяч кілометрів. В кінцевому підсумку це призводить до того, що на великих відстанях в місцях прийому може спостерігатися ефект завмирання, або федингу, що виявляється в зміні рівня сигналу.

Основною причиною завмирання сигналів є інтерференція просторової і поверхневої хвиль. На рис. 9.8 показані умовні шляхи проходження в точку, досить віддалену від випромінюючої антени, поверхневої радіохвилі 1 і просторової радіохвилі 2. Так як довжина шляху, який проходять радіохвилі, може постійно змінюватися, то неперервно змінюються і фази сигналів.

Результат складання двох сигналів однієї частоти, але з різними фазами, змінюється від максимального значення (коли фази коливань збігаються) до мінімального (коли фази цих сигналів протилежні). Якщо потужності коливань, що приходять з різних напрямків, приблизно однакові, то рівень сигналу, утвореного в результаті інтерференції, може спадати практично до нуля. Це явище має назву фединг.



Рис. 9.8. Поширення поверхневих і просторових радіохвиль

Поблизу передавача, де присутні, в основному, поверхневі хвилі, ефект завмирання практично відсутній. На великих відстанях, де можливе поширення і просторової, і поверхневої хвилі, вночі зв'язок може поліпшуватися, але зі значними завмираннями. І на дуже великих відстанях, куди практично не досягає земна хвиля, вночі можливий прийом просторової хвилі.

Радіохвилі з довжиною хвилі від 10 до 100 метрів (**декаметрові**) поширюються також у вигляді просторової і поверхневої хвиль, але із зростанням частоти ще більше зростає поглинання Землею енергії поверхневих хвиль, і вони слабшають швидше. Тому в короткохвильовому радіодіапазоні поширення поверхневих хвиль обмежується практично межами прямої видимості. Далі простягається зона мовчання, де неможливий впевнений прийом сигналів.

В діапазоні декаметрових хвиль також можливий ефект завмирання. Причиною його також є інтерференція, але вже двох або більше просторових променів, що приходять в точку прийому різними шляхами.

На рис. 9.9 показаний хід променів декаметрових хвиль, що випромінюються з точки А. Хвилі цього діапазону ще глибше проникають в іоносферу. Границя поширення земних хвиль позначена точкою В. В точку С надходять просторові хвилі після першого відбиття від іоносфери. Пояс земної поверхні між точками В і С утворює зону мовчання. У цій зоні поверхневі хвилі вже настільки слабкі, що не можуть бути використані для зв'язку, а

відбиті від іоносфери хвилі досягають поверхні Землі на значно більшій відстані від передавача. На ще більшій відстані від точки випромінювання А можливий прихід хвилі після дворазового відбивання від іоносфери. Якщо в цей же пункт прийому приходять інші просторові хвилі, наприклад, після однократного відбиття від іоносфери, то в точці прийому D спостерігається інтерференція сигналів і, як наслідок її, - завмирання під час прийому.

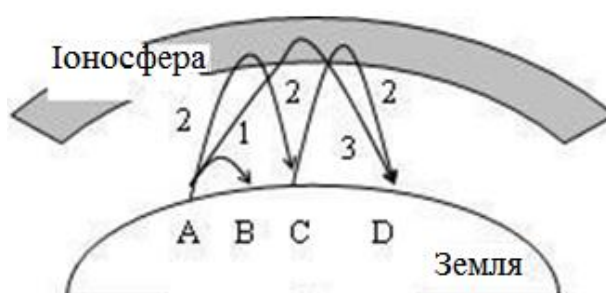


Рис. 9.9. Поширення декаметрових радіохвиль

9.9. Поширення ультракоротких хвиль

До ультракоротких хвиль (УКХ) у відповідності з Міжнародним регламентом радіозв'язку відносяться хвилі, коротше 10 м, що охоплюють два діапазони: від 30 до 300 МГц (10... 1 м – метрові хвилі) і від 300 до 3000 МГц (1 ...0,1 м – дециметрові хвилі).

Радіохвилі цього діапазону поширюються в основному по прямолінійним траєкторіям. Для них практично не властива дифракція, і вони слабо відбиваються від тропосфери, не зазнають регулярних відбивань від іоносфери, проходячи в космічний простір. З одного боку, це робить неможливим далекий зв'язок на поверхні Землі за межами прямої видимості, з іншого боку – дозволяє використовувати радіохвилі цього діапазону для супутникового зв'язку.

Радіус дії систем передачі, що працюють в цих діапазонах, обмежений в основному межами **прямої (оптичної) видимості** між передавальною і приймальною антенами (рис. 9.10).

Таким чином, основні характеристики поширення електромагнітних коливань ультракороткохвильового (УКХ) діапазону визначають можливий зв'язок в цьому діапазоні в межах прямої видимості між передавальною і приймальною антенами. Для збільшення дальності зв'язку антени встановлюють на високі опори (рис. 9.10).

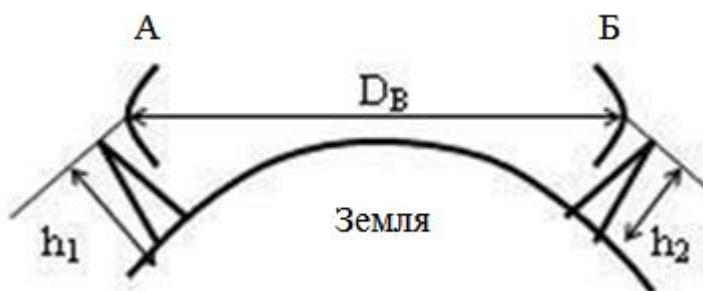


Рис. 9.10. До визначення максимальної дальності зв'язку на ультракоротких хвилях

Незначна дифракція радіохвиль (огинання сферичної поверхні Землі у горизонта) і слабка рефракція (відхилення напрямку поширення радіохвиль від прямолінійного) в нижніх шарах тропосфери дещо збільшують відстань радіовидимості (приблизно на 15%), яка розраховується за формулою

$$D_B(\text{км}) = \sqrt{2R_3} (\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) = 3,57(\sqrt{h_1} + \sqrt{h_2}) \quad (9.9)$$

де D_B - максимальна дальність зв'язку (з урахуванням тільки кулястої форми Землі, без уточнення рельєфу місцевості);

h_1 і h_2 - висота підняття передавальної і приймальної антен, відповідно;

R_3 – радіус Землі.

При використанні цієї емпіричної формули максимальна відстань прямої видимості D_B і радіус Землі R_3 слід виражати в кілометрах, а висоту підняття антен h_1 і h_2 - в метрах.

Таким чином, якщо висота підвісу антен $h_1 = h_2 = 25$ м, то відстань радіовидимості складе 41,2 км. Для здійснення зв'язку на

великі відстані необхідно між пунктами А і Б встановлювати проміжні станції (або ретранслятори) або піднімати антени на великі висоти. Перший принцип використовується в радіорелейних системах передачі, де станції розташовуються на відстані 50 ... 70 км. Для збільшення зони обслуговування телевізійного мовлення використовуються антени, розташовані на вежах великої висоти.

Зв'язок в межах радіовидимості характеризується можливістю одночасного приходу в точку прийому не тільки прямої хвилі, але і хвилі, відбитої від земної поверхні (рис. 9.11). В точці прийому має місце явище інтерференції прямої і відбитої хвиль. Інтерференційні явища можуть бути зведені до мінімуму оптимальним підбором висоти антен, відстаней між ними і довжини хвилі.

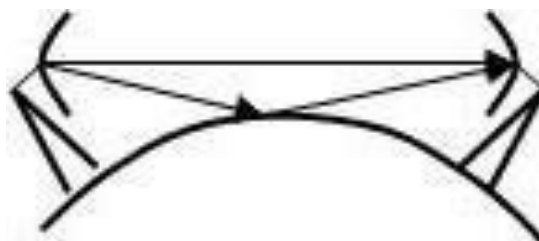


Рис. 9.11. Двопроменева модель поширення радіохвиль УВЧ діапазону

9.10. Особливості поширення радіохвиль сантиметрового та міліметрового діапазонів

Такі радіохвилі поширюються від джерела випромінювання до місця прийому подібно до хвиль світла - у вигляді прямолінійних променів. Необхідною умовою для поширення таких радіохвиль є відсутність на їх шляху екрануючих перешкод. Пов'язано це з тим, що ці радіохвилі мають вкрай слабку здатність дифрагувати на перешкоді (огинати перешкоди). Вважається, що радіус дії технічних засобів надвисокочастотних і гранично високочастотних діапазонів обмежується **відстанню прямої видимості**.

Іншими словами, передавальна і приймальна антени повинні знаходитися на одній прямій - «бачити» один одного. На наземних

лініях радіозв'язку відстань прямої видимості визначається висотою підвісу передавальної і приймальної антен і зазвичай не перевищує 40 ... 60 км. Однак ця обставина не заважає будувати наземні лінії радіозв'язку протяжністю сотні і тисячі кілометрів. У цьому випадку, як зазначалося вище, використовується принцип послідовної ретрансляції сигналів. Так будуються **радіорелейні лінії зв'язку прямої видимості**.

Радіохвилі нижньої частині надвисокочастотного діапазону (до 3 ... 5 ГГц) мають властивість розсіюватися на неоднорідностях тропосфери – нижньої частини атмосфери Землі (від декількох сотень метрів до 10 .. 12 км). У ній завжди є локальні об'ємні неоднорідності, викликані різними фізичними процесами. Ці неоднорідності мають властивість перевипромінювати радіохвилі, що падають на них.

Енергія перевипромінювання хвиль може сприйматися приймальною антеною, що знаходиться далеко за межами прямої видимості. Механізм тропосферного розсіювання радіохвиль називають **далеким тропосферним поширенням радіохвиль**, що дозволяє створювати так звані **тропосферні радіорелейні лінії** з відстанню між станціями передачі та прийому 300 ... 500 км.

На рис. 9.12 представлена схема можливого зв'язку з використанням розсіювання радіохвиль на неоднорідностях атмосфери.

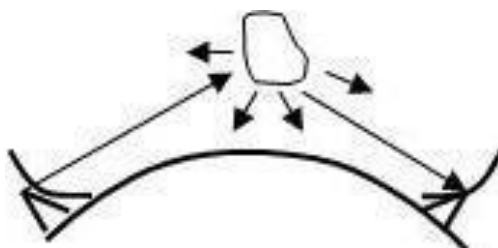


Рис. 9.12. Розсіювання радіохвиль від неоднорідностей атмосфери

Для розглянутих діапазонів також характерне явище інтерференції прямих радіохвиль, що йдуть до місця прийому

безпосередньо від джерела випромінювання, і відбитих від тих чи інших об'єктів (поверхні Землі, будівель і т. п.).

На поширення радіохвиль надвисокочастотного та гіпервисокочастотного діапазонів помітний вплив чинять метеорологічні процеси, що відбуваються вздовж траси радіолінії: дощ, сніг, туман. Вважається, що ці впливи тим сильніше, чим вище частота (коротше довжина хвилі).

Для побудови багатоканальних радіосистем передачі і систем рухомого радіозв'язку в основному використовуються ультракороткі хвилі (УКХ) або радіохвилі дуже високих (ДВЧ) і ультрависоких (УВЧ) частот, а також радіохвилі надвисоких (НВЧ) і вкрай високих (ГВЧ) частот (табл. 9.1).

Цей діапазон радіохвиль є найбільш поширеною ділянкою радіодіапазону. Ця ділянка радіодіапазону дозволяє одночасно передавати велику кількість телевізійних програм, організувати тисячі телефонних каналів аналогових і цифрових систем передачі. Діапазон широко використовується для радіолокації, радіонавігації, зв'язку із штучними супутниками Землі. Діапазони ДВЧ і УВЧ широко використовуються в основному для телебачення, радіомовлення і радіозв'язку з рухомими об'єктами. Діапазони НВЧ і ГВЧ відведені для різних видів багатоканального зв'язку.

9.11. Особливості поширення радіохвиль у радіорелейних лініях зв'язку

Особливості поширення радіохвиль у радіорелейних лініях зв'язку пов'язані з такими явищами як рефракція та дифракція

Рефракція — властивість радіохвиль (також і видимого світла) викривляти свою траєкторію при проходженні через шари атмосфери з різною щільністю повітря. Відомо, що щільність повітря характеризується показником заломлення $n_{\text{п}} \approx 1,000 \cdot 310 \pm 40 \cdot 10^{-6}$. Вона зменшується з висотою над поверхнею Землі ($n_1 > n_2 > n_3$) (рис. 9.13).

Це явище і викликає відповідне викривлення траєкторії променя. На цьому ж рисунку показані траєкторії радіопроменів при різній рефракції (1, 2 та 3). Очевидно, додатна рефракція сприяє збільшенню дальності прямої видимості і відкритості траси. Так, за наявності будь-яких перешкод на інтервалі (гір, високих будівель, ліній електропередачі тощо) додатна рефракція забезпечує більшу відкритість, а відповідно і протяжність радіотраси, тоді як від'ємна рефракція за наявності цих же перешкод погіршить ситуацію. В атмосфері Землі в середньому в понад 85 % часу існує додатна рефракція, хоча інколи існує і критична і навіть надкритична рефракція.

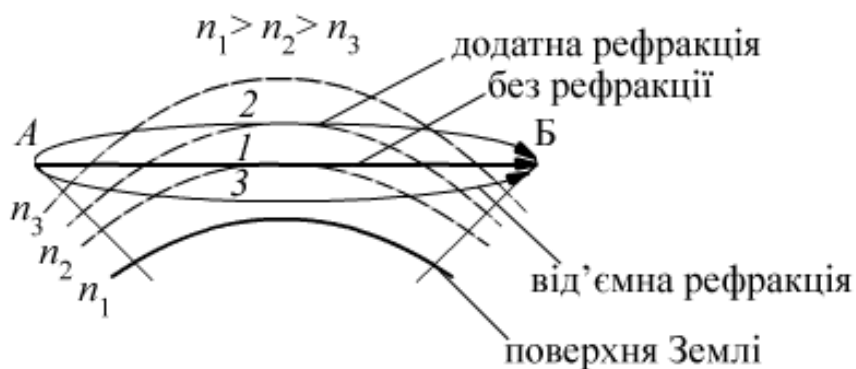


Рис. 9.13. Траєкторії радіохвиль при поширенні між точками А і Б без рефракції (1), при додатній (2) і від'ємній (3) рефракціях

Для більшої зручності при практичному аналізі геометрії променів використовують не реальний радіус Землі r_z , який дорівнює 6370 км, а еквівалентний $r_{\text{ЭКВ}} = 8500$ км, при якому промінь стає ніби прямим, а співвідношення на інтервалах і масштаб відстаней залишається без змін. Очевидно при критичній рефракції $r_{\text{ЭКВ}}$ дорівнює ∞ . Проте існують випадки, коли виникає від'ємна рефракція, яка може зірвати зв'язок. При цьому відкритий інтервал може стати частково або повністю закритим і в РРЛ виникають додаткові ослаблення та завмирання сигналів. Наявність таких завмирань у РРЛ враховуються тим, що передбачають досить великий запас необхідної потужності передавача $P_{\text{пер}}$ (запас ВЧ-рівня), який може сягати 20...30 дБ.

Зміна параметрів рефракції сприяє тому, що ці промені складаються в певні моменти то в фазі, то в протифазі, що також проявляється як завмирання. Особливо небезпечним, пов'язаним з глибокими завмираннями, є відбиття від водної поверхні, яка може припадати на зону відбиття цього інтервалу. Тому місця розташування РРС слід вибирати так, щоб на інтервалі не було болота або водної поверхні.

Явища екранування й інтерференції призводять до завмирань сигналів у приймачах РРС і є дестабілізуючими при налаштуванні зв'язку. Вони враховуються при проектуванні РРЛ.

Зазначені завмирання мають у радіорелейних лініях **повільний характер**, який відзначається на інтервалах упродовж десятків хвилин і більше. Проте рівень цих завмирань може сягати декількох десятків децибел відносно середнього і можуть порушити зв'язок.

Для боротьби з цими завмираннями вживають таких заходів:

- збільшують рівень потужності переданих сигналів (створюють запас високочастотного рівня);

- прагнуть зменшити або взагалі позбутися відбитої хвилі. Для цього зону відбиття на поверхні вибирають на пересіченій ділянці, бажано вкритій лісом або чагарником. Цю зону можна перемістити за допомогою вибору різної висоти підвісу однієї чи обох антен;

- для усунення екрануючої дії перешкоди прагнуть збільшити висоти підвісу антен h , що дозволяє збільшити діючий просвіт H і відповідно — відкритість самої траси.

Дифракція — це також механізм викривлення траєкторії, але це викривлення найбільше впливає при поширенні променя поблизу межі розділу (поблизу горизонту тощо). Дифракція проявляється на напівзакритих і закритих трасах і є головним механізмом поширення радіохвиль у зоні тіні.

Необхідно чітко уявляти всі складові частини рівняння передачі, вміти розраховувати енергетичні характеристики РРЛ. Для того щоб скласти рівняння передачі, слід розглянути основні енергетичні співвідношення при поширенні радіохвиль у вільному просторі.

Особливості поширення радіосигналів у тропосферних лініях зв'язку.

Траси тропосферних ліній на відміну від РРЛ є закритими, оскільки там відбувається прийом компонентів сигналів, які розсіяні на крупних неоднорідностях тропосфери. Такий механізм розсіювання породжує як повільні, так і швидкі завмирання сигналу. З теорії зв'язку відомо, що для боротьби зі швидкими завмираннями використовується рознесений прийом некорельованих компонентів сигналу. При цьому слід звернути увагу на значення статистичної залежності параметрів завмирань від параметра рознесення (від просторової відстані, частоти, поляризації та часу). Інтенсивність розсіяного сигналу безпосередньо залежить від стану атмосфери (тиску, вологості тощо). Для тропосферних ліній можна вибирати досить великі значення розмірів інтервалу між РРС 200...600 км. Проте в Україні ці ТРС і тропосферні лінії не набули поширення через велику щільність населення та небезпеку опромінення потужними передавальними сигналами, у яких $P_{\text{пер}} \geq 1$ кВт.

Особливості поширення радіосигналів в мобільних лініях зв'язку.

Слід відзначити, що в сотових радіолініях, лініях транкінгового, пейджингового зв'язку та радіолініях технологій Wi-Fi, Wi-Max статистика параметрів сигналів характерна своєю нестаціонарністю. В цих радіолініях досить великі варіації рівня сигналу, які сягають 3—4-х порядків залежно від того, як пролягає в даний момент радіотраса між рухомим об'єктом і базовою станцією або точкою доступу. Ця траса може бути відкритою, тоді рівень радіосигналу може скласти сотні міліват, або закритою, тоді цей рівень може впасти до мікроват. Однак і в тому і в іншому разі сигнали будуть завмираючими, статистика амплітуди яких близька до закону Релея. Очевидно, на закритих трасах зв'язок забезпечується за рахунок проникнутих через перепону, відбитих і розсіяних на штучних і природних утвореннях компонент.

9.12. Особливості поширення радіохвиль у супутникових лініях зв'язку

Найбільш значними в супутникових лініях зв'язку (СЛЗ) є атмосферні впливи. Необхідно також урахувати особливості впливу іоносфери на поляризацію сигналів у СЛЗ. Іоносфера породжує ефект Фарадея, що сприяє випадковості повороту площини поляризації і це може призвести до втрати зв'язку. Крім того, в атмосфері відбуваються загасання сигналів.

Найвпливовішими є загасання, що викликаються молекулярними резонансами, які відзначаються на частотах $f = 22$ ГГц (резонанс молекул парів води) та на $f = 60$ ГГц, де є резонанс молекулярного кисню O_2 . На цих частотах енергія сигналів сильно поглинається, особливо в кисні. Тому частоту $f = 60$ ГГц використовують для міжсупутникового зв'язку в космічному просторі, що забезпечує екранування космічних радіоліній від Землі.

Окрім резонансних, мають місце явища розсіювання енергії сигналів на різноманітних зосереджених неоднорідностях: частинках пилу, скопищах комах. Особливо значний вплив мають сніг, дощ, туман, які найсильніше проявляються в мікрохвильовому діапазоні.

Найбільший вплив всі ці механізми виявляють при низьких кутах підйому променя (менше 5 – 10 градусів), оскільки при цьому значно збільшується шлях, який проходить цей промінь в атмосфері. До того ж при таких малих кутах значний вплив чинять рефракція та дифракція. Таким чином, при малих кутах підйому зменшується енергетика лінії зв'язку, а також викривляється траєкторія, що нерідко призводить до втрати зв'язку. Зважаючи на це, при малих кутах (менше 5–10 градусів) супутниковий зв'язок здійснювати проблематично і не рекомендується.

9.13. Класифікація радіотехнічних систем

Класифікація радіотехнічних систем здійснюється за кількома ознаками.

1. За призначенням радіотехнічні системи поділяються на:

- системи передачі інформації;
- системи отримання інформації;
- системи руйнування інформації;
- системи радіоуправління.

У свою чергу, кожна з цих груп має свої різновиди, що відрізняються функціональним призначенням системи.

Системи передачі інформації призначені для передачі інформації з однієї точки простору в іншу. До них відносяться системи радіозв'язку (одноканального, багатоканального, радіорелейного чи через штучні супутники Землі), телеметрії, передачі команд, радіомовлення і телебачення.

Системи отримання інформації призначені для отримання інформації про будь-який об'єкті. До них відносяться радіолокаційні та радіонавігаційні системи, системи радіоастрономії, радіорозвідки радіотехнічних засобів противника.

Радіолокація - виявлення, визначення місцезнаходження та виявлення властивостей рухомих і нерухомих об'єктів з використанням радіохвиль, відбитих або випромінюваних цими об'єктами. Радіолокація, об'єднує методи і технічні засоби виявлення об'єктів і вимірювання параметрів їх руху,

Радіонавігація - визначення місця розташування об'єктів та забезпечення їх руху по заданих траєкторіях за допомогою радіозасобів. Об'єктами радіонавігації є керовані літальні апарати (повітряні та космічні), морські кораблі та ін. Радіонавігаційні вимірювання засновані на обробці сигналів, випромінюваних спеціальними радіопередавальними пристроями (радіомаяками), місце розташування яких відомо.

Радіолокація і радіонавігація тісно пов'язані спільністю розв'язуваних задач: визначення координат об'єктів і параметрів їх руху.

Радіорозвідка включає методи і технічні засоби виявлення факту активної роботи радіотехнічних засобів противника, визначення їх місця розташування, а також вимірювання параметрів і аналіз структури використовуваних ними сигналів.

До основних завдань, що вирішуються системами отримання інформації можна віднести:

- виявлення об'єкта - полягає в прийнятті рішення про наявність чи відсутність об'єкта в заданій області простору (ця інформація базується на виявленні сигналу відомої структури);
- вимірювання відстані до об'єкта (зводиться до вимірювання запізнювання радіоімпульса);
- визначення напрямку на об'єкт (здійснюється з використанням спеціальних видів діаграм спрямованості антен або зводиться до вимірювання часу запізнювання радіоімпульса);
- вимірювання координат об'єкта - зводиться до отримання оцінок координат об'єктів;
- вимірювання швидкості руху об'єкта (зводиться до вимірювання зсуву несучої частоти радіосигналу, засноване на ефекті Доплера: при взаємному переміщенні джерела і приймача радіосигналу виникає зсув його несучої частоти, пропорційний швидкості зближення або віддалення);
- розпізнавання - полягає у встановленні приналежності об'єкта до певного класу.

Системи руйнування інформації призначені для створення умов, в яких робота радіосистем противника стає неможливою.

Системи радіоуправління призначені для дистанційного управління роботою різних об'єктів за допомогою радіосигналів, вони поєднують передачу і отримання інформації.

2. За видом сигналів, що використовуються розрізняють:

- неперервні системи (інформація відображається застосуванням гармонійного сигналу);
- імпульсні системи (з послідовністю радіоімпульсів);
- цифрові системи (для передачі використовуються цифрові сигнали).

В **неперервних** (аналогових) системах інформація відображається неперервною зміною одного або декількох параметрів несучого коливання, таких як амплітуда, частота, фаза.

В **імпульсних** системах сигнал являє собою послідовність радіоімпульсів, в якій інформацію можуть представляти як параметри окремих імпульсів (амплітуда, частота, фаза, тривалість), які змінюються, так і параметри всієї послідовності (число імпульсів в послідовності, інтервал між ними).

В **цифрових** системах аналоговий сигнал, що несе інформацію, перетворюється в цифровий, який модулює несуче коливання.

3. За частотами, що використовуються (діапазонами радіохвиль) розрізняють радіотехнічні системи, що працюють в:

- діапазоні міріаметрових хвиль ($l = 10 \dots 100$ км);
- діапазоні міліметрових хвиль ($l = 1 \dots 10$ мм);
- інфрачервоному діапазоні;
- видимому діапазоні.

Два останні діапазони характерні для лазерних систем, які за принципом дії і призначенням тісно примикають до радіотехнічних,

Таким чином, застосовується майже весь спектр електромагнітних коливань. Слід підкреслити, що використання того чи іншого діапазону радіочастот для систем різного призначення регламентовано Міжнародною комісією розподілу радіочастот (МКРР), так само як і ширина спектра частот, відведеного системі того чи іншого типу. Ці обмеження впливають на вибір виду радіосигналу і побудову радіосистеми і, в кінцевому рахунку, позначаються на її тактико-технічних характеристиках.

4. За способом поширення радіосигналів системи радіозв'язку прийнято поділяти на **наземні і супутникові**.

У **наземних** системах радіозв'язку радіохвилі поширюються в межах земної атмосфери. Такі системи служать для забезпечення зв'язку з літаками, кораблями, наземним транспортом і іншими об'єктами. Вони здійснюють персональний радіозв'язок в межах стільникового, транкінгового та інших видів зв'язку.

Особливістю **супутникових** систем радіозв'язку є наявність в їх складі штучних супутників Землі, на яких розташовують

ретранслятори радіосигналів. В цілому система складається з двох основних частин, або сегментів: наземного і космічного.

За допомогою систем **супутникового радіозв'язку**, які працюють, як правило, в діапазоні надвисоких частот, передають величезні обсяги повідомлень: трансляція безлічі телевізійних каналів, комп'ютерних даних, телефонних, телефаксних та інших повідомлень.

5. За методами побудови та діапазоном радіохвиль радіосистеми поділяють на:

1. Радіорелейні лінії зв'язку призначені для забезпечення передачі значних обсягів інформації (неперервної й дискретної) на великі відстані з використанням проміжних ретрансляторів, які звичайно розташовуються уздовж траси на відстанях порядку 30 км у межах прямої видимості. Робочий діапазон частот 3...12 ГГц (довжина хвиль 10...25 см)

2. Системи тропосферного зв'язку використовують ефект далекого тропосферного поширення радіохвиль, розсіяних на атмосферних неоднорідностях на висотах до 10...12 км. Гранична дальність зв'язку до 800 км. Працюють у діапазоні дециметрових і сантиметрових хвиль. Максимальна ширина спектра переданих сигналів до 2 МГц

3. Системи іоносферно-метеорного зв'язку використовують ефект розсіювання від іоносфери метеорних слідів на висотах до 100 км. Гранична дальність зв'язку до 2200 км. Максимальна швидкість передачі інформації в системах до 4,8 кбіт/с. Робочий діапазон частот 30...60 МГц.

4. Системи декаметрового зв'язку забезпечують глобальний зв'язок у межах усієї земної кулі за рахунок багаторазових відбивань від іоносфери й поверхні Землі. Працюють у діапазоні від 2 до 30 МГц, максимальна швидкість передачі інформації до 4,8 кбіт/с.

5. Супутникові системи зв'язку забезпечують глобальний зв'язок у межах усієї земної кулі. Вони підрозділяються на системи на високоорбітальних (геостаціонарних) супутниках і на низькоорбітальних. Робочий діапазон частот до 15 ГГц.

6. Стільникові системи зв'язку між абонентами в межах великих міст і територій країн шляхом використання великої кількості базових станцій, що забезпечують надання частотних і тимчасових інтервалів для зв'язку індивідуальних абонентів. Робочі частоти 0,9 і 1,8 ГГц.

7. Транкові системи зв'язку призначені для організації відомчих радіомереж рухливих абонентів у межах великих міст із застосуванням однієї базової станції.

Транкові системи – це системи рухомого радіозв'язку, які засновані на тих же принципах, що і звичайні телефонні мережі, тобто в системі є обмежене число радіоканалів (як правило, від двох до двадцяти), які у міру потреби виділяються центральним контролером для ведення переговорів

Транкінговий радіозв'язок – це зв'язок, призначений для забезпечення голосового зв'язку між великою кількістю рухомих абонентів при обмеженій кількості радіоканалів.

9.14. Основні параметри і характеристики радіотехнічних систем

Для опису властивостей і можливостей радіотехнічних систем використовуються певні **параметри**, тобто фізичні величини, що описують кількісно властивість системи, процесу або явища, і **характеристики**, тобто графічні або табличні вирази залежності одного параметра від іншого.

Виділяють наступні параметри:

- призначення – інформація, яка видається, багатофункціональність, інформаційні характеристики, кількість і швидкість видачі інформації, пропускна здатність тощо;
- діапазон частот, займаних системою;
- точність – ступінь спотворення інформації;

- роздільна здатність – властивість системи розділяти і незалежно сприймати інформацію при зсуві радіосигналів по частоті, їх затримці, напрямку приходу радіохвиль;
- дальність дії і спрямованість при заданій точності;
- перешкодозахищеність – здатність системи забезпечувати дальність дії і точність при дії різних перешкод;
- скритність дії – здатність протистояти виявленню і вимірюванню параметрів, тобто здатність системи функціонувати, не виявляючи себе;
- завадостійкість – здатність системи зв'язку протистояти впливу перешкод;
- електромагнітна сумісність – можливість спільного функціонування з іншими радіозасобами і радіосистемами;
- стійкість проти зовнішніх впливів (температури, вібрацій тощо) і надійність апаратури;
- функціональна надійність – ймовірність забезпечення основних показників якості при заданих умовах функціонування і використання;
- вартість – складність системи, витрати на проектування, виготовлення та експлуатацію;
- маса і габарити, споживана потужність, зручність розміщення і розгортання апаратури;
- перспективність – здатність до задоволення потреб суспільства протягом тривалого часу.

Характеристики радіотехнічних систем поділяються на **тактичні і технічні**.

Тактичні характеристики визначають функціональні можливості радіотехнічної системи при її практичному використанні. Це наступні характеристики:

1. ймовірність правильного виявлення цілі і помилкової тривоги;
2. робоча зона радіотехнічної системи - частина простору, в якій система забезпечує показники якості не гірше заданих. Робоча

зона визначається дальністю дії радіотехнічної системи – це максимальна відстань, на якій забезпечуються показники якості не гірше заданих;

3. роздільна здатність – це здатність радіотехнічної системи окремо виявляти або вимірювати параметри руху двох близько розташованих в просторі об'єктів. Роздільну здатність оцінюють мінімальною відстанню між двома окремими об'єктами, що виявляються, або мінімальною різницею значень окремо вимірюваних параметрів;

4. завадостійкість – це мінімальне відношення сигнал/шум, при якому радіотехнічна система забезпечує показники якості не гірше заданих;

До **технічних характеристик** радіотехнічних систем відносяться:

1. методи огляду робочої зони і визначення координат цілі;
2. вид використовуваних сигналів, ширина спектра, робочі частоти, їх стабільність, потужність передавального пристрою;
3. чутливість, динамічний діапазон і смуга пропускання приймача;
4. форма і ширина діаграми спрямованості антен, їх коефіцієнт спрямованої дії.

В більшості своїй перераховані вище параметри і характеристики радіотехнічних систем є і показниками якості. Для їх значень існують обмеження. Обмеження зазвичай обумовлені особливостями поширення радіохвиль різних частот, кінцевими розмірами області розміщення апаратури на рухомих об'єктах, особливостями технічного обслуговування апаратури тощо.

Крім того, між рядом окремих параметрів і характеристик існують і протиріччя. Наприклад, пропускна здатність прямо пропорційна обсягу переданої інформації, а стійкість – зворотно пропорційна. У той же час вимога забезпечення максимального обсягу інформації, що передається, при високій якості отримання інформації стає не тільки обов'язковою, але і більш жорсткою для сучасних радіотехнічних систем.

9.15. Ефективність радіотехнічних систем

Під ефективністю радіотехнічної системи розуміють ступінь відповідності системи своєму функціональному призначенню. Кількісно ефективність оцінюється за допомогою показника ефективності, тобто чисельного критерію, що дозволяє визначити здатність системи виконувати покладені на неї завдання. Конкретний вид показника ефективності обирають в залежності від типу системи, завдань, що нею вирішуються, характеру різних зовнішніх умов.

При проектуванні радіотехнічної системи із заданою ефективністю в рамках системного підходу вирішується ряд досить складних і важливих проблем, які обумовлені специфікою радіотехнічних систем. Серед них можна виділити наступні проблеми:

- виявлення та оптимальної обробки сигналів;
- радіоелектронної боротьби;
- електромагнітної сумісності;
- оптимізації та адаптації.

1. Проблеми виявлення та оптимальної обробки сигналів

Одним з основних завдань радіолокаційного прийому є **завдання виявлення**. Суть цього завдання – визначити, чи містить прийняте колювання відбитий сигнал. Завдання статистичне, тобто вирішується спеціальними детекторами сигналу на фоні шумів. Різноманіття завдань виявлення визначається характеристиками шуму, обраним критерієм виявлення (максимальної правдоподібності, мінімального середнього ризику та ін.), видом сигналу (з випадковою початковою фазою, з випадковими фазою і амплітудою) тощо.

Проблеми виявлення та оптимальної обробки сигналів передбачають розв'язання наступних завдань:

Завдання роздільної здатності сигналу – окремо виявити і виміряти параметри сигналів від близько розташованих джерел.

Завдання також статистичне. Вирішується побудовою радіосистем з високою роздільною здатністю за тими параметрами сигналу (часове положення, зсув несучої частоти, кут приходу електромагнітної хвилі), які несуть інформацію про відповідні параметри джерела оброблюваного сигналу.

Завдання вимірювання (оцінки) параметрів сигналу передбачає вимірювання часового положення сигналу, зміщення несучої частоти, напрямку фронту приходу електромагнітної хвилі та ін. Ці параметри вимірюються відповідної радіосистемою, що дозволяє знаходити з певною точністю координати джерел сигналу, наприклад координати повітряних цілей: дальність, радіальну швидкість, азимут і кут місця. Точність вимірювань визначається методом вимірювань, формою сигналу, впливом шумів.

2. Проблема радіоелектронної боротьби

Радіоелектронна боротьба ведеться з метою протистояти радіотехнічній розвідки і створення перешкод. Ефективне ведення радіоелектронної боротьби визначається перешкодостійкістю, скритністю і перешкодозахищеністю.

Перешкодостійкість – здатність радіотехнічної системи до збереження працездатності в умовах дії радіоперешкод.

Скритність – сукупність властивостей, що сприяють ускладненню радіотехнічної розвідки.

Перешкодозахищеність – властивості радіотехнічної системи, що ускладнюють створення і дію радіоперешкод.

3. Проблема електромагнітної сумісності

Проблема електромагнітної сумісності зводиться до забезпечення спільної роботи радіотехнічних систем, число яких в даний час безперервно зростає, а якість поліпшується. Одночасно працюючі радіотехнічні системи, які розташовуються близько одна від одної, створюють ненавмисні перешкоди. Їх рівень може виявитися неприпустимим, що знижує ефективність радіотехнічної системи по виконанню ними основних функцій. Таким чином, вирішення проблеми електромагнітної сумісності - це двосторонній процес, який зводиться, з одного боку, до максимального зниження

рівнів перешкод джерел радіовипромінювання, а з іншого боку, - до прийняття заходів по боротьбі з перешкодами при радіоприйомі.

4. Проблеми оптимізації та адаптації

Проблеми оптимізації та адаптації вирішуються при проектуванні і експлуатації радіотехнічних систем. При оптимізації синтезують найкращу в певному сенсі функціональну і алгоритмічну структуру радіотехнічної системи, спираючись на стаціонарні умови її використання. При цьому розраховують оптимальні характеристики пристроїв, що входять до радіотехнічної системи. Вирішення задач **оптимізації** радіотехнічної системи здійснюється на основі обраних критеріїв оптимальності в рамках певних обмежень (вартісний критерій, параметричний - дальність дії, чутливість, відношення сигналу до шуму тощо).

Адаптація – це зміна параметрів радіотехнічної системи в процесі експлуатації з метою поліпшення характеристик відповідно до зміни електромагнітної обстановки. Розрізняють адаптацію

- на приймальній стороні (по вхідному сигналу – автоматичне регулювання підсилення, автоматичне підлаштування частоти тощо);
- на передавальній стороні (по дальності - зміна потужності передавача, швидкості передачі інформації і тощо);
- адаптацію в цілому (за достовірністю прийому - використання зворотного зв'язку, повторення сигналу, зміна діапазону частот, зміна режиму роботи, компенсація або усунення впливу перешкод).

РОЗДІЛ 10. ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ МЕРЕЖІ

10.1. Поняття комунікаційної та інформаційної мереж

Загальне поняття «телекомунікації» базується на уявленні про засоби, які дозволяють організувати зв'язок між двома і більше віддаленими пунктами.

За визначенням Міжнародного союзу електрозв'язку **телекомунікації** - це сукупність засобів, які забезпечують перенесення інформації, поданій у необхідній формі, на значну відстань за допомогою поширення сигналів в одному з середовищ (по проводах, оптичному волокні, ефірі) або сукупності середовищ.

Засоби телекомунікацій - це є лінії зв'язку, пристрої з'єднання середовищ, системи передачі, комунікаційні пристрої мережі, обладнання сигналізації, синхронізації та ін.

До засобів передачі даних належать апаратура зв'язку та програмне забезпечення, що служать для обміну інформацією між відправником, обробником та отримувачем інформації.

Мережа - це сукупність автономних пристроїв, сполучених лініями зв'язку. Головне призначення мереж – передача інформації.

Залежно від того, рухливі передавач /одержувач інформації або ні, розрізняють стаціонарну (фіксовану) мережу і мобільну мережу (мережа з рухомими об'єктами).

Наведемо кілька визначень телекомунікаційної мережі.

Телекомунікаційна мережа (Telecommunication Network, TN) – це сукупність засобів телекомунікацій, що надає територіально віддаленим об'єктам можливість інформаційної взаємодії шляхом обміну сигналами (електричними, оптичними або радіо).

Телекомунікаційна мережа (або мережа зв'язку) – це сукупність технічних засобів, за допомогою якої здійснюються телекомунікації.

Вона складається з передавачів, приймачів, ліній і каналів зв'язку, вузлів та кінцевих станцій і призначена для забезпечення користувачів електричним зв'язком за допомогою абонентських

терміналів, що підключаються до кінцевих станцій. Вузли (пункти) відіграють функції генерації, перетворення, збереження і споживання продукту, а лінії передачі забезпечують передачу продукту між пунктами (рис. 10.1).

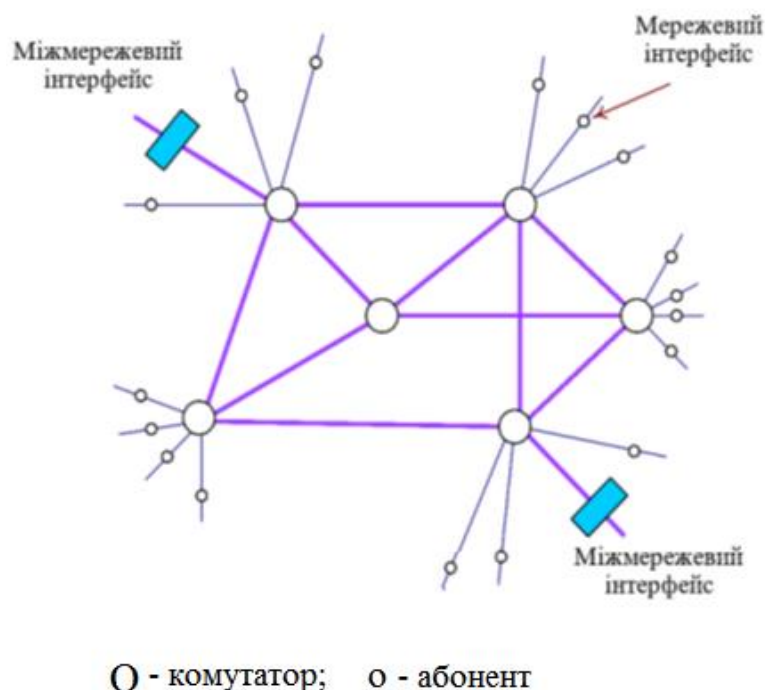


Рис. 10.1. Схематичне зображення телекомунікаційної мережі

Як продукт можуть виступати інформація, енергія, речовина та інше.

Відповідно розрізняють інформаційні, енергетичні, речовинні та інші мережі.

Об'єктами при цьому можуть виступати як термінальні пристрої користувачів та кінцеві системи мережі, так і окремі мережі.

У англomовній науковій літературі, акцентуючи саме на цьому аспекті, телекомунікаційну мережу називають **Carrier Network** (мережа-переносник).

Кінцем (інтерфейсною точкою) телекомунікаційної мережі є:

1. або телекомунікаційний роз'єм, до якого під'єднано пристрій користувача (мережвий інтерфейс),

2. або кінцеве мережеве обладнання, яке забезпечує з'єднання мереж (міжмережевий інтерфейс) (рис. 10.1).

Кінцеві вузли створюють і споживають продукт.

Комунікаційні вузли здійснюють:

- прийом, проміжне збереження і передачу;
- керують напрямком передачі, здійснюючи маршрутизацію;
- контролюють перевантаженість вузлів і правильність передачі.

Інформаційно-обчислювальна мережа (ІОМ) – комунікаційна мережа, в якій продуктом генерування, переробки, збереження і споживання є інформація в електронному вигляді.

Як кінцеві вузли ІОМ можуть виступати комп'ютери та їх периферійне обладнання (принтери, плотери та ін.), обчислювальне, вимірювальне і виконуюче обладнання автоматичних і автоматизованих систем. Їх також називають абонентськими вузлами або абонентськими системами.

Як комутаційні вузли ІОМ можуть виступати маршрутизатори, комутатори, мости, повторювачі.

Основне призначення телекомунікаційної мережі – це реалізація транспортної функції, тобто перенесення інформації, поданої у формі сигналу з кінця в кінець між інтерфейсами мережі. Та частина мережі зв'язку, яка виконує функції перенесення (транспортування) називається **транспортною**.

Основна мета роботи телекомунікаційної мережі полягає в тому, щоб передати інформацію в будь-якій формі від одного користувача мережі до іншого. Ці користувачі соціальної мережі, наприклад, телефонної мережі, називаються **абонентами**.

Абонентська інформація може приймати багато форм - мова, зображення або дані - і абоненти можуть використовувати різні технології мережі доступу для того, щоб отримати доступ до мережі, наприклад, від стаціонарних або мобільних телефонів. Таким чином, телекомунікаційна мережа складається з багатьох різних мереж, що забезпечують різні послуги - передача даних, обслуговування стаціонарних або мобільних телефонів і т. д.

До телекомунікаційних мереж відносяться:

1. Телефонні мережі (передача голосової інформації).
2. Радіомережі (передача голосової інформації – широкомовні послуги).
3. Телевізійні мережі (передача голосу і зображення – широкомовні послуги).
4. Комп'ютерні мережі (для передачі даних).

У всіх цих мережах ресурсом, який надається клієнтам є **інформація** (табл.10.1).

Таблиця 10.1. Види послуг, що надаються телекомунікаційними мережами різного типу

Вид телекомунікаційної мережі	Вид послуг	Вид подання інформації
телефонні мережі	інтерактивні послуги	тільки голосова інформація
радіомережі	широкомовні послуги	тільки голосова інформація
телевізійні мережі	широкомовні послуги	голос і зображення
комп'ютерні мережі	передача даних	алфавітно-цифрове

Телефонні мережі надають інтерактивні послуги (interactive services), оскільки два абонента, що беруть участь в розмові (або кілька абонентів, якщо це конференція), поперемінно проявляють активність.

Радіомережі і телевізійні мережі надають широкомовні послуги, при цьому інформація поширюється тільки в один бік – з мережі до абонентів, за схемою "один до багатьох".

Сьогодні по багатьох напрямках відбувається конвергенція (взаємне проникнення, об'єднання) різних видів телекомунікаційних мереж.

Розглянемо основні функції, які мають забезпечувати телекомунікаційні мережі незалежно від того, які служби вони забезпечують.

Для комунікації через мережу необхідні три технології:

1. передача,
2. комутація,
3. сигналізація.

Кожна з цих технологій вимагає фахівців для їх розробки, експлуатації та обслуговування.

Передача. Передача – це процес транспортування інформації між кінцевими пунктами системи або мережі. Системи передачі використовують чотири основних середовища для передачі інформації від одного пункту до іншого:

1. Проводові кабелі, що використовуються в повітряних лініях зв'язку та телефонних абонентських лініях;
2. Оптиволоконні кабелі, які використовують для високошвидкісної передачі даних в телекомунікаційних мережах;
3. Радіодіапазон вільного простору, що використовується для мобільних телефонів і супутникового зв'язку;
4. Оптичний діапазон вільного простору, типу діапазону, що використовується для контролю інфрачервоних віддалених випромінювань.

Комутація. В принципі, всі телефони можна з'єднати один з одним кабелями, як це було в дуже ранньому періоді розвитку телефонії. Однак, у міру того як число телефонів зростало, операторами було помічено, що для економії проводів краще перемикає в комутаторі абонентські лінії між собою. В такому випадку достатньо всього кілька пар проводів між комутаторами для забезпечення телефонного зв'язку, оскільки число одночасно триваючих з'єднань абонентів завжди набагато менше кількості телефонів (рис. 10.1).

Сигналізація. Сигналізація - це механізм, який дозволяє комутувати об'єкти мережі, щоб встановити, підтримати і закінчити з'єднання їх між собою в мережі. Сигналізація здійснюється за допомогою певних сигналів або повідомлень, які вказують клієнту на іншому кінці, що потрібно від нього для встановлення або переривання цього з'єднання.

Наприклад, в телефонних мережах при опусканні трубки контролер АТС помічає, що абонент закінчив розмову (ланцюг проходження постійного струму розривається), знімає з'єднання і зупиняє відстеження.

Сигналізація необхідна також і між АТС, тому що більшість з'єднань проходить через більш ніж одну АТС. Багато різних систем сигналізації використовується для взаємозв'язку між АТС. Сигналізація є надзвичайно складним процесом в телекомунікаційній мережі.

10.2. Загальна структура телекомунікаційної мережі

Телекомунікаційна мережа загального користування – це телекомунікаційна мережа, доступ до якої відкрито для всіх споживачів.

Незважаючи на відмінності, що існують між телефонними, телевізійними, радіо- і комп'ютерними мережами, всі ці мережі мають подібні структури.

Телекомунікаційна мережа має ієрархічну структуру (рис. 10.2), що відображає інтенсивність трафіку між окремими її вузлами, розташованими в різних будівлях, населених пунктах і регіонах. Вузлами мережі є комутатори, що представляють собою багатопортові пристрої, до яких підключені лінії зв'язку.

Телекомунікаційна мережа в загальному випадку включає наступні компоненти (рис.10.2):

1. Термінальні пристрої користувачів розташовані на периферії телекомунікаційної мережі і складають найнижчий рівень її ієрархії. Зазвичай тип таких пристроїв визначає назву мережі.

Наприклад, основними термінальними пристроями в комп'ютерній мережі є комп'ютери, в телефонній – телефонні апарати, в телевізійній – телевізійні приймачі, в радіомовній мережі – радіоприймачі.

Інформація від користувачів по абонентським каналам надходить на комутатори мережі доступу.

Комутатор – це пристрій для з'єднання декількох вузлів мережі в межах одного сегмента.

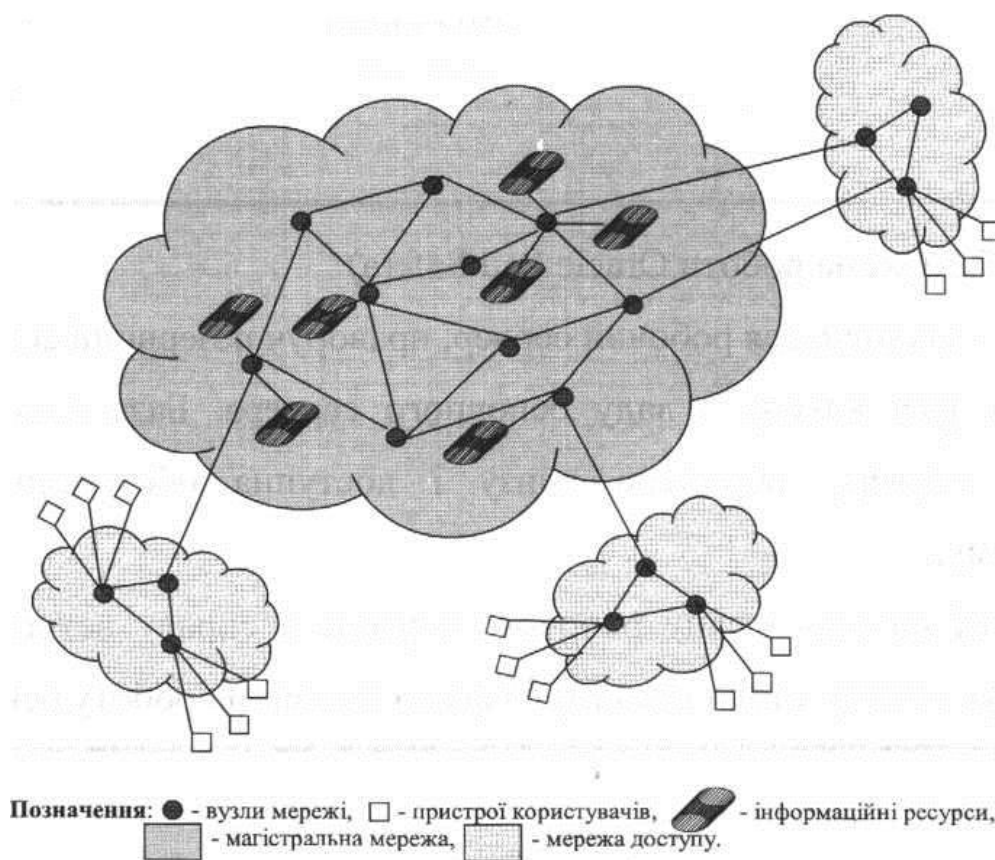


Рис. 10.2. Узагальнена структура телекомунікаційної мережі

2. Мережа доступу (Access Network) представляє наступний рівень ієрархії телекомунікаційної мережі.

Телекомунікаційна мережа доступу – це частина телекомунікаційної мережі між пунктом закінчення телекомунікаційної мережі та найближчим вузлом (центром) комутації включно.

Мережа доступу - це сукупність мережевих елементів, які забезпечують доступ абонентів (телефон, ПК, телевізор) до ресурсів транспортної мережі з метою отримання послуг.

Мережа доступу пов'язує джерело (або приймач) повідомлень з вузлом доступу (ВД), що є граничним між мережею доступу і транспортною мережею (рис.10.3).



Рис. 10.3. Телекомунікаційна мережа:
ВД – вузол доступу

Мережі доступу забезпечують підключення кінцевих користувачів до послуг і сервісів оператора зв'язку. Це найбільш складна частина телекомунікаційної мережі, що характеризується великим набором інтерфейсів і устаткування, різними топологіями і середовищами передачі, різноманітними і часто суперечливими вимогами до надійності, продуктивності, вартості.

До цієї мережі доступу підключаються кінцеві (термінальні) вузли – обладнання, встановлене у користувачів (абонентів, клієнтів) мережі. В разі комп'ютерної мережі кінцевими вузлами є комп'ютери, телефонної – телефонні апарати, а телевізійної або радіомережі – відповідні теле- і радіоприймачі.

Основне призначення мережі доступу – концентрація інформаційних потоків, що надходять по численних каналах

зв'язку від обладнання користувачів, в порівняно невеликій кількості вузлів магістральної мережі.

3. Магістральна мережа (магістраль) (Backbone або Core Network) — це мережа, призначена для транзиту (передачі) агрегованих потоків інформації з мережі доступу відправників в мережу доступу одержувачів (для передачі інформації від відправників до пунктів підключення місцевих (локальних) мереж).

Магістральна мережа об'єднує окремі мережі доступу, забезпечуючи транзит трафіку між ними по високошвидкісним каналам зв'язку.

Комутатори магістралі можуть здійснювати не тільки з'єднання між окремими користувачами, але і оперувати агрегованими інформаційними потоками, що переносять дані великої кількості з'єднань користувачів. В результаті інформація за допомогою магістралі потрапляє в мережу доступу одержувачів, демультимплексується там і комутується таким чином, що на вхідний порт обладнання користувача надходить тільки та інформація, яка йому адресована.

У тому випадку, коли абонент – одержувач підключений до того ж комутатора доступу, що і абонент – відправник (безпосередньо або через підпорядковані по ієрархії зв'язків комутатори), останній виконує необхідну операцію комутації самостійно.

4. Інформаційні центри або центри управління сервісами (Data Centers або Service Control Point) – це власні інформаційні ресурси мережі, призначені для надання інформаційних послуг користувачам (абонентам) мережі.

Інформаційні ресурси – це в широкому сенсі сукупність даних, організованих для ефективного отримання достовірної інформації.

В таких центрах може зберігатися інформація двох типів:

– інформація користувача, тобто ті дані, які безпосередньо цікавлять користувачів мережі;

– допоміжна службова інформація, що дозволяє надавати користувачам деякі послуги.

Прикладом інформаційних ресурсів першого типу можуть служити Web-портали, на яких розміщена різноманітна довідкова інформація і новини, інформація електронних магазинів і т. п.

У телефонних мережах роль таких центрів виконують служби екстреного виклику (наприклад, міліції, швидкої допомоги) і довідкові служби різних організацій і підприємств - вокзалів, аеропортів, магазинів і т. п.

У телевізійних мережах такими центрами є телестудії, які надають "живу" картинку або ж відтворюють раніше записані сюжети або фільми.

До ресурсів другого типу відносяться, наприклад, різні системи **аутифікації** і **авторизації** користувачів, за допомогою яких організація, що володіє мережею, перевіряє права користувачів на отримання тих чи інших послуг; системи білінгу, які в комерційних мережах розраховують плату за надані послуги; бази даних облікової інформації користувачів, що зберігають імена і паролі, а також переліки послуг, на які підписаний кожний користувач.

Аутифікація – це перевірка того, чи є хтось саме тим, за кого себе видає. Зазвичай вона має на увазі введення логіна і пароля, але можуть бути використані й інші засоби, такі як використання смарт-карти, відбитків пальців тощо.

Авторизація – це перевірка того, чи може аутентифікований користувач мати доступ до ресурсів.

В телефонних мережах існують центри управління сервісами (Services Control Point, SCP), де встановлені комп'ютери, на яких зберігаються програми нестандартної обробки телефонних викликів користувачів, наприклад викликів безкоштовних довідкових служб комерційних підприємств (так звані служби 800) або викликів при проведенні телеголосування.

Ще одним з поширених видів допоміжного інформаційного центру є централізована система управління мережею, яка

представляє собою програмне забезпечення, що працює на одному або декількох комп'ютерах.

Відзначимо, що кожна телекомунікаційна мережа має свої особливості. Наприклад, в невеликій локальній комп'ютерній мережі немає яскраво виражених мереж доступу і магістралі - вони об'єднуються в загальну досить просту структуру; в деяких телефонних мережах можуть бути відсутні інформаційні центри, а в телевізійних - мережа доступу набуває вигляду розподільної мережі, тому що інформація в ній поширюється тільки в одному напрямку - з мережі до абонентів

10.3. Класифікація телекомунікаційних мереж

Телекомунікаційні мережі поділяють за низкою визначальних ознак, а саме:

1. За функціональним призначенням мережі поділяються на транспортні мережі та мережі доступу.

Транспортна мережа, або ядро мережі – це універсальна мережа, що реалізує функції транспортування/комутації й об'єднує окремі мережі доступу із забезпеченням транзиту трафіка між ними високошвидкісними каналами.

До складу транспортної мережі можуть входити:

- транзитні вузли, що виконують функції перенесення і комутації;
- кінцеві (граничні) вузли, що забезпечують доступ абонентів до транспортної мережі;
- сервери сигналізації, що виконують функції обробки інформації сигналізації, управління викликами та з'єднаннями;
- шлюзи, що дозволяють здійснити підключення різнорідних, тобто апаратно і програмно несумісних між собою мереж зв'язку.

Сервери сигналізації можуть бути винесені в окремі пристрої, призначені для обслуговування декількох вузлів комутації. Використання спільних серверів дозволяє розглядати їх як єдину

систему комутації, розподілену мережею. Це не тільки спрощує алгоритми встановлення з'єднань, але є найбільш економічним для операторів зв'язку, оскільки дозволяє замінити коштовні системи комутації великої ємності невеликими, гнучкими і доступними за вартістю системами.

Під **мережею доступу** розуміється системно-мережна інфраструктура, яка призначена для концентрації інформаційних потоків, що надходять від обладнання користувачів, і складається з абонентських ліній, вузлів доступу і систем передачі, що забезпечують підключення термінальних пристроїв користувачів до точки агрегації трафіка.

2. За відомчою приналежністю телекомунікаційні мережі поділяють на такі групи:

- мережі зв'язку загального користування;
- виділені мережі зв'язку;
- технологічні мережі зв'язку;
- мережі зв'язку спеціального призначення.

Мережа зв'язку загального користування (ЗК) призначена для надання телекомунікаційних послуг будь-якому користувачеві. Мережа зв'язку ЗК є комплексом взаємодіючих мереж зв'язку, включаючи мережі зв'язку для розповсюдження програм телевізійного і радіомовлення.

Виділені, технологічні, а також мережі зв'язку спеціального призначення утворюють групу мереж обмеженого користування.

Виділені мережі зв'язку — це мережі, призначені для надання послуг обмеженому колу користувачів. Такі мережі можуть взаємодіяти між собою, проте поєднані з мережами загального користування.

Технологічні мережі зв'язку призначені для забезпечення виробничої діяльності організацій і управління технологічними процесами.

Мережі зв'язку спеціального призначення застосовують для забезпечення потреб державного управління, оборони, безпеки й охорони правопорядку в країні.

3. За типом абонентських терміналів, які використовуються в телекомунікаційній системі, телекомунікаційні мережі поділяються на:

– мережі фіксованого зв'язку, що забезпечують приєднання стаціонарних абонентських терміналів;

– мережі рухомого зв'язку, що забезпечують приєднання рухомих (що перевозяться або переносяться) абонентських терміналів.

4. Традиційно телекомунікаційні мережі поділяють на **первинні та вторинні**.

Первинна мережа є сукупністю каналів і трактів передачі, утворених обладнанням вузлів і ліній передачі (або фізичних ланцюгів), що з'єднують ці вузли. Первинна мережа надає канали передачі (фізичні ланцюги) вторинній мережі для утворення каналів зв'язку.

Вторинна мережа є сукупністю каналів зв'язку, утворюваних на базі первинної мережі шляхом їх комутації (маршрутизації) у вузлах комутації і організації зв'язку між абонентськими пристроями користувачів.

5. За кількістю підтримуваних служб зв'язку мережі бувають:

– моносервісні, призначені для надання однієї служби зв'язку (наприклад, мережі радіомовлення, кабельного телебачення, телефонна мережа загального користування (ТМЗК), мережа передачі даних загального користування (МПДЗК));

– мультисервісні, призначені для організації двох і більше служб зв'язку (наприклад мережа телефонної, факсимільної і низки мультимедійних служб).

6. За типом передавального середовища мережі можуть бути класифіковані на **проводові** (аналогові та цифрові мережі; кабельні

й оптоволоконні мережі), **безпроводові або радіомережі** (стільникові, транкінгові мережі та супутникові мережі) та **змішані**.

7. За кількістю мережних технологій і протоколів, що підтримуються в мережі, вони поділяються на **однорідні** та **неоднорідні**, які ще називають гетерогенними (мультипротокольними).

Однорідні мережі, як правило, функціонують на основі єдиної телекомунікаційної технології (IP, ATM, MPLS).

Мультипротокольна мережа — мережа зв'язку, що забезпечує перенесення різних видів інформації з використанням різних технологій і протоколів передачі.

Для мереж, які складаються з неоднорідних підмереж, часто використовується термін інтермережа.

8. За видами комутації мережі поділяють на:

- некомутовані;
- комутовані — з комутацією каналів, повідомлень, пакетів.

Під час використання режиму комутації каналів встановлюється пряме фізичне з'єднання між вузлами мережі.

При комутації повідомлень між вузлами «відправник — одержувач» фізичне з'єднання не встановлюється, а мережні вузли дозволяють накопичувати (буферизувати) повідомлення і надсилати їх відповідно до заданої системи пріоритетності за певним маршрутом.

9. За адміністративним розподілом мережі поділяють на:

- магістральну мережу, яка пов'язує між собою телекомунікаційні вузли країни в цілому й забезпечує транзит потоків повідомлень між зоновими мережами;
- зонові (або регіональні) мережі, побудовані в межах території одного або декількох регіонів (груп областей) країни;
- місцеві мережі, які утворені в межах адміністративної або визначеної за іншим принципом території і не належать до регіональних мереж зв'язку. Місцеві мережі поділяються на міські та сільські;

– міжнародна мережа — мережа загального користування, приєднана до мереж зв'язку іноземних держав.

10. За сферою використання мережі можуть бути наприклад, банківськими, мережами наукових установ, університетськими мережами тощо.

11. За формою функціонування можна виділити комерційні мережі з оплатою за використання обладнання й мережних ресурсів і безкоштовні, корпоративні (приватні) мережі й мережі загального користування.

12. За швидкістю передачі інформації мережі поділяються на:

– низькошвидкісні: швидкості від сотень кбіт/с до десятків Мбіт/с.

– високошвидкісні: швидкості від сотень Мбіт/с до десятків Гбіт/с.

13. За територіальним принципом (географічним розташуванням) мережі поділяються:

- на глобальні мережі (Wide Area Network, WAN);
- міські мережі (Metropolitan Area Network, MAN);
- локальні мережі (Local Area Network, LAN).

Глобальна мережа — це територіально-розподілена мережа, що надає свої сервіси великій кількості кінцевих абонентів, які рознесені по великій території (сотні і тисячі кілометрів), як правило, в межах країни, континенту або всієї земної кулі (охоплює географічний регіон (країну або континент)).

Міські мережі об'єднують абонентів, розташованих на значній відстані один від одного (десятки кілометрів). Вони можуть забезпечувати інформаційну взаємодію абонентів усередині великого міста або окремого економічного району (застосовується для об'єднання мереж в місті в одну велику мережу).

Локальна мережа об'єднує абонентів, розташованих у межах певної невеликої обмеженої за площею території (звичайно розташована в межах будинку), за допомогою одного або декількох

високошвидкісних каналів передачі цифрової інформації — від 1 до 100 Мбіт/с (на сьогодні вже існують промислові зразки локальних мереж зі швидкостями близько 1 Гбіт/с).

Нині відсутні чіткі обмеження на територіальний розкид абонентів локальної мережі. Зазвичай така мережа прив'язана до конкретного місця.

До класу локальних мереж зв'язку належать мережі окремих підприємств, фірм, банків, офісів тощо. Протяжність такої мережі можна обмежити 1—2,5 км. Територіями, що обслуговуються, можуть бути як заводи, судна, літаки, так і установи, університети, коледжі.

Окремо слід відзначити **корпоративні мережі**, які надають послуги тільки користувачам — співробітникам того підприємства, яке користується мережею. На відміну від мереж операторів зв'язку, корпоративні мережі, у загальному випадку, не надають послуг іншим організаціям або користувачам.

Для корпоративних мереж, які використовують технології мережі Інтернет (тобто індивідуальні комп'ютери під'єднані до інших мереж у світі через публічну мережу (мережу загального користування)), останнім часом все частіше використовується термін мережа **Intranet**, тобто індивідуальні комп'ютери під'єднані до інших мереж через приватну мережу.

14. Залежно від масштабу підприємства, а також від складності й різноманітності розв'язуваних завдань локальні мережі поділяються на: мережі відділу, мережі кампуса і мережі масштабу підприємства.

Мережі відділів — це мережі, які використовуються порівняно невеликою групою співробітників, що працюють в одному відділі підприємства. Ці співробітники розв'язують певні загальні завдання, наприклад ведуть бухгалтерський облік або займаються маркетингом. Вважається, що відділ може налічувати до 100—150 співробітників.

Існує й інший тип мереж, близький до мереж відділів, — **мережі робочих груп**. До таких мереж належать зовсім невеликі

мережі, що включають до 10—20 користувачів. Характеристики мереж робочих груп практично не відрізняються від описаних вище характеристик мереж відділів. Такі властивості, як простота мережі й однорідність, тут виявляються найбільшою мірою, тоді як мережі відділів можуть наближатися в деяких випадках до наступного за масштабом типу мереж — **мереж кампусів**.

Мережі кампусів отримали свою назву від англійського слова campus — студентське містечко. Нині цю назву не пов'язують із студентськими містечками, а використовують для позначення мереж підприємств і організацій. Мережі кампусів об'єднують безліч мереж різних відділів одного підприємства в межах окремої будівлі або однієї території, що покриває площу в декілька квадратних кілометрів. Служби такої мережі включають взаємодію між мережами відділів, доступ до загальних баз даних підприємства, факс-серверів, високошвидкісних модемів і високошвидкісних принтерів. У результаті співробітники кожного відділу підприємства дістають доступ до деяких файлів і ресурсів мереж інших відділів. Мережі кампусів забезпечують доступ до корпоративних баз даних незалежно від того, на яких типах комп'ютерів вони розташовуються.

РОЗДІЛ 11. ТОПОЛОГІЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИХ МЕРЕЖ

11.1. Поняття топології мережі

Мережі передачі індивідуальних повідомлень об'єднують велику кількість різних технічних пристроїв, розташованих на великій території. Фактично це тисячі кілометрів ліній зв'язку, велика кількість каналоутворюючої і комутаційної апаратури і багато іншого спеціального обладнання.

Мережа електрозв'язку для передачі індивідуальних повідомлень повинна бути побудована таким чином, щоб в будь-який момент з необхідною якістю забезпечити можливість передачі повідомлень між абонентами. Це може бути реалізовано, якщо в основу побудови мереж закладені певні принципи, тобто визначена топологія мережі.

Під **топологією** (компонуванням, конфігурацією, структурою) телекомунікаційної (зокрема, комп'ютерної) мережі звичайно розуміється фізичне розташування абонентів (комп'ютерів) мережі один відносно іншого та спосіб їх з'єднання лініями зв'язку.

Поняття топології відноситься, перш за все, до **локальних мереж**, в яких структуру зв'язків можна легко простежити; у **глобальних мережах** структура зв'язків прихована від користувачів і може змінюватись з часом.

Топологія мережі визначає спосіб з'єднання вузлів мережі (комп'ютерів і комунікаційного обладнання), відображає структуру зв'язків між її основними функціональними елементами.

Під топологією локальної мережі розуміється конфігурація графа, вершинами якого є її вузли (комп'ютери та інше комунікаційне обладнання), а ребрами – фізичні лінії зв'язку.

Кількість можливих конфігурацій різко зростає при збільшенні пристроїв, які потрібно з'єднати. У разі об'єднання двох-трьох вузлів мережі проблем з лініями зв'язку не виникає, як показано на рис. 11.1. Інша справа, якщо таких вузлів мережі буде, наприклад,

п'ять. У цьому разі кількість ліній зв'язку буде вже 10, що ускладнює мережу.

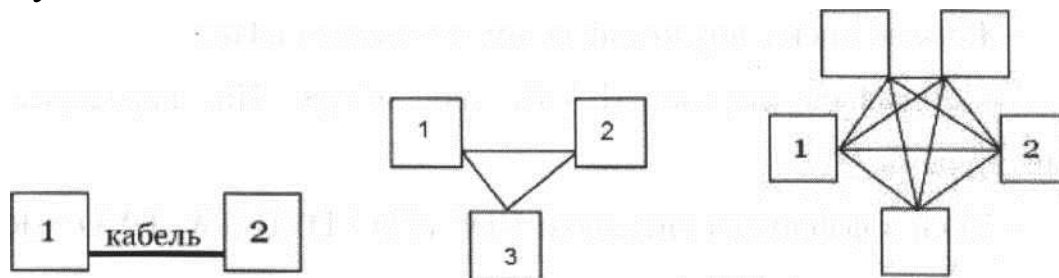


Рис. 11.1. Приклади повнозв'язної топології мережі

Тому за характером топології мережі поділяються на:

1. повнозв'язні, які передбачають наявність окремої лінії зв'язку для будь-якої пари вузлів, тобто мережі, в яких кожний вузол мережі пов'язаний з усіма іншими вузлами (схема «кожен з кожним») (рис. 11.2).

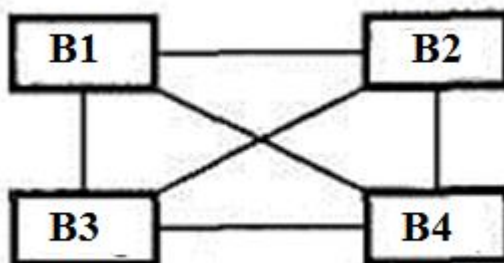


Рис. 11.2. Мережева повнозв'язана топологія:
B1, B2, B3, B4 – вузли мережі

Якщо в мережі налічується N вузлів, то для утворення повнозв'язної топології необхідно $N(N-1)/2$ ліній зв'язку. Така конфігурація виявляється громіздкою при збільшенні кількості вузлів, і її важко реалізувати через технічні складнощі і високу вартість. Через це вона не набула поширення.

2. неповнозв'язні, які одержуються з повнозв'язної топології шляхом видалення окремих ліній зв'язку.

Спосіб, який дозволяє зменшити кількість використовуваних ліній зв'язку, полягає у тому, щоб надати окремим вузлам мережі можливість пересилати повідомлення «транзитом». Такими вузлами можуть виступати як універсальні комп'ютери, так і спеціалізовані пристрої (мости, комутатори та ін.).

В цьому випадку повідомлення від одного вузла до іншого можуть передаватись через «ланцюжок» транзитних вузлів, а отже кількість безпосередніх, прямих з'єднань зменшується. Такого виду конфігурація є **неповнозв'язною**, оскільки кожний комп'ютер безпосередньо не сполучається з усіма іншими. Саме неповнозв'язні конфігурації набули широкого поширення і стали основними в технологіях локальних мереж.

При заданій кількості вузлів у неповнозв'язній мережі може існувати досить велика кількість варіантів з'єднання вузлів мережі.

Для дослідження топологічних особливостей мережі її зручно зображувати у вигляді точок і з'єднуючих їх дуг. Така геометрична фігура має назву **граф**. Точки в графі називають вершинами, а дуги, якщо не враховується їх спрямованість, – ребрами. Граф є моделлю топологічної структури мережі

При об'єднанні двох вузлів можливий тільки один варіант зв'язку. Три комп'ютери можна з'єднати двома способами, а для чотирьох комп'ютерів можна запропонувати вже шість топологічно різних конфігурацій за умови однаковості комп'ютерів (рис. 11.3).

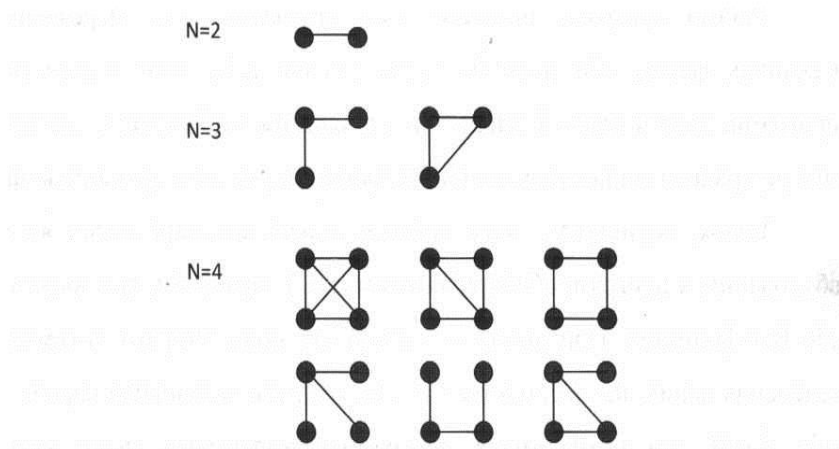


Рис. 11.3. Зростання кількості варіантів з'єднань при об'єднанні N комп'ютерів

Отже, при об'єднанні більше ніж двох комп'ютерів, із зростанням кількості вузлів мережі стрімко зростає кількість варіантів з'єднань. Це відбувається за рахунок неповнозв'язних конфігурацій.

Розрізняють **фізичну** і **логічну** топологію локальних мереж

Фізична топологія визначає геометричне розташування компонентів локальної мережі.

Логічна топологія визначає можливі з'єднання між парами кінцевих точок мережі, що взаємодіють між собою.

Доповнюючи одна одну, фізична та логічна топології дають найповніше уявлення про телекомунікаційну мережу.

При об'єднанні абонентів (наприклад, комп'ютерів) у мережу перш за все необхідно визначити спосіб організації фізичних зв'язків (топологію). Топологія характеризує властивості мереж, які не залежать від їх розмірів. При цьому не враховується продуктивність і принцип роботи цих об'єктів, їх типи, довжини каналів.

Топологія мережі впливає на характеристики мережі. Зокрема, вибір тієї або іншої топології впливає на:

- склад необхідного мережного устаткування;
- характеристики мережного устаткування;
- можливості розширення мережі;
- спосіб керування мережею.

Таким чином, при організації телекомунікаційної мережі виникає проблема вибору конфігурації фізичних зв'язків або фізичної топології мережі.

Існують три базові топології локальних мереж:

- шина (Bus) – всі робочі станції (комп'ютери) підключаються до однієї спільної лінії зв'язку;
- зірка (Star) – до одного центрального вузла приєднується решта периферійних вузлів, причому кожний з них використовує окрему лінію зв'язку;

– кільце (Ring) – робочі станції послідовно об'єднуються в «кільце»: кожна з них отримує дані лише від попередньої і передає дані лише наступній.

Базові топології можуть комбінуватись між собою у різних варіантах, утворюючи інші, більш складні, змішані топології.

11.2. Топологія «шина»

В топології «шина» всі вузли мають рівноправний доступ до лінії зв'язку, яка використовується ними по черзі. За цієї топології всі робочі станції паралельно підключаються до однієї лінії зв'язку і інформація від кожного вузла одночасно передається всім іншим вузлам (рис.11.4).

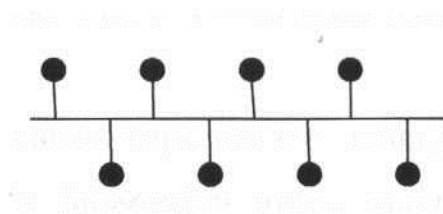


Рис. 11.4. Топологія «шина»

Топологія «шина» передбачає ідентичність мережевого устаткування робочих станцій, а також рівноправність всіх абонентів. Клієнти можуть передавати дані тільки по черзі, тому що лінія зв'язку у них єдина, у протилежному випадку передана інформація буде спотворюватися в результаті конфлікту. У топології «шина» відсутній сервер, через який передається вся інформація.

Важливою особливістю топології «шина» є те, що вона нечутлива по відношенню до відмови одного з вузлів (всі інші можуть продовжувати обмін інформацією), але дуже чутлива до пошкоджень в кабельній системі і відмов мережевого обладнання. Так, може здатися, що при обриві кабелю утворяться дві цілком працездатні шини. Проте це не так: особливості розповсюдження електричних сигналів по довгим лініям зв'язку вимагають включення на кінцях шини спеціальних узгоджуючих пристроїв –

термінаторів. Без них сигнал відбивається від кінця лінії і спотворюється так, що зв'язок по мережі стає неможливим. Тобто у разі розриву, або пошкодження кабелю порушується узгодження лінії зв'язку і припиняється обмін інформацією навіть між тими вузлами, які залишилися сполученими між собою. Коротке замикання в будь-якій точці кабелю шини також виводить з ладу всю мережу.

Інша особливість топології «шина» пов'язана з ослабленням сигналів при їх проходженні лініями зв'язку, що накладає жорсткі обмеження на сумарну довжину ліній зв'язку. Певним чином збільшити її можна через використання спеціальних відновників сигналів (повторювачів), проте цей спосіб також має свої обмеження, які пов'язані з кінцевою швидкістю поширення сигналів лініями зв'язку.

Слід зауважити, що топологія «шина» вимагає використання мінімальної кількості кабелю у порівнянні з іншими топологіями. А додавання нових абонентів в шину досить просте і можливе навіть під час роботи мережі.

Таким чином основні переваги і недоліки топології «шина» шини полягають у наступному.

Переваги:

- невисока вартість і простота приєднання нових вузлів до мережі. Додавання нових абонентів у «шину» можливе навіть під час роботи мережі;
- усі робочі станції можуть безпосередньо вступати в контакт із будь-якою робочою станцією, наявною в мережі;
- робочі станції в будь-який час, без переривання роботи всієї мережі, можуть бути підключені до неї або відключені;
- функціонування мережі зв'язку не залежить від стану окремої робочої станції.
- відмова окремих робочих станції (комп'ютерів) не впливає на роботу мережі;
- простота налаштування мережі.

Недоліки:

- недостатня надійність: будь-який дефект кабелю чи будь-якого з численних роз'ємів повністю паралізує всю мережу; припиняється обмін даними навіть між тими робочими станціями, які залишилися з'єднаними між собою;
- коротке замикання в будь-якому сегменті кабелю «шини» виводить із ладу всю мережу;
- складна локалізація несправностей та складна діагностика несправностей;
- невисока продуктивність, оскільки в кожному момент часу тільки один вузол може передавати дані мережею;
- жорсткі обмеження на сумарну довжину ліній зв'язку;
- складність мережевого обладнання.

11.3. Топологія «зірка»

В топології «зірка» всі вузли мережі підключаються до одного центрального вузла, що називається **хостом** або **хабом** (рис. 11.5). Причому кожний з них використовує свою окрему лінію зв'язку.

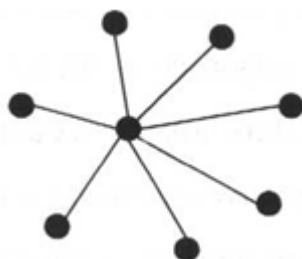


Рис. 11.5. Топологія «зірка»

У топології «зірка» весь обмін інформацією відбувається виключно через центральний вузол, тому він виявляється найбільш завантаженим. Як правило, центральний вузол повинен бути найпотужнішим, адже саме на нього покладаються всі функції з управління обміном даних. Необхідно вживати спеціальних заходів

щодо підвищення надійності центрального вузла і його мережевої апаратури.

Внаслідок повністю централізованого управління конфлікти в топології «зірка» в принципі неможливі.

Топологія «зірка» є стійкою по відношенню до відмов периферійних вузлів, проте будь-яка відмова центрального вузла робить мережу повністю непрацездатною. У зв'язку з цим необхідно вживати спеціальних заходів щодо підвищення надійності центрального вузла (комп'ютера) і його мережевого обладнання.

Обрив кабелю або коротке замикання в ньому порушує обмін лише з одним вузлом, а вся решта може нормально продовжувати роботу.

Те, що кожна лінія зв'язку використовується лише двома абонентами – центральним і одним з периферійних вузлів – дозволяє суттєво спростити мережеве обладнання.

Суттєвим недоліком топології «зірка» є жорстка обмеженість кількості периферійних робочих станцій: їх число, як правило, не може перебільшувати 8-16. У цих межах підключення нових абонентів здійснюється досить просто, але при подальшому збільшенні абонентів їх підключення просто неможливе. Проте допускається можливість нарощування мережі за рахунок підключення замість периферійного ще одного центрального вузла.

Ще одним недоліком топології «зірка» є значно більші, ніж в інших топологіях, витрати кабелю, що впливає на вартість всієї мережі.

Таким чином основні переваги і недоліки топології «зірка» шини полягають у наступному.

Переваги:

1. топологія у вигляді зірки має найбільшу швидкодію зі всіх топологій мереж зв'язку, оскільки передача даних між робочими станціями проходить через центральний вузол (при його високій продуктивності) за окремими лініями, які використовуються тільки цими робочими станціями;

2. принципова неможливість виникнення конфліктів між вузлами, тобто вихід з ладу периферійного вузла ніяк не відбивається на функціонуванні частини мережі, що залишилася.

3. стійкість до пошкодження кабельної системи, тобто пошкодження будь-якого кабелю або коротке замикання в ньому порушує роботу тільки одного вузла, а всі інші вузли можуть продовжувати працювати;

4. висока продуктивність мережі;

5. у топології «зірка» на кожній лінії зв'язку перебувають тільки два абоненти: центральний і один з периферійних. Найчастіше для їхнього з'єднання використовується дві лінії зв'язку, кожна з яких передає інформацію тільки в одному напрямку. Все це істотно спрощує мережеве обладнання в порівнянні із «шиною» і не потребує застосування додаткових зовнішніх терміналів.

6. можливість легко контролювати роботу мережі, локалізувати несправності шляхом простого відключення від центра абонентів (що неможливо, наприклад, у випадку «шини»).

Недоліки:

1. будь-яка відмова центрального вузла робить мережу повністю непрацездатною.

2. пропускна здатність мережі зв'язку з такою топологією визначається продуктивністю центрального вузла який може бути «вузьким місцем» такої мережі.

3. жорстке обмеження кількості абонентів, адже центральний вузол може обслуговувати не більше 8-16 периферійних абонентів. Якщо в топології «зірка» підключення нових абонентів є досить простим, то при їхньому перевищенні воно просто неможливе. Хоча, іноді в «зірці» передбачається можливість нарощування, тобто підключення замість одного з периферійних абонентів ще одного центрального абонента (у результаті отримуємо топологію з декількох з'єднаних між собою «зірок»).

4. висока вартість через значні витрати кабелю оскільки кожна робоча станція пов'язана з вузлом окремою лінією, що істотно

впливає на вартість всієї мережі в цілому особливо у випадку, коли центральний вузол географічно розташований не в центрі топології.

5. кількість вузлів у мережі обмежується кількістю портів центрального вузла (концентратора).

11.4. Топологія «кільце»

В топології «кільце» всі робочі станції мережі пов'язані одна з одною по колу (рис.11.6). Кожний вузол сполучається лініями зв'язку лише з сусідніми. Остання робоча станція пов'язана з першою. Комунікаційний зв'язок замикається в кільце. Кожна робоча станція передає інформацію завжди тільки одному вузлу, наступному в ланцюжку, а одержує інформацію тільки від попереднього вузла в ланцюжку, і цей ланцюжок замкнутий в кільце.

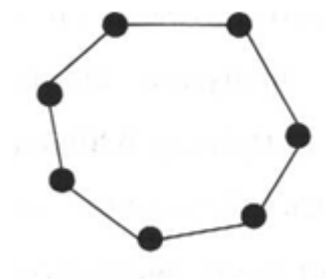


Рис. 11.6. Топологія «кільце»

Кільцева топологія має високу стійкість до перевантажень, оскільки в ній відсутні конфлікти, пов'язані з одночасним захопленням лінії зв'язку кількома абонентами (як у випадку шини), а також відсутній центральний вузол, який може бути переобтяжений великими потоками інформації (як у випадку зірки). Тому ця топологія забезпечує впевнену роботу з великими потоками інформації по мережі.

Хоча у топології «кільце» відсутній чітко виділений центральний вузол (комп'ютер), проте робочі станції не є повністю рівноправними. Досить часто в «кільці» виділяється спеціальний абонент, який управляє обміном або контролює обмін. Зрозуміло, що

наявність такого керуючого абонента знижує надійність мережі, тому що вихід його з ладу відразу ж паралізує всю мережу.

Важливою особливістю топології «кільце» є те, що кожен вузол підсилює сигнал, що надходить до нього, тому розміри кільцевих мереж можуть досягати значних розмірів (на практиці – десятки кілометрів). Кільце в цьому відношенні істотно перевершує будь-які інші топології. Як і у випадку «шини», максимальна кількість вузлів в кільці може бути досить великою (~1000). Підключення нових абонентів до кільця виконується досить просто, хоча і вимагає обов'язкової зупинки роботи мережі на цей час.

Сигнал в топології «кільце» проходить послідовно через всі робочі станції мережі, тому вихід з ладу однієї з них (або ж її мережевого обладнання) порушує роботу мережі в цілому, і в цьому полягає основний недолік «кільця». Обрив або коротке замикання в будь-якому з кабелів кільця теж унеможливорює роботу всієї мережі. Кільцева топологія є найуразливішою до пошкоджень кабелю, тому у разі її використання часто передбачається прокладка двох (або більш) паралельних ліній зв'язку, одна з яких знаходиться в резерві.

Таким чином, основні переваги і недоліки топології «зірка» шини полягають у наступному.

Переваги:

- висока стійкість до перевантажень, що забезпечує впевнену роботу із великими потоками переданої по мережі інформації;
- відсутні обмеження на максимальну кількість абонентів у «кільці»;
- додавання нових абонентів досить просте;
- відсутність додаткового обладнання.
- ймовірні несправності в кабельних з'єднаннях легко локалізуються.
- значні розміри мережі.

Недоліки:

кожна робоча станція повинна брати активну участь у пересиланні інформації, і у разі виходу з ладу хоча б однієї з них вся мережа паралізується;

– будь-яке пошкодження або коротке замикання в кожному з кабелів «кільця» робить роботу всієї мережі неможливою;

– підключення нової робочої станції вимагає короткого термінового вимкнення мережі, оскільки під час установки кільце має бути розімкнутим;

– прокладка кабелів від однієї робочої станції до іншої може бути досить складною й коштовною, особливо якщо географічно робочі станції розташовані далеко від кільця;

– висока вартість.

Переваги та недоліки наведених мережевих топологій зведено в табл.11.1.

Таблиця 11.1. Переваги та недоліки мережевих топологій

Топологія	Переваги	Недоліки
Шина	Економна витрата кабелю. Порівняно недороге і нескладне у використанні середовище передачі. Простота, надійність. Легко розширюється.	При значних об'ємах трафіка зменшується пропускна спроможність мережі. Вихід з ладу кабелю зупиняє роботу багатьох користувачів.
Кільце	Всі комп'ютери мають рівний доступ. Кількість користувачів не робить скільки-небудь значного	Вихід з ладу одного комп'ютера може вивести з ладу всю мережу. Зміна конфігурації мережі

	впливу на продуктивність.	вимагає зупинки роботи всієї мережі.
Зірка	Легко модифікувати мережу, додаючи нові комп'ютери. Централізований контроль і управління. Вихід з ладу одного комп'ютера не впливає на працездатність мережі.	Вихід з ладу центрального вузла виводить з ладу всю мережу. Для великих мереж значно збільшується витрата кабелю.

Порівняльна характеристика різних топологій мереж зв'язку наведена в табл. 11.2.

Таблиця 11.2. Порівняльна характеристика різних мережних топологій

Характеристика	Топологія		
	Зірка	Кільце	Шина
Вартість розширення	Незначна	Середня	Середня
Приєднання абонентів	Пасивне	Активне	Пасивне
Захист від відмов	Незначний	Незначний	Високий
Розмір мережі	Будь-який	Будь-який	Обмежений

Захист від прослуховування	Добрий	Добрий	Незначний
Вартість підключення	Незначна	Незначна	Висока
Поводження мережі при високих навантаженнях	Добре	Задовільне	Незадовільне
Можливість роботи в реальному режимі часу	Дуже добра	Добра	Незадовільна
Розведення кабелю	Добре	Задовільне	Добре
Обслуговування	Дуже добре	Середнє	Середнє

11.5. Змішані топології

Базові топології є основою для створення інших більш складних конфігурацій.

Так у результаті комбінації кількох мереж з топологією «зірка» утворюється топологія «дерево» (tree), показана на рис. 11.7. При цьому в ієрархічному порядку об'єднуються лише центральні вузли.

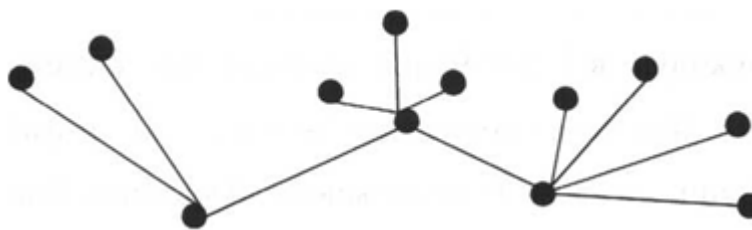


Рис. 11.7. Топологія «дерево»

Перевагою деревоподібних мереж є простий спосіб нарощування потужності мережі. Мережі з деревоподібною структурою застосовуються там, де неможливе безпосереднє застосування базових мережних структур у чистому вигляді.

Досить поширеною є зірково-шинна (Star-Bus) топологія (рис. 11.8), в якій підмережі з топологією «шина» підключаються до спільного центрального вузла.

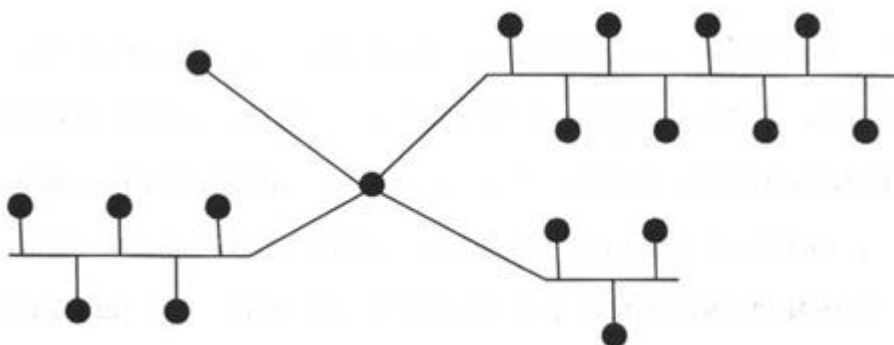


Рис. 11.8. Топологія «зірка-шина»

Центральні вузли «зірки» можуть об'єднуватись між собою, утворюючи так звану магістральну або опорну шину. Таким чином вдається комбінувати переваги шинної і зіркової топологій, а також легко нарощувати мережу.

У разі об'єднання центральних вузлів «зірок» у кільце утворюється зірково-кільцева (Star-Ring) топологія (рис. 11.9).

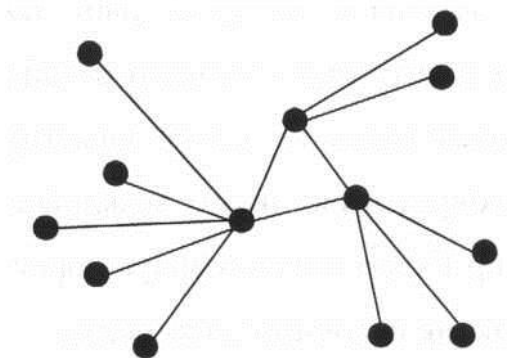


Рис. 11.9. Топологія «зірка-кілеце»

Вона дозволяє комбiнувати переваги вiдповiдно зiркової i кiлецевої топологiй, наприклад, для збiльшення розмiрiв мережi.

РОЗДІЛ 12. КОМП'ЮТЕРНІ МЕРЕЖІ

12.1. Основні поняття комп'ютерних мереж

Перші електронно – обчислювальні машини (ЕОМ) були призначені лише для швидкої обробки даних. Згодом обчислювальна техніка почала широко використовуватися у наукових дослідженнях, виробництві, освіті. У користувачів віддалених один від одного комп'ютерів з'явилася потреба у швидкому обміні даних. Для цього було запропоновано об'єднати комп'ютери у єдину систему і таким чином передавати дані від одного комп'ютера до іншого.

Об'єднання комп'ютерів у єдину мережу надає користувачам нові можливості, які були неможливими при використанні окремих комп'ютерів. Комп'ютерна мережа забезпечує: колективне опрацювання даних, обмін даними між користувачами, спільне використання програм та периферійних пристроїв.

Комп'ютерна мережа — це сукупність вузлів (персональних комп'ютерів, робочих станцій, окремих пристроїв), які з'єднані лініями зв'язку і взаємодіють між собою за допомогою комунікаційного (мережевого) обладнання і спеціального комунікаційного (мережевого) програмного забезпечення з метою спільного використання мережевих ресурсів (ресурсів всіх комп'ютерів). Схематичне зображення комп'ютерної мережі показано на рис.12.1.

Комп'ютерна мережа призначена для обміну і розподіленої обробки інформації і вона складається із взаємодіючих абонентських систем (АС), об'єднаних за допомогою комунікаційної мережі.

Комунікаційна мережа або телекомунікаційна система – це сукупність фізичного середовища передачі інформації, апаратних і програмних засобів, що забезпечують взаємодію абонентських систем.

Абонентська система – це сукупність ЕОМ, програмного забезпечення, периферійного обладнання та засобів зв'язку з комунікаційною мережею, яка забезпечує виконання прикладних процесів.

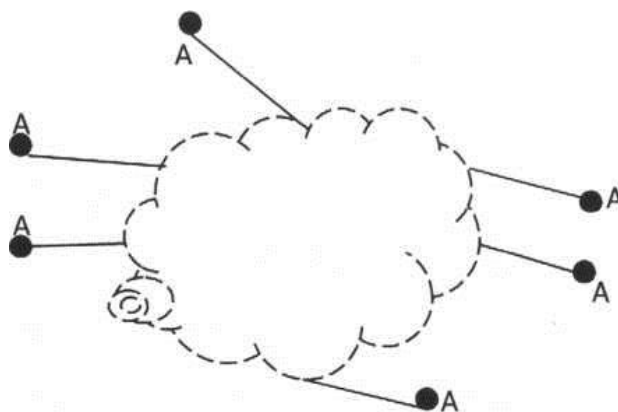


Рис. 12.1. Схематичне зображення комп'ютерної мережі:
А - абоненти

Прикладний процес – процедури введення, обробки і видачі інформації, що виконуються в інтересах користувача, і описуються прикладними програмами.

Схему класифікації прикладних процесів в комп'ютерній мережі зображено на рис. 12.2.

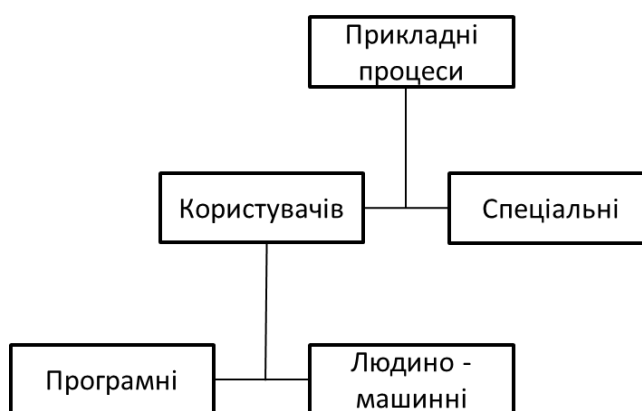


Рис. 12.2. Класифікації прикладних процесів в комп'ютерній мережі

До спеціальних прикладних процесів належать:

- процеси діагностики роботи мережі,
- процеси забезпечення безпечної роботи в мережі та ін.

До програмних прикладних процесів відносяться такі, що керуються однією або групою пов'язаних програм.

Людино-машинні прикладні процеси реалізуються через взаємодію людини з терміналом.

Комп'ютери, що входять у мережу, можуть спільно використовувати:

- дані;
- процесорний час;
- принтери;
- факсимільні апарати;
- модеми;
- інші пристрої.

Даний список постійно поповнюється, оскільки виникають нові способи спільного використання програмних та апаратних ресурсів.

Створення комп'ютерних мереж обумовлено прагненням до економії ресурсів. Економія досягається кількома шляхами: мережа забезпечує швидкий доступ до різних джерел інформації; мережа зменшує надмірність ресурсів.

Комп'ютерна мережа забезпечує:

- колективне опрацювання даних користувачами, комп'ютери яких під'єднані до мережі, та обмін даними між цими користувачами;
- спільне використання програм
- спільне використання принтерів, модемів та інших периферійних пристроїв.

Найпростіша мережа складається з двох комп'ютерів, здатних обмінюватися даними. Таке з'єднання двох комп'ютерів для обміну даними називається **прямим з'єднанням**. Усі мережі незалежно від складності ґрунтуються саме на цьому принципі.

Основним призначенням комп'ютерної мережі є:

1. забезпечення простого, зручного і надійного доступу користувача до спільних розподілених ресурсів мережі;
2. організація колективного використання ресурсів мережі з надійним захистом від несанкціонованого доступу;
3. забезпечення зручними і надійними засобами передачі даних між користувачами мережі.

При розгляді комп'ютерних мереж доцільно, насамперед, з'ясувати сутність фізичного рівня взаємодії комп'ютерів. Фізичний

рівень мережевої взаємодії визначає спосіб фізичного з'єднання комп'ютерів у мережі. Центральним поняттям даного рівня є поняття середовища передачі.

Середовище передачі – це фізичне середовище, в якому відбувається поширення інформаційних сигналів у вигляді електричних, мережевих імпульсів.

Лінія зв'язку – це обладнання, за допомогою якого здійснюється об'єднання комп'ютерів у мережу. Лінії зв'язку залежно від середовища передачі даних поділяються на:

- **повітряні** – традиційно по таких проводах передають телефонні або телеграфні сигнали, але за відсутності інших можливостей ці лінії використовуються також і для передачі комп'ютерних даних;
- **кабельні** – представляє складну конструкцію, яка складається із провідників; використовуються такі типи: вита пара, коаксіальний кабель, волоконно-оптичний кабель;
- **радіоканали наземного та супутникового зв'язку** – створюються за допомогою передавача і приймача радіохвиль. Існує велика кількість різних типів радіоканалів, які відрізняються частотним діапазоном і дальністю каналу.

Перш ніж приступити до розгляду особливостей різних типів мереж, потрібно визначити терміни, що позначають ролі окремих комп'ютерів в мережі.

Усі комп'ютери, що підключаються до мережі, можна розділити на 3 функціональні групи:

- робочі станції;
- сервери мережі;
- комунікаційне або мережеве обладнання.

У комп'ютерній мережі кожний персональний комп'ютер (ПК) називається **робочою станцією**, за винятком одного чи кількох комп'ютерів, які називаються **серверами**.

Робочі станції – це комп'ютери, підключені до мережі, які використовують ресурси мережі. Призначення робочої станції – виконувати програми, одержані з мережі.

Клієнтами мережі є комп'ютери або інші мережні пристрої, що мають доступ до ресурсів мережі. Найчастіше клієнтом є комп'ютер. Принтер або інший мережний пристрій, що одержує доступ до ресурсів, технічно теж може бути клієнтом.

Термін **клієнт** може також позначати програми, що мають доступ до програм сервера. Наприклад, програма підтримки електронної пошти, що виконується на настільному комп'ютері і передає запити для завантаження повідомлень, що надійшли, із сервера, називається **клієнтом електронної пошти**.

Сервер (serve – постачати, обслуговувати) — це підключений до мережі комп'ютер, ресурси якого призначені для спільного використання.

Призначення сервера полягає в наступному:

- надавати доступ до ресурсів мережі – даних, програмного забезпечення, периферійного устаткування;
- та доставляти програми до робочих станцій.

Сервери мають бути високоякісними та високонадійними, адже при обслуговуванні всієї комп'ютерної мережі вони багаторазово виконують роботу звичайної робочої станції.

Кожна робоча станція і сервер містять карти адаптерів, які за допомогою мережевих кабелів з'єднуються між собою. До операційної системи на кожній робочій станції встановлюється програмне забезпечення, яке дає можливість станції взаємодіяти з сервером. Аналогічно, на сервері встановлюється програмне забезпечення, яке дає йому можливість взаємодіяти з робочою станцією та забезпечувати їй доступ до своїх файлів.

Розрізняють дві технології використання сервера:

- **технологія «файл-сервер»** (розподілене опрацювання) – це схема роботи, коли робочі станції виконують велику частину опрацювання даних, а файл-сервер тільки надає файли для цього опрацювання.
- **технологія «клієнт-сервер»** – це схема опрацювання, за якої робота розподіляється рівномірно між робочою станцією і файлом-сервером.

Ресурс мережі – це пристрої, які входять до апаратної частини деяких комп'ютерів мережі, є доступними і можуть використовуватися будь-яким користувачем мережі. Наприклад, принтери, сканери та ін.

Хост – це будь-який підключений до Інтернету комп'ютер незалежно від його призначення.

Група співробітників, які працюють в рамках однієї мережі над одним проектом, називається **робочою групою**. У членів робочої групи, а також у різних робочих груп можуть бути різні права для доступу до загальних ресурсів мережі.

Сукупність правил та прийомів розподілення доступу називається **політикою мережі**.

Керування політикою називається **адмініструванням мережі**, а співробітник, який керує організацією роботи учасників локальної мережі – **адміністратором мережі**.

Для підключення комп'ютерів до середовища передачі даних використовується спеціальне **комунікаційне обладнання**. Основні функції цього обладнання полягають у фізичному кодуванні і декодуванні даних, а також синхронізації прийому і передачі даних.

Комунікаційне або мережеве обладнання – це периферійні пристрої, що здійснюють перетворення сигналів, які використовуються у комп'ютері, на сигнали, що передаються через лінії зв'язку, і навпаки. Такими пристроями є модеми та мережеві адаптери.

Модем – обладнання для передачі даних, яке здійснює узгоджене перетворення цифрового сигналу комп'ютера в модульований аналоговий і навпаки. Застосовуються при використанні телефонних ліній зв'язку.

Мережевий адаптер або **мережева інтерфейсна плата** – спеціальний апаратний засіб для ефективної взаємодії персональних комп'ютерів у мережі. Встановлюється в одне з вільних гнізд розширення шини комп'ютера, а кабель передачі даних під'єднується до роз'єму на цій платі. Мережевий адаптер використовується при кабельних лініях зв'язку.

З погляду комп'ютера, адаптер повинен ідентифікувати ПК у мережі і виконувати буферизацію даних між комп'ютером і кабелем.

З погляду комп'ютерної мережі, ця плата повинна генерувати електричні сигнали, що проходять по мережі, управляти доступом до мережі і забезпечувати фізичний контакт з кабелем.

Для організації комп'ютерної мережі необхідно встановити на кожний ПК мережеву плату і об'єднати всі комп'ютери за допомогою спеціального кабелю. Інколи необхідні для зв'язку компоненти вже встановлені на системній платі і тоді мережева плата не потрібна. У цьому випадку гніздо для мережевого кабелю розміщено на задній стінці системного блоку. Кабель для з'єднання мережевих компонентів визначає максимальну швидкість передачі даних та можливу віддаленість комп'ютерів один від одного.

Використовуючи лінію зв'язку і мережевий адаптер можна побудувати найпростішу мережу, але надійність і продуктивність такої мережі буде невисокою. Суттєво покращити характеристики мережі дозволять наступні **мережеві пристрої**:

- **комутатори** (англ. Switch – перемикач) – обладнання, яке призначене для об'єднання декількох комп'ютерів комп'ютерної мережі у межах одного сегмента мережі. Комутатор може мати різну кількість портів (зазвичай від 8 до 32);

- **концентратори** – об'єднуючий компонент, до якого підключаються всі комп'ютери в мережі. Нині майже не використовуються – їх замінили комутатори, які виділяють кожний підключений пристрій в окремий сегмент;

- **мости** – це пристрої, що з'єднують дві мережі, які побудовані за різними технологіями. Міст виконує перерозподіл інформаційних потоків між мережами;

- **повторювачі** – мережевий пристрій, який відновлює сигнали, спотворені при передачі;

- **маршрутизатори** – мережеве обладнання, яке на основі інформації про топологію мережі і визначених правил приймає рішення про пересилання пакетів мережевого рівня між різними сегментами мережі. Маршрутизатор визначає оптимальний маршрут передачі даних. Він допомагає зменшити навантаження мережі, завдяки поділу на домени, а також завдяки фільтрації пакетів. Їх

застосовують для об'єднання мереж різних типів, зокрема, несумісних по архітектурі і протоколам, а також для забезпечення доступу із локальної мережі у глобальну мережу Інтернет.

Для реалізації обміну даними у мережі, окрім наявності комунікаційного обладнання, необхідно встановити відповідне комунікаційне програмне забезпечення.

Комунікаційне або мережеве програмне забезпечення – це набір програм, що забезпечують роботу мережевого обладнання і обмін інформацією між комп'ютерами в мережі.

Мережеве програмне забезпечення поділяється на дві групи програм:

1. програми, які працюють з мережею на низькому рівні, вони забезпечують управління мережевим обладнанням з метою перетворення сигналів з одного виду на інші;

2. програми, які працюють з мережею на високому рівні, вони призначені для розпізнавання та опрацювання інформації залежно від її характеру та способу організації.

До **комунікаційного програмного забезпечення** входять:

– мережеві операційні системи – забезпечують доступ користувачів до ресурсів комп'ютерної мережі (наприклад, Windows NT, UNIX, Netware та ін.);

– програми управління мережами (наприклад, Proxu, Anyplace Control, MyChat та ін.).

З метою стандартизації взаємодії компонентів комп'ютерних мереж (принципів та правил) була розроблена модель мережевої архітектури під назвою «еталонна модель взаємодії відкритих систем» (OSI). OSI базується на моделі, яка була запропонована Міжнародним інститутом стандартів (ISO). Відповідно до цієї моделі мережа поділяється на 7 рівнів, кожному з яких відповідає протокол, одиниця виміру, певний набір функцій.

Для забезпечення необхідної взаємодії елементів комп'ютерної мережі розроблені і діють спеціальні стандарти, які називаються **протоколами**.

Протокол – це набір правил, які визначають взаємодію комп'ютерів мережі і описують спосіб виконання визначеного класу

функцій. Вони визначають характер апаратної взаємодії компонентів мережі (апаратні протоколи) та характер взаємодії програм та даних (програмні протоколи).

При об'єднанні комп'ютерів у мережу перш за все необхідно визначити спосіб організації фізичних зв'язків (топологію).

12.2. Класифікація комп'ютерних мереж

Класифікація комп'ютерних мереж здійснюється за такими ознаками.

1. За призначенням комп'ютерні мережі поділяються на:

- обчислювальні – призначені для розв'язання завдань користувачів з обміном даними між їх абонентами;
- інформаційні – орієнтовані на представлення інформаційних послуг користувачам;
- змішані – поєднують функції обчислювальних та інформаційних комп'ютерних мереж.

2. За типом комп'ютерів, які входять до складу комп'ютерної мережі:

- однорідні – комп'ютерні мережі, які складаються із програмно-спільних комп'ютерів;
- неоднорідні – комп'ютерні мережі, до складу яких входять програмно-несумісні комп'ютери.

3. За територіальним розташуванням комп'ютерні мережі поділяються на локальні, регіональні і глобальні мережі.

Локальна мережа – це мережа, що об'єднує комп'ютери, розташовані на невеликій відстані один від одного. Невеликі відстані між комп'ютерами дають можливість використовувати для зв'язку в локальних мережах звичайні проводові лінії. Окремим випадком локальної мережі є **корпоративна мережа**.

Локальні мережі є мережами закритого типу, доступ до них дозволений лише обмеженому контингенту користувачів, для яких робота у такій мережі безпосередньо пов'язана з їхньою професійною діяльністю.

Локальна мережа створюється для спільного використання та обміну інформацією між комп'ютерами, спільного використання ресурсів мережі. Ресурс мережі – це пристрої, що входять до апаратної частини деяких із комп'ютерів мережі, які доступні і можуть використовуватися будь-яким користувачем мережі. Ресурсами мережі можуть бути принтери, сканери, модеми, стримери, фотонабірні апарати, дискові накопичувані великої ємності, пристрої резервного копіювання інформації тощо.

Сучасні локальні мережі будуються на основі топології «зірка» з використанням концентраторів (хабів), комутаторів та кабелю. Дана технологія, що носить назву Fast Ethernet, дозволяє проводити обмін інформацією на швидкостях 100Мбіт/с, 1Гбіт/с, 10Гбіт/с та навіть 100Гбіт/с.

Комп'ютери, що входять у локальну мережу, поділяються на два типи: **робочі станції**, призначені для користувачів і **сервери**, які, як правило, недоступні для звичайних користувачів.

Сучасні локальні мережі дуже різноманітні і можуть мати у своєму складі один або кілька серверів, комп'ютери, які одночасно можуть бути як сервером, так і робочою станцією.

Регіональна мережа – це міські мережі між закладами в межах одного або декількох міст, які об'єднують багато локальних обчислювальних мереж.

Глобальна мережа – це з'єднання локальних мереж і окремих комп'ютерів, розташованих далеко один від одного, сумісна взаємодія яких забезпечується комунікаційною мережею передачі даних і спеціальними програмами мережевої операційної системи.

У таких мережах є додаткові пристрої для опрацювання великих обсягів даних та пересилання їх на велику відстань. Передусім, це сервери глобальних мереж, які є дуже потужними комп'ютерами. Через великі відстані між комп'ютерами використання звичайних провідних ліній зв'язку в глобальних мережах неможливе. Сучасні глобальні мережі використовують телефонний та супутниковий зв'язок. Проте зв'язок між серверами

глобальної мережі здійснюється не через звичайні телефонні лінії, а через виділені лінії або через спеціальні канали зв'язку.

Глобальні мережі є відкритими і орієнтовані на обслуговування будь-яких користувачів. Найбільшою у світі глобальною мережею є мережа Internet. Вона охоплює всю земну кулю. Глобальні мережі відрізняються від локальних тим, що вони розраховані на необмежену кількість абонентів, але при цьому не завжди використовують якісні канали зв'язку і високу швидкість передачі даних.

4. За типом функціональної взаємодії комп'ютерні мережі поділяються на:

- однорангові мережі.
- мережі на основі сервера.

Однорангова мережа — це локальна мережа, у якій пристрої підключено безпосередньо один до одного без будь-яких додаткових мережевих пристроїв між ними.

У мережах такого типу всі пристрої мають рівні можливості. Окремі користувачі самі відповідають за свої ресурси і можуть вирішити, до яких даних і пристроїв надати загальний доступ. У такій мережі немає центральної точки управління або адміністрування.

В **однорангових** (децентралізованих) мережах всі комп'ютери рівноправні, серед них немає ієрархії. Будь-який користувач може отримати доступ до даних, які зберігаються на довільному комп'ютері. У таких мережах відсутні виділені сервери, а кожен вузол одночасно є як клієнтом, так і сервером. Користувачі самі визначають, які дані на своєму комп'ютері зробити доступними для інших користувачів мережі. Як правило, однорангові мережі застосовуються при невеликій кількості користувачів, що компактно розташовані.

Мережі на основі сервера поділяються за ознакою технології використання сервера на такі:

1. технологія **«файл-сервер»**, за якої використовується файловий сервер, на якому зберігається більшість програм і даних.

На вимогу користувача йому пересилаються необхідна програма та дані. Обробка інформації здійснюється на комп'ютері клієнта.

2. технологія «**клієнт-сервер**», за якої існує один або декілька головних комп'ютерів – сервери, всі інші комп'ютери – клієнти (робочі станції) (рис. 12.3). Обмін даними здійснюється між клієнтом і сервером. Зберігання даних та їхня обробка виконується на потужному сервері, який виконує також контроль за доступом до ресурсів і даних. Робоча станція одержує тільки результати запиту.

Для отримання доступу до ресурсів у мережі клієнт-сервер користувач повинен мати унікальний ідентифікатор – ім'я користувача (login – логін) і пароль (password). Використання логіну і пароля для доступу до ресурсів мережі називається **ідентифікацією**.

Перевірка достовірності імені користувача паролем називається **аутентифікацією**.

Використання ідентифікації та аутентифікації називається **авторизацією**.

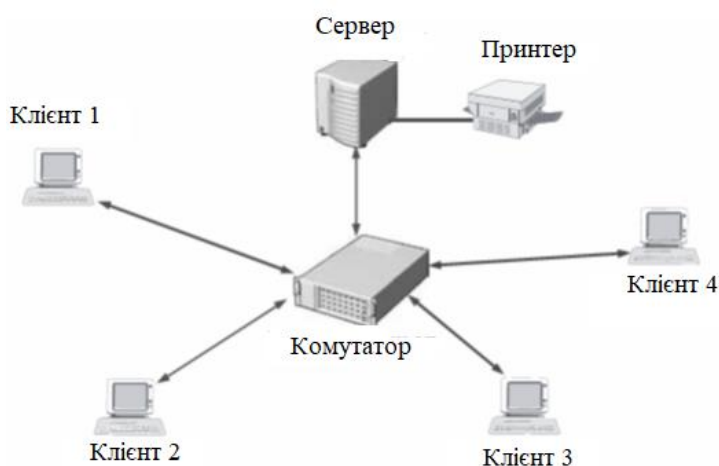


Рис. 12.3. Мережа "клієнт-сервер"

12.3. Основні характеристики комп'ютерних мереж

Основними характеристиками комп'ютерної мережі є наступні:

- мережева топологія – відображає просторове розташування мережевих вузлів та каналів зв'язку, яким визначається здатність мережевих компонентів приймати і передавати дані.

- мережеві протоколи – виражають формальний опис формату повідомлень і правил, за якими здійснюється обмін даними між вузлами мережі.

- мережеві інтерфейси – апаратні технічні засоби з'єднання функціональних вузлів.

- мережеві технічні засоби – пристрої, що забезпечують з'єднання абонентських систем в комп'ютерну мережу.

- мережеве програмне забезпечення – програмне забезпечення, що призначене для управління роботою комп'ютерної мережі і забезпечення інтерфейсу користувача.

До основних показників, що характеризують якість роботи комп'ютерних мереж, належать наступні: продуктивність, надійність і безпека, сумісність, керованість, прозорість, розширюваність і масштабованість.

1. Продуктивність мережі характеризують наступні параметри:

- **час реакції** - характеристика, яка визначається як інтервал часу між виникненням запиту користувача до будь-якої мережевої служби і одержанням відповіді на цей запит. Значення цього показника залежить від типу служби, до якої звертається користувач; від того, який користувач і до якого сервера звертається, а також від поточного стану елементів мережі – завантаженості сегментів, комутаторів і маршрутизаторів, через які проходить запит, завантаженості сервера і т. п.;

- **пропускна здатність** – характеристика, яка відображає обсяг даних, переданих мережею або її частиною за одиницю часу. Пропускна здатність вимірюється у бітах за секунду або в пакетах за секунду;

– **затримка передавання** – характеристика, яка визначається як інтервал часу (затримка) між моментом надходження пакету на вхід будь-якого мережевого пристрою або частини мережі і моментом появи його на виході цього пристрою. Цей параметр продуктивності за змістом близький до реакції мережі, але відрізняється тим, що завжди характеризує лише мережеві етапи оброблення даних, без затримок оброблення комп'ютерами мережі. Пропускна здатність і затримки передавання є незалежними параметрами, тобто мережа може мати, наприклад, високу пропускну здатність, але вносити значні затримки при передаванні кожного пакета;

2. Надійність і безпека.

Для оцінки **надійності** мереж використовуються наступні характеристики:

– **коефіцієнт готовності**, який визначає проміжок часу, протягом якого система може бути використана. Готовність може бути збільшена шляхом введення надмірності в структуру системи: ключові елементи системи повинні існувати в кількох екземплярах, щоб при відмові одного з них функціонування системи забезпечували інші;

– **безпека** – здатність системи захистити дані від несанкціонованого доступу;

– **відмовостійкість** – здатність системи працювати в умовах відмови деяких її елементів. У відмовостійкій системі відмова одного з її елементів призводить до деякого зниження якості її роботи, а не до повної зупинки;

3. Сумісність означає, що мережа здатна містити в собі найрізноманітніше програмне й апаратне забезпечення, тобто в ній можуть співіснувати різні операційні системи, і працювати апаратні засоби й додатки від різних виробників.

4. Керованість мережі – характеристика, яка визначає можливість централізовано контролювати стан основних елементів мережі, виявляти й розв'язувати проблеми, що виникають при роботі

мережі, виконувати аналіз продуктивності й планувати розвиток мережі.

В ідеалі засоби управління мережами являють собою систему, що здійснює спостереження, контроль і управління кожним елементом мережі – від найпростіших до найскладніших пристроїв, при цьому така система розглядає мережу як єдине ціле, а не як розрізнений набір окремих пристроїв;

5. Прозорість – характеристика, яка визначає властивість мережі приховувати від користувача деталі свого внутрішнього устрою, спрощуючи тим самим його роботу в мережі.

Прозорість мережі досягається в тому випадку, коли мережа подається користувачам не як безліч окремих комп'ютерів, зв'язаних між собою складною системою кабелів, а як єдина традиційна обчислювальна машина із системою поділу часу.

Прозорість може бути досягнута на двох різних рівнях – на рівні користувача й на рівні програміста.

На рівні користувача прозорість означає, що для роботи з віддаленими ресурсами він використовує ті ж команди й звичні йому процедури, що й для роботи з локальними ресурсами.

На програмному рівні прозорість полягає в тім, що для доступу до віддалених ресурсів потрібні ті ж виклики, що й для доступу до локальних ресурсів;

6. Розширюваність означає можливість порівняно легкого додавання окремих елементів мережі (користувачів, комп'ютерів, додатків, сервісів), нарощування довжини сегментів мережі і заміни існуючої апаратури більш потужною.

7. Масштабованість означає, що мережа дозволяє нарощувати кількість вузлів і довжину зв'язків в дуже широких межах, при цьому продуктивність мережі не погіршується.

12.4. Конвергенція комп'ютерних і телекомунікаційних мереж

Останнім часом відбувається взаємопроникнення різних за походженням і принципами роботи телекомунікаційних і комп'ютерних мереж, таких, наприклад, як мережі передачі комп'ютерних даних і мережі передачі голосового (телефонного) трафіку. Це свідчить про те, що еволюція мереж зв'язку відбувається в напрямі **конвергенції** (convergence – зближення, сходження в одну точку).

Конвергенція – процес взаємопроникнення та об'єднання різних телекомунікаційних технологій, мереж та послуг фіксованого і рухомого (мобільного) зв'язку, що дає можливість надання та отримання широкого спектра телекомунікаційних послуг незалежно від того, до якої телекомунікаційної мережі підключено кінцеве обладнання споживача і абонентом якого оператора (провайдера) телекомунікацій він є.

Сьогодні у багатьох напрямках йде конвергенція різних видів телекомунікаційних мереж. Цьому сприяє бурхливий розвиток аналогових та цифрових систем передавання інформації. Єдині способи передавання аналогових та дискретних сигналів дозволяють надавати послуги різних служб зв'язку. Розвиваються мережі і служби на основі IP-протоколів.

Під **конвергенцією** в телекомунікаціях розуміють забезпечення практично однакових наборів послуг різними за технологічними можливостями мережами, або об'єднання кінцевих пристроїв, таких як телефон, персональний комп'ютер і TV-приймач у єдиний термінал.

Конвергентні послуги – це об'єднані телекомунікаційні послуги фіксованого, у тому числі з використанням безпроводового доступу, та рухомого (мобільного) зв'язку, включаючи голосову телефонію та передавання даних, що одночасно отримуються абонентом незалежно від його місцезнаходження з використанням одного і того ж кінцевого обладнання.

Конвергенція передбачає створення конвергентних систем зв'язку на основі злиття мереж, які відрізняються цілим рядом ознак. Це перш за все мережі, які використовують різні телекомунікаційні технології, провідні та безпроводні мережі, стаціонарні та мобільні мережі, мережі доступу та транспортні мережі.

Конвергенція зумовлена прагненням мати однорідну інфраструктуру для тих чи інших послуг, навіть коли ці послуги підтримуються різними технічними рішеннями. Ці рішення можуть бути засновані на телекомунікаційних або інформаційних технологіях. Важливо відзначити, що конвергенція послуг призводить також до значного збільшення можливостей однієї окремо взятої послуги, як це відбувається, наприклад, у мультимедійних комунікаціях. Закономірно, що конвергенція послуг завжди припускатиме певний рівень конвергенції в технічних системах, які забезпечують ці послуги.

В умовах, коли окремі сегменти телефонної мережі заміщуються мережами передачі даних, які забезпечують також і транспортування голосу, виник новий підхід у телекомунікаційних технологіях – пакетна передача голосу (Voice over Internet Protocol, VoIP).

У сфері конвергенції мереж найбільший інтерес викликає той факт, що Інтернет-послуги можна надавати через лінії доступу телефонної мережі. Отже, можна розглядати конвергенцію як взаємодію між телефонною мережею та Інтернетом на межі телефонної мережі. Забезпечення послугами телефонії між користувачами Інтернету та користувачами телефонної мережі є одним із основних напрямів конвергенції мереж.

Перша спроба створення універсальної мультисервісної мережі, здатної надавати різні послуги, зокрема послуги телефонії і передавання даних, привела до появи технології **цифрових мереж з інтегральними послугами** – **ISDN** (Integrated Services Digital Network). Однак на практиці ISDN надає сьогодні в основному телефонні послуги. Сьогодні на роль глобальної мультисервісної мережі нового покоління, яка часто називається в англomовній

літературі Next Generation Network (NGN), або New Public Network (NPN), претендує Інтернет. Найбільшу привабливість зараз мають нові види комбінованих послуг, у яких сполучаються кілька традиційних послуг, наприклад, послуга універсальної служби повідомлень, що поєднує електронну пошту, телефонію, факсимільну службу й пейджинговий зв'язок. Найбільших успіхів досягла IP-телефонія, послугами якої прямо або побічно сьогодні користуються мільйони людей.

У цілому еволюція мереж у бік мультисервісної платформи фактично означає необмежені можливості розширення спектру споживчих послуг, особливо завдяки мережевим бізнес-додаткам, які активно розвиваються (наприклад, електронна комерція, дистанційна система навчання, мережеві відеоконференції та ін.)

Підсумовуючи вищезазначене можна констатувати, що конвергенція забезпечила перехід до мереж наступного покоління NGN, які мають на меті якісно змінити всі сфери життя й діяльності людини.

12.5. Інфокомунікаційна мережа

Інфокомунікації – це порівняно новий термін, що означає нерозривний зв'язок інформаційних і телекомунікаційних елементів інформаційного обміну.

Елементи розвиваються в процесі конвергенції, тобто взаємного проникнення та забезпечують доставлення сигналів електрозв'язку від джерел до споживачів із можливістю ідентифікації їхнього інформаційного змісту та використання оптимальних методів обробки сигналів, включаючи методи передавання, маршрутизації, перетворення сигналів, програмування.

Іншими словами, інфокомунікації – це об'єднання телекомунікацій з інформаційними, комп'ютерними технологіями та радіотехнологіями.

Процеси конвергенції, цифровізації та комп'ютеризації мереж зумовлені прагненням створити єдину мережу, здатну надавати

телекомунікаційні та інформаційні послуги інтегровано, а також забезпечувати можливість необмеженого розширення спектру різних послуг. Підкреслюючи нерозривний зв'язок інформаційних і телекомунікаційних компонентів у формуванні та наданні послуг мережею у технічній літературі часто використовують такі інтегруючі поняття, як «інфокомунікації», «інфокомунікаційна мережа».

Інфокомунікації – це сукупність мережевих ресурсів, призначених для спільної участі у виробництві та наданні телекомунікаційних, інформаційних та інших послуг інформаційного співтовариства.

Таким чином, інфокомунікації забезпечують можливість не лише перенесення в просторі інформаційних повідомлень та взаємодію інформаційних систем, а й виробництво нових послуг та інформації.

Інфокомунікаційна мережа — комплекс технічних засобів, інфокомунікацій та споруд, призначених для маршрутизації, комутації, передавання і/або приймання знаків, сигналів, письмового тексту, зображень і звуків або повідомлень будь-якого роду по радіо, проводових, оптичних чи інших електромагнітних системах між кінцевим обладнанням.

Глобальна інформаційна інфраструктура (global information infrastructure) – це взаємозв'язана сукупність різних інфокомунікаційних мереж, що поєднують вузли електрозв'язку, комп'ютерні засоби, пристрої побутової електроніки, забезпечуючи передавання інформації різних видів, організацію різних інфокомунікаційних служб, включаючи WWW, теленавчання.

Поняття **«інфокомунікаційна (інформаційна) мережа»** (Information Network, IN) передбачає розгляд телекомунікаційної мережі в сукупності із взаємодіючими за допомогою неї об'єктами. У такому розумінні інформаційна мережа – це «навантажена» телекомунікаційна мережа.

Поняття «інформаційна мережа», на відміну від поняття «телекомунікаційна мережа», є більш містким та узагальненим й

відображає різноманіття інформаційних процесів, які протікають в мережі. Ці процеси виникають у результаті взаємодії прикінцевих систем, що під'єднані до телекомунікаційної мережі.

Очевидно, що створення інфокомунікаційної мережі вимагає комплексного використання ресурсів мереж, а також істотно відмінних технічних рішень. І саме від складу й можливостей ресурсів такої багатофункціональної мережі залежить спектр послуг, які надаються.

Сукупність ресурсів мережі, задіяних у виробництві та наданні користувачам конкретної послуги або певного набору послуг, прийнято називати **платформою надання послуг**.

Інфокомунікаційну мережу як фізичний об'єкт зображено на рис. 12.4.

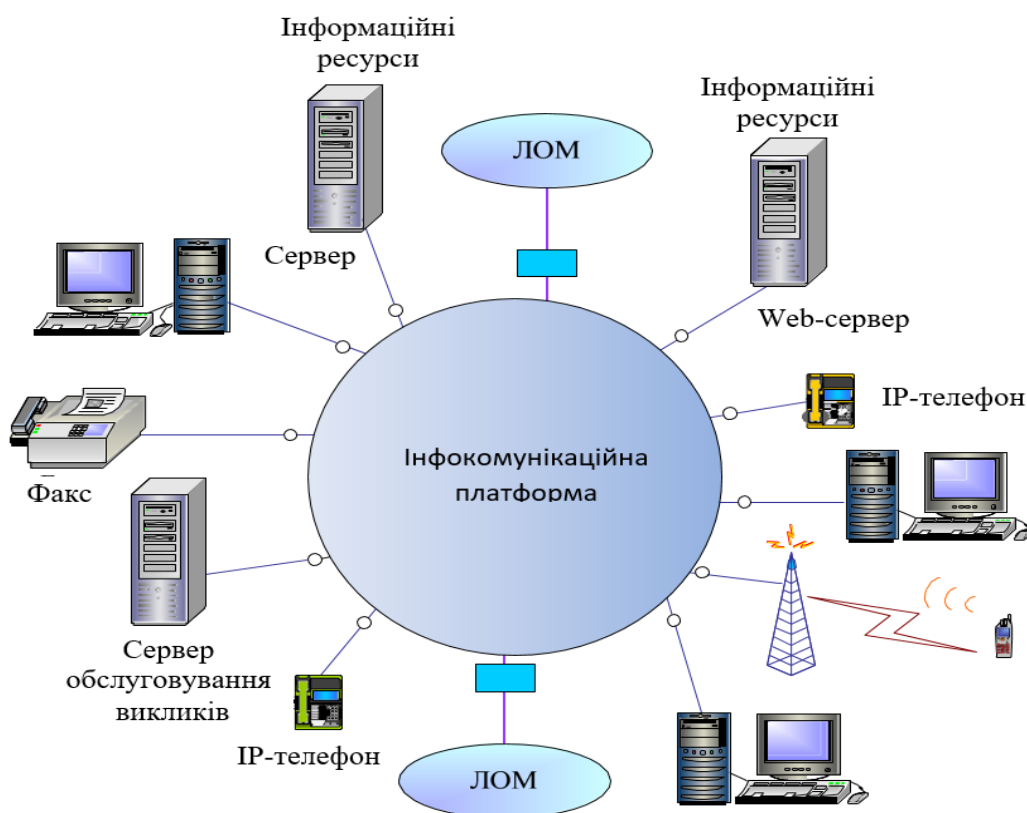


Рис. 12.4. Інфокомунікаційна мережа

Термінальними пристроями користувачів називають пристрої, призначені для роботи в мережі, якими є як прикінцеві пристрої

телекомунікаційних служб: телефонні апарати (стаціонарні, мобільні, IP-телефонії), пристрої телематичних служб (факсимільні апарати, телекси, відеотермінали тощо), так і багатофункціональні термінали на основі комп'ютерів.

Універсальну платформу надання широкого спектру послуг інфокомунікаційної мережі ще називають **«мультисервісною мережею»**. Її відмінною рисою є мережеве закінчення з універсальним відкритим інтерфейсом. Таким чином, інфокомунікаційна мережа дозволяє вирішувати найбільш актуальні завдання інформаційного співтовариства:

- надання користувачам можливості обміну інформаційними повідомленнями різного типу (голос, відео, дані);
- швидке та якісне отримання необхідної інформації з будь-якого віддаленого джерела в мережі;
- автоматизація процесів обробки, накопичення, зберігання великих обсягів інформації в мережі і, зрештою, самого процесу виробництва інформації.

ЛІТЕРАТУРА

1. Азарова А. О., Лисак Н. В. Комп'ютерні мережі та телекомунікації: навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 293 с.
2. Основи побудови засобів та систем телекомунікацій: навчальний посібник / Кичак В. М., Барась С. Т., Кравцов Ю. І. та ін. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 188 с.
3. Малюк В. Г., Іохов О. Ю., Сальніков О. М. Комп'ютерні мережі та телекомунікації: навч. посіб. – Харків: Акад. внутрішніх військ МВС України, 2011. – 163 с.
4. Левченко В. И. Радиоэлектроника: введение в специальность: конспект лекций. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2017. – 202 с.
5. 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.
6. Гикавий В. А., Городецька О. С. Телекомунікаційні та інформаційні мережі: лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 103 с.
7. Городецька О. С., Гикавий В. А., Онищук О. В. Комп'ютерні мережі. Навчальний посібник – Вінниця: ВНТУ, 2015. – 128 с.
8. Чекмарев Ю. В. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации. – М.: ДМК Пресс, 2009. – 184 с.
9. Ткаченко В. А., Касілов О. В., Рябик В. А. Комп'ютерні мережі та телекомунікації: навч. посіб. – Харків: НТУ "ХПІ", 2011. – 224 с.
10. Струтинська О. В. Інформаційні системи та мережеві технології: Навч. посіб. для дистанційного навчання / За наук. ред. М. І. Жалдака. — К.: Університет «Україна», 2008.— 211 с.
11. Оленченко В.Т. Телекомунікаційні та інформаційні мережі (Ч.1): навчальний посібник. – Х.: Національна академія Національної гвардії України, 2014. – 79 с.

12. Орлов, Д. Ю. Сети ЭВМ и средства коммуникаций: учеб. пособие. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 196 с.
13. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі: навчальний посібник:– Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.
14. Білінський Й,Й., Огородник К.В., Юкиш М.Й. Електронні системи: навч. пос. – Вінниця: ВНТУ, 2011. – 208 с.
15. Терентьев О.О. Вступ до фаху: Конспект лекцій. – Київ: КНУБА, 2016. – 313 с.
16. Штыков, В. В. Введение в радиоэлектронику: учебник и практикум для СПО. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 271 с.
17. Садовомский, А. С., Воронов С. В. Радиотехнические системы передачи информации: учебное пособие. – Ульяновск: УлГТУ, 2014. – 120 с.
18. Зырянов, Ю.Т., Белоусов О.А., Федюнин П.А. Основы радиотехнических систем: учебное пособие. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 144 с.
19. Урбанович, П. П., Романенко Д. М., Кабак Е. В. Компьютерные сети: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений по техническим специальностям. – Минск: БГТУ, 2011. – 400 с.
20. Кульпинов А. А. Введение в специальность: учебное пособие. – Ставрополь; СКФУ, 2014. – 130 с
21. Абрамов С.К. Лінії передачі: навч. посіб. – Х.: Нац.аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2009. – 70 с.
22. Дурнев В.Г., Зеневич А.Ф., Крук Б.И., Кубанов В.П. Электросвязь. Введение в специальность: учебн. Пособие. – М.:Радио и связь, 1988. – 240 с.