

§ 36. ПОШИРЕННЯ РАДІОХВИЛЬ. СТИЛЬНИКОВИЙ ЗВ'ЯЗОК. СУПУТНИКОВЕ ТЕЛЕБАЧЕННЯ

?

На зорі розвитку радіо для зв'язку застосовувалися хвилі в основному від 1 до 30 км. Хвилі, коротші за 100 метрів, узагалі вважалися непридатними для далекого зв'язку. Однак зараз короткі й ультракороткі хвилі набули найбільшого поширення. З'ясуємо, в чому їхня перевага.

1

Частотні діапазони радіохвиль

Радіохвилі — електромагнітні хвилі довжиною від 100 км (3 кГц) до 0,1 мм (3 ТГц).

Міжнародними угодами весь спектр радіохвиль, які застосовуються в радіозв'язку, поділено на діапазони (таблиця).

Діапазони частот

Найменування діапазону частот	Діапазон частот	Найменування діапазону хвиль	Діапазон довжин хвиль
Дуже низькі частоти (ДНЧ)	3–30 кГц	Міріаметрові	100–10 км
Низькі частоти (НЧ)	30–300 кГц	Кілометрові	10–1 км
Середні частоти (СЧ)	0,3–3 МГц	Гектометрові	1–0,1 км
Високі частоти (ВЧ)	3–30 МГц	Декаметрові	100–10 м
Дуже високі частоти (ДВЧ)	30–300 МГц	Метрові	10–1 м
Ультрависокі частоти (УВЧ)	0,3–3 ГГц	Дециметрові	1–0,1 м
Надвисокі частоти (НВЧ)	3–30 ГГц	Сантиметрові	10–1 см
Крайньо високі частоти (КВЧ)	30–300 ГГц	Міліметрові	10–1 мм
Гіпервисокі частоти (ГВЧ)	0,3–3 ТГц	Дециміліметрові	1–0,1 мм

2

Яких змін зазнають радіохвилі в процесі поширення

Радіохвилі поширюються у вакуумі зі швидкістю $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. У повітрі швидкість поширення радіохвиль трохи менша. Якщо хвилі падають на діелектрик, вони частково відбиваються, частково заломлюються; якщо на провідник — відбиваються; у будь-якому разі — частково поглинаються.

Проходячи поблизу поверхні землі, радіохвилі поступово слабшають. Це пов'язано з тим, що електромагнітні хвилі збуджують поблизу поверхні землі мікроструми, на що й витрачається частина енергії. Чим більша частота хвилі, тим більше енергії витрачається. Оскільки радіовипромінювання поширюється в усі боки, то чим далі від передавача перебуває приймач, тим меншою є об'ємна густина енергії, отже, тим менше енергії потрапляє в приймальну антену.

3 Які особливості поширення довгих, середніх і коротких хвиль

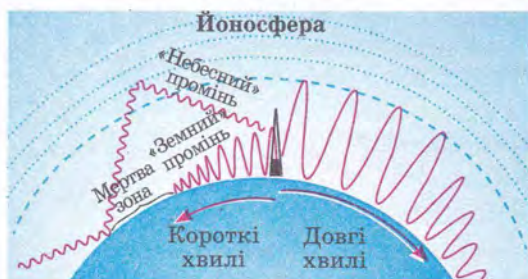


Рис. 36.1. Поширення довгих і коротких радіохвиль

Середні хвилі (хвилі довжиною від 100 м до 1 км) поширюються в межах 1 тис. км, оскільки можуть відбиватися тільки від йоносфери. Радіопередачі на середніх хвилях краще приймаються вночі, коли підвищується відбивна здатність йоносферного шару.

Короткі хвилі (від 10 до 100 м), відбившись від йоносфери, повертаються до Землі, відбиваються від поверхні Землі, знову спрямовуються до йоносфери, де знову відбиваються, і т. д. Так, багаторазово відбиваючись, радіохвиля може кілька разів обійти земну кулю (див. рис. 36.1).

З'ясовано, що висота, на якій радіохвиля відбивається від йоносфери, залежить насамперед від довжини хвилі. Чим коротша хвиля, тим більшою є висота, на якій вона відбивається, отже, тим більшою є «мертва зона». Ця залежність справджується лише для середніх і коротких хвиль. Для ультракоротких хвиль йоносфера є прозорою — хвилі пронизують її наскрізь і йдуть у космічний простір.

4 Які особливості поширення ультракоротких хвиль і в чому їхні переваги



Рис. 36.2. Поширення ультракоротких радіохвиль

Хвилі діапазону від 1 до 10 км називаються *довгими*. Радіопередачі довгохвильових станцій можна приймати на відстані до кількох тисяч кілометрів, оскільки довгі хвилі здатні огинати земну поверхню (рис. 36.1). Тому багато міжнародних радіостанцій ведуть мовлення на довгих хвилях. Саме з цієї причини даний діапазон хвиль виділений для морської навігації.

Радіохвилі ДВЧ-діапазону своїми властивостями більше нагадують світлові промені. Вони практично не відбиваються від йоносфери, дуже незначно огинають нерівності земної поверхні й поширюються в межах прямої видимості (рис. 36.2), тому дальність поширення ультракоротких хвиль є невеликою. Але в цьому є певна перевага для радіозв'язку. Оскільки хвилі цього діапазону поширюються в межах прямої видимості, то можна розташовувати радіостанції на відстані 150–200 км

одна від одної без взаємного впливу, що дозволяє різним станціям багато разів використовувати ту саму частоту.

За своїми властивостями радіохвилі УВЧ- і НВЧ-діапазонів ще ближчі до світлових променів. Серед їхніх властивостей є одна дуже цікава й важлива: *такі радіохвилі можна посилати вузькими пучками*, фокусуючи за допомогою параболічних антен. Можливість фокусувати високочастотні радіохвилі забезпечила їхнє широке застосування в радіолокації, зв'язку, супутниковому телебаченні. Річ у тім, що *вузький промінь менше розсіюється*, що дозволяє застосовувати менш потужні передавачі; *його простіше приймати*; до того ж *напрявлене випромінювання створює менше перешкод* іншим системам зв'язку.

5 Чому зв'язок за допомогою мобільних телефонів називають стільниковим

Особливості хвиль ультракороткого діапазону, а саме: можливість випромінювання вузьким пучком, поширення в зоні прямої видимості, невелика дальність поширення поблизу поверхні землі — забезпечили їх застосування в так званому *стільниковому зв'язку*.

Для стільникового зв'язку використовують електромагнітні хвилі частотою від 450 до 2000 МГц. Головна його особливість полягає в тому, що загальна зона покриття (зона прийому частот, у діапазоні яких працює оператор) ділиться на комірки (стільники). Кожна комірка перекривається окремою базовою станцією. Комірки, частково перекриваючись, утворюють мережу.

Стільниковий зв'язок — один із видів мобільного радіозв'язку, в основі якого лежить стільникова мережа.

Основні складники стільникової мережі — це стільникові телефони та базові станції, які працюють у тому самому частотному діапазоні. Спеціальне обладнання дозволяє визначити місцезнаходження абонентів і забезпечити зв'язок у випадку їх переміщення. Увімкнений стільниковий телефон, прослуховуючи ефір, знаходить сигнал базової станції, після чого посиляє станції свій ідентифікаційний код. Телефон і станція підтримують постійний радіоконтакт, періодично обмінюючись пакетами. Якщо телефон виходить із поля дії базової станції, він налагоджує зв'язок з іншою.

Стільникові мережі різних операторів з'єднані одна з одною, а також зі стаціонарною телефонною мережею. Це дозволяє абонентам одного оператора робити дзвінки абонентам іншого оператора, а також телефонувати з мобільних апаратів на стаціонарні й навпаки.

6 У чому перевага супутникового телебачення

Особливості ультракоротких радіохвиль (практично не відбиваються від іоносфери, їхня енергія помітно втрачається тільки поблизу поверхні землі, їх можна спрямувати вузьким пучком) забезпечили їх застосування в *супутниковому телебаченні*.

Супутникове телебачення — система передавання телевізійного сигналу від передавального центру до споживача через штучний супутник Землі, розташований на геостаціонарній навколоземній орбіті над екватором.



Рис. 36.3. Принцип супутникового телебачення

Нагадаємо, що супутник, який перебуває на геостаціонарній орбіті, обертається над екватором зі швидкістю Землі й ніби «висить» в одній точці. Принцип роботи супутникового телебачення такий. Із центральної керуючої станції на супутник передається високочастотний сигнал. Передавач, установлений на супутнику, передає цей сигнал на Землю, що дозволяє покрити досить велику територію. Приймальне обладнання складається із супутникової тарілки, конвертора, що знижує частоту прийнятого сигналу, і приймача (ресивера) (рис. 36.3).

Перевагою супутникового телебачення є те, що можна приймати сотні й тисячі телевізійних каналів, перебуваючи за тисячі кілометрів від передавальних телевізійних центрів.

Незважаючи на те що супутник «висить» нижче від йоносферного шару, можливості супутникового телебачення були б сильно обмежені, якби йоносфера не була прозорою, оскільки посланий на супутник сигнал частково відбивався б атмосферою і створював серйозні перешкоди.

7 Що таке радіолокація

Можливість спрямувати ультракороткі хвилі вузьким пучком (сфокусувати промінь) використовується і в радіолокації.

Радіолокація (від лат. *radius* — промінь і *locatio* — розміщення) — галузь науки й техніки, предметом якої є спостереження за допомогою радіотехнічних методів за різними об'єктами, їх виявлення, розпізнавання, визначення їхнього місцезнаходження.

У радіолокації використовують ультракороткі електромагнітні хвилі частотою від 100 до 1000 МГц. Радіолокаційний пристрій — **радар** — складається з передавальної та приймальної частин. Принцип дії радіолокатора є таким (рис. 36.4). Від потужного радіопередавача за допомогою параболічної антени посиляється імпульс гостро-напрямованої радіохвилі. Досягнувши цілі, радіохвиля відбивається від неї й повертається назад. Відбита хвиля вловлюється тією самою антеною й реєструється приймачем, який має додатковий вимірювальний пристрій — **індикатор**. Оскільки відбитий радіосигнал набагато слабший за посланий, то приймач має дуже високу чутливість, тому

під час посилення імпульсу його відключають від передавача.

Радіосигнали, які посилає радіолокатор, являють собою короткочасні (тривалістю мільйонні частки секунди), але дуже потужні імпульси радіохвиль. Щойно імпульс послано, антенний перемикач вимикає передавач і водночас вмикає приймач. Імпульси йдуть через рівні проміжки часу, причому паузи між імпульсами в сотні разів триваліші за самі імпульси. У цілому звичайний радіолокатор протягом години лише кілька секунд посилає радіосигнали, а решту часу «слухає» радіовідлуння.

Відстань s до об'єкта визначається часом t проходження радіоімпульсу до цілі й назад. Оскільки швидкість поширення електромагнітних хвиль у повітрі практично дорівнює швидкості поширення світла c у вакуумі, то:

$$s = \frac{ct}{2}.$$

На екрані індикатора, який нагадує екран телевізора, за допомогою спеціальної шкали спостерігач безпосередньо бачить, чому дорівнює відстань до об'єкта (рис. 36.5).

Якщо об'єкт перебуває на малій відстані від радара, то відбитий сигнал може надійти раніше, ніж закінчиться час випромінювання імпульсу, антенний перемикач не встигне ввімкнути приймач, і об'єкт не буде виявлено. Тому мінімальну відстань виявлення об'єкта можна визначити зі співвідношення:

$$s_{\min} = \frac{ct}{2},$$

де t — тривалість імпульсу.

Якщо об'єкт перебуває на дуже великій відстані від радара, то відбитий сигнал може надійти вже після посилення наступного імпульсу. Тому максимальну відстань виявлення об'єкта можна визначити зі співвідношення:

$$s_{\max} = \frac{ct_0}{2} = \frac{c}{2\nu_0},$$

де ν_0 — частота посилення імпульсу (не плутати з частотою коливань випромінюваного сигналу).



Рис. 36.4. Принципова схема роботи радіолокаційного пристрою



Рис. 36.5. У моменті посилення й приймання радіоімпульсу на екрані індикатора з'являються «сплески»: біля нульової позначки і біля позначки, що відповідає відстані до об'єкта. З рисунка видно, що один об'єкт перебуває на відстані 30 км, другий — 97 км


Зверніть увагу: збільшуючи проміжок часу між імпульсами, ми не зможемо досягти якої завгодно великої дальності виявлення об'єктів: у цьому випадку вона буде обмежена кривизною земної поверхні.

Радіолокація набула дуже широкого застосування в багатьох галузях життя людини. Без радіолокації неможливо обійтися, наприклад, у таких сферах:

1) метеорологічне забезпечення польотів, керування повітряним рухом, радіолокаційне забезпечення посадки повітряних суден і космічних апаратів, виявлення повітряних цілей, панорамний огляд поверхні, розпізнавання державної належності літальних апаратів;

2) визначення рельєфу поверхні морів і океанів, картографування берегової лінії, спостереження за біологічними явищами, проведення льодової розвідки;

3) визначення швидкості руху автотранспорту. Спосіб такого визначення ґрунтується на ефекті Доплера.

 **Ефект Доплера** — явище змінення частоти хвиль, які реєструє приймач, викликане рухом їхнього джерела і (або) рухом приймача.

Прояв ефекту Доплера є таким. Коли джерело хвиль наближається до приймача, частота хвиль, що їх реєструє приймач, збільшується. При цьому чим швидше наближається джерело, тим вища частота хвиль, що сприймаються. А коли джерело віддаляється від приймача, частота хвиль, що їх реєструє приймач, зменшується.

На ефекті Доплера ґрунтується дія радарів, що дозволяють визначати порушників правил дорожнього руху, які перевищують швидкість. Пістолет-радар випромінює радіохвильовий сигнал, який відбивається від металевого кузова машини, що рухається. Назад на радар сигнал надходить уже з доплерівським зміщенням частоти, значення якого залежить від швидкості руху машини. Зіставляючи частоти вихідного та вхідного сигналів, прилад автоматично обчислює й виводить на екран значення швидкості руху машини. ★



Підбиваємо підсумки

За однакової природи здатність радіохвиль до поширення значною мірою залежить від довжини хвилі. Кожна ділянка радіодіапазону застосовується там, де найкраще можуть бути використані її переваги.

Особливо широкого застосування останнім часом набули хвилі ультракороткого діапазону, оскільки за допомогою спеціальних антен їх можна спрямувати вузьким пучком, який менше розсіюється, що дозволяє використовувати менш потужні передавачі. Ультракороткі радіохвилі застосовують у стільниковому зв'язку, супутниковому телебаченні й радіолокації.

Стільниковий зв'язок — один із видів мобільного радіозв'язку, в основі якого лежить стільникова мережа.

Супутникове телебачення — система передавання телевізійного сигналу від передавального центру до споживача через штучний супутник Землі.

Радіолокація — виявлення й визначення місцезнаходження об'єктів за допомогою радіохвиль.



Контрольні запитання

1. Яких змін зазнають хвилі під час поширення?
2. Чому, коли радіохвилі проходять поблизу поверхні Землі, їхня енергія зменшується?
3. На які відстані можуть поширюватися довгі хвилі? Чому?
4. У чому основна перевага ультракоротких хвиль?
5. Що таке стільниковий зв'язок? Які принципи його роботи?
6. У чому переваги супутникового телебачення? Як організований супутниковий зв'язок?
7. Що таке радіолокація?
8. Опишіть принцип роботи радіолокаційної станції.
9. Якими чинниками обмежена відстань, на якій імпульсний радіолокатор здатен виявити об'єкт?
10. У яких сферах життя людини радіолокація набула застосування? ★
11. У чому полягає ефект Доплера?

ФІЗИКА ТА ТЕХНІКА В УКРАЇНІ



В. М. Яковенко

Інститут радіофізики та електроніки ім. О. Я. Усикова НАН України (Харків) (ІРЕ) створений у 1955 р. на базі відділу радіофізики Харківського фізико-технічного інституту АН УРСР. У цьому відділі працювали творці першого радянського радіолокатора О. Я. Усиков, С. Я. Брауде, І. Д. Трутень, І. С. Тургенів.

Серед напрямків діяльності ІРЕ: радіофізика, електроніка, фізика твердого тіла, дистанційне зондування природного середовища Землі, акустичний моніторинг донної поверхні морів, використання СВЧ-електроніки та ін. Ученими ІРЕ було передбачено та виявлено низку нових фізичних ефектів, зокрема аномальне проникнення електромагнітного поля в метали; розвинено кілька нових наукових напрямків (плазма в напівпровідниках, нелінійні явища радіохвиль).

Нині інститут очолює *Володимир Мефодійович Яковенко*, академік НАН України, доктор фізико-математичних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України.