

ЛЕКЦІЯ 4.

Особливості поширення УКХ

Анени УКХ діапазону

Ізотропний випромінювач

Симетричний вібратор

Основні характеристики антен

Особливості поширення УКХ

Хвилі УКХ діапазону в силу своєї малої довжини погано дифрагують навколо сферичної поверхні землі й великих нерівностей земної або іншої перешкоди. Тому в діапазоні УКХ антени прагнуть розташувати на значній висоті над поверхнею землі, тому що при цьому, по-перше, збільшується відстань прямої видимості й, по-друге, зменшується вплив, що екранує, місцевих предметів, що перебувають поблизу антени. Таким чином, у діапазоні УКХ, як правило, виконується умова, при якому висота розташування антени багато більше довжини хвилі й розрахунок напруженості поля можна вести по інтерференційних формулах. У діапазоні УКХ земна поверхня може розглядатися як ідеальний діелектрик. Тому зміна провідних властивостей ґрунту практично не позначається на поширенні УКХ. Разом з тим, навіть невеликі нерівності земної поверхні істотно змінюють умови відбиття УКХ від поверхні землі.

Характерною рисою поширення УКХ при цьому є більша стабільність і незмінність рівня сигналу в часі. Розрахунок E можна провадити по формулі Введенського.

У випадку значних відстаней у межах $0,2l_0 < l < 0,8 \cdot l_0$, необхідно враховувати вплив сферичності землі. Одночасно варто враховувати вплив рефракції шляхом використання поняття еквівалентного радіуса землі.

При таких відстанях на поширення УКХ впливають метеорологічні умови. Зі зміною коефіцієнта переломлення тропосфери міняється кривизна траєкторії хвилі, причому для прямого й відбитого від земної поверхні променів ці зміни можуть виявитися різними. У результаті змінюється різниця фаз між прямим і відбитим променями, внаслідок чого міняється рівень поля радіохвилі, відбувається так назване завмирання сигналу. Уздовж ліній зв'язку є більш-менш виражені нерівності, наявність яких впливає на поширення радіохвиль. У загальному випадку цей вплив не передбачається можливим. Однак дослідження показали, що клиноподібна перешкода (гірський кряж, високий пагорб) впливає на поширення радіохвиль не тільки при закритій, але й при відкритій трасі. Розрахунок таких трас роблять множенням напруженості електромагнітного поля на множник ослаблення V . Множник ослаблення залежить від довжини хвилі й величини просвіту d .

На трасах УКХ довжиною приблизно 100 - 150 км, що проходять через гірські кряжі висотою 1000 - 2000 м, спостерігається явище, назване посилення перешкодою. Це явище полягає в тім, що інтенсивність електромагнітного поля радіохвилі при деякій видаленні від перешкоди виявляється більше, ніж на тім же відстані від передавача на трасі без перешкоди. Розрахунок і експерименти показують, що така перешкода – ретранслятор може дати посилення напруженості електричного поля 60 - 80 дБ.

Анени УКХ діапазону

Пристрій, призначений для випромінювання й прийому радіохвиль, називається антеною. Передавальна антена перетворює енергію струмів високої частоти, створюваних генератором, в енергію електромагнітних хвиль. Приймальна антена виконує зворотнє завдання, створюючи на вході приймача напругу високої частоти.

Виходячи з принципу взаємності будь-яка передавальна антена при використанні її як приймальної зберігає свої основні характеристики, хоча конструктивно вони можуть відрізнитися. Принцип взаємності полягає в тім, що прийомні й передавальні антени оборотні. Усяка антена може бути як приймальною, так і передавальною. Оскільки теорія й

методи розрахунку передавальних антен простіше й краще розроблені, те будь-яку приймальною антену можна розраховувати як передавальну й з принципу взаємності поширити отримані результати на режим прийому.

Сучасні радіоелектронні апаратури працює в діапазоні хвиль довжиною від часток міліметра до десятків тисяч метрів. Конструктивні особливості антен, а також їхня характеристика значною мірою залежать від діапазону хвиль, у якому антени повинні працювати.

За призначенням антени умовно поділяють на наступні групи:

- антени радіомовних станцій;
- антени станції радіозв'язку (у тому числі РРЛ);
- радіолокаційні антени;
- телевізійні антени;
- радіоастрономічні антени.

Кожна із цих груп може містити антени різного конструктивного виконання.

За принципом дії й по конструктивному виконанню антени діляться:

- дротові (вібраторні), виконані з тонкої (у порівнянні з довжиною хвилі) дроту або товстих труб, діаметри яких іноді порівнянні з довжиною хвилі;
- антени оптичного типу (металеві дзеркала-рефлектори й лінзи);
- антени акустичного типу (металеві рупори);
- антени поверхневих хвиль (діелектричні антени, металеві стрижневі або площинні антени з діелектричним покриттям або періодичною структурою);
- щілинні (дифракційні) антени;
- антени, що випромінюють електромагнітні хвилі з обертовою поляризацією (спіральні, хрестоподібні й ін.).

У більшості антен у якості основних випромінюючих елементів застосовуються симетричні вібратори.

Ізотропний випромінювач

Під ізотропним випромінювачем розуміється такий пристрій, що рівномірно й однаково випромінює електромагнітну енергію в усі сторони.

Однак на практиці ненаправлених випромінювачів не існує. Кожна передавальна антена, навіть сама найпростіша, випромінює енергії нерівномірно й завжди є напрямком, у якому випромінюється максимум енергії.

Найпростішим або елементарним випромінювачем є електромагнітний електричний вібратор, що складається з дуже короткого в порівнянні з довжиною хвилі проведення, обтічний електричним струмом, амплітуда й фаза якого однакові в будь-якій точці проведення. Практичною моделлю елементарного вібратора є диполь Герца. Структура поля випромінювання диполя Герца має максимум у точці, що лежить на прямій, перпендикулярної диполю. Уздовж диполя поле = 0.

Симетричний вібратор

Складається із двох провідників однакової довжини, між якими включається живильна лінія - фідер, що з'єднує антену з передавачем.

Найбільше частот застосовується симетричний вібратор довжиною l у половину λ , називаний напівхвильовим вібратором рис.4.1.

Внаслідок відбиття струму й напруги в кінців провідів антен уздовж провідів установлюється стояча хвиля струму й напруги. Уздовж напівхвильового вібратора встановлюється половина хвилі струму й напруги, уздовж вібратора довжиною у хвилю - хвиля струму й напруги рис4.1. Однак у кожному разі на кінцях установлюється вузол струму й пучність напруги.

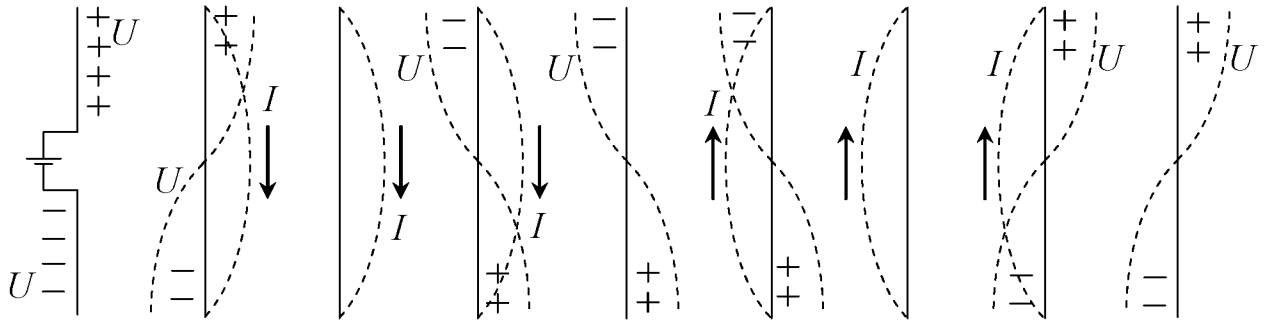


Рис.4.1.

Основні характеристики антен

Амплітудна характеристика спрямованості

Спрямовані властивості антен прийняті визначати амплітудною характеристикою спрямованості, тобто залежністю напруженості випромінюваного антеною поля $E(\theta, \varphi)$ у крапці спостереження при незмінній відстані. Графічне зображення амплітудної характеристики спрямованості називається діаграмою спрямованості, що зображується у вигляді поверхні, описуваної вихідної з початку координат радіусом-вектором, довжина якого в кожному напрямку пропорційна функції $F(\theta, \varphi)$.

Діаграму спрямованості будують як у полярній (рис.4.2а), так і в прямокутній (рис.4.2б) системі координат.

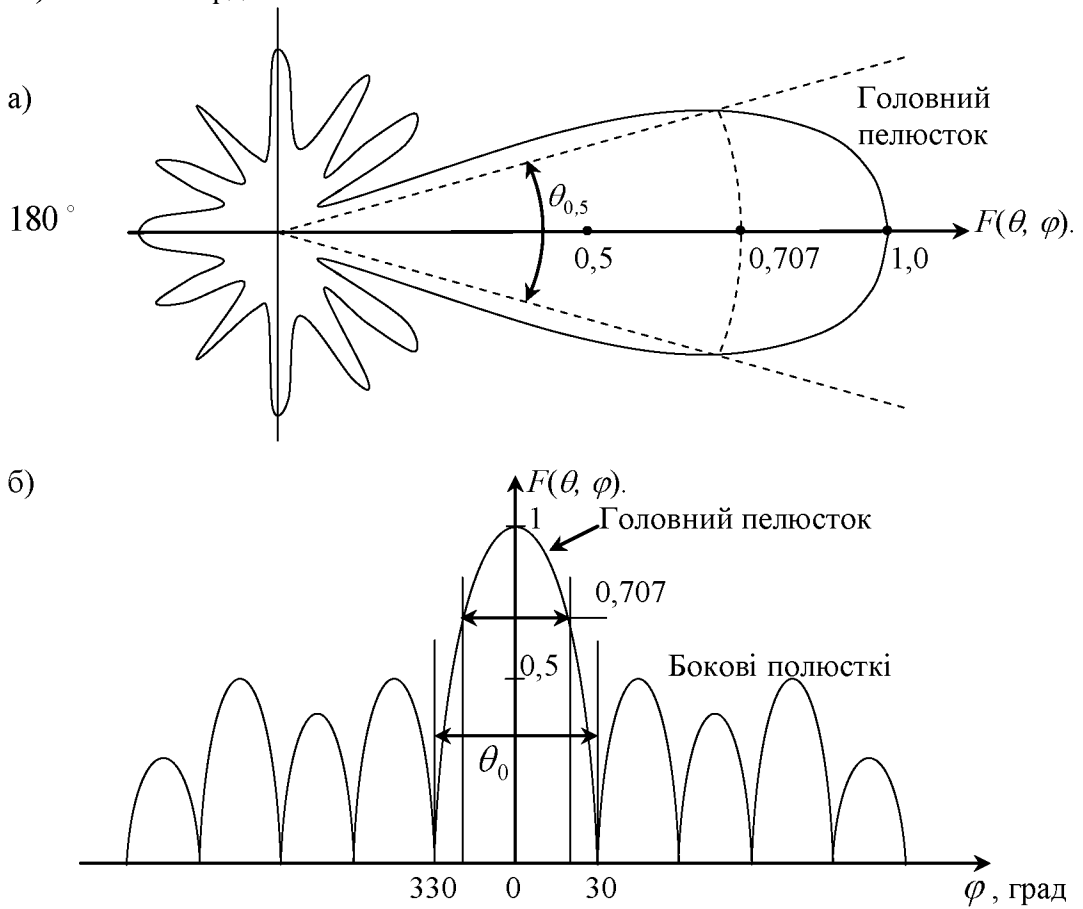


Рис.4.2.

Напрямок максимального випромінювання антен називається головним напрямком. А відповідний йому пелюсток - головним. Інші пелюстки є бічними. Напрямку, у яких антена не приймає й не випромінює, називаються нулями діаграми спрямованості.

Головний пелюсток характеризують шириною по половинній потужності $\theta_{0,5}$ і шириною по нулях θ_0 . Ширина $\theta_{0,5}$ визначається із ДС на рівні 0,707, він узятий виходячи з того, що потужність на рівні 0,5 і напруженість поля на рівні 0,707 зв'язані співвідношенням

$$P_{0,5} / P_{\max} = E_{0,707}^2 / E_{\max}^2 = 0,5.$$

Коефіцієнт спрямованої дії КСД характеризує здатність антени концентрувати випромінене електромагнітне поле в якому-небудь напрямку. Він являє собою відношення щільності потоку потужності, випромінюваного антеною в даному напрямку, до усередненого в усіх напрямках щільності потоку потужності. Іншими словами, при визначенні КСД антена рівняється з уявленою, абсолютно ненаправленою або ізотропною антеною, що випромінює ту ж потужність, що й розглянута.

Для апертурних антен

$$K_{\text{сд}} = 4\pi K_{\text{вик}} S_a / \lambda^2,$$

де: $K_{\text{вик}}$ – коефіцієнт використання випромінюючої поверхні КВП;

S_a – площа розкриву антени.

У більшості антен РРЛ і супутникових систем передачі ширина ДС по половинній потужності у вертикальній площині приблизно дорівнює ширині діаграми в горизонтальній площині.

Для обліку ККД реальної антени, вводиться поняття коефіцієнта підсилення КП антени, що визначається співвідношенням

$$G = \eta_a K_{\text{сд}},$$

де: $\eta_a = P_{\Sigma} / P_0$ - ККД антени;

P_{Σ} - випромінювана антеною потужність;

P_0 – потужність, що підводиться до антени

Коефіцієнт підсилення антени показує, у скільки разів варто зменшити потужність, що підводиться до антени, у порівнянні з потужністю, що підводиться до ізотропного випромінювача із ККД рівним 1, щоб напруженість поля в крапці прийому залишалася незмінної.

У діапазоні дециметрових і сантиметрових хвиль $\eta_a \approx 1$, тому

$$G = K_{\text{сд}}.$$

Коефіцієнт захисної дії КЗД вводиться для характеристики ступеня ослаблення антеною сигналів, прийнятих з побічних напрямків, і розраховується по формулі $K_{\text{зд}} = G_{\max} / G_{\text{поб}}$, де G_{\max} і $G_{\text{поб}}$ – коефіцієнти підсилення антени в напрямку головного пелюстка ДН і в побічному напрямку.

Опір випромінювання

Опір випромінювання антени $R_{\text{вип}}$ – показник, що має розмірність опору й зв'язує випромінювану потужність $P_{\text{изл}}$ зі струмом I_A , що протікає через яке – або перетин антени

$$R_{\text{вип}} = P_{\text{вип}} / I_A^2.$$

Тому що струми й напруги по довжині антени розподілені нерівномірно, те для округлення величини $R_{\text{вип}}$, у більшості випадків випромінювану потужність відносять до квадрата максимальної амплітуди струму (у пучності) або у квадратуру струму на вхідних затискачах антени.

Величина $R_{\text{вип}}$ залежить від співвідношення між розмірами антени й довжиною хвилі, форми антени й інших факторів.

Так, збільшення довжини відокремленого симетричного вібратора до $l = \lambda$, веде до росту опору випромінювання. Однак далі вона падає, потім знову зростає.

У загальному випадку $R_{\text{вип}}$ має комплексний характер.

Наприклад, для тонкого напівхвильового вібратора $R_{\text{вип}} = 73,1$ Ом, а $X_{\text{вип}} = 42,5$ Ом.

Збільшення товщини вібратора приводить до зменшення величини хвильового опору.

Хвильовий опір антени

Хвильовий опір антени Z_{0A} є одним з важливих параметрів. Розглядається хвильовий опір методами теорії довгих ліній.

Для одиночного циліндричного провідника довжиною l , до якого може бути віднесена антена у вигляді симетричного вібратора, розрахункова формула має вигляд

$$Z_{0A} = 120 \left(\ln \frac{l}{r_n} - 1 \right),$$

де: r_n – радіус провідника.

Збільшення товщини провідника приводить до зменшення хвильового опору.

Вхідний опір

Вхідний опір антени - показник, що представляє відношення напруги на затискачах антени до току, що протікає через них. У загальному випадку цей опір має комплексний характер

$$Z_{ABX} = R_{ABX} + iX_{ABX}$$

де: R_{ABX} – активна складова вхідного опору;

X_{ABX} – реактивна складова вхідного опору.

Опір втрат

Опір втрат визначається як:

$$R_{\Pi} = R_n + R_i + R_3,$$

де: R_n - опір втрат на нагрівання проводів;

R_i - опір втрат в ізоляторах антени;

R_3 - опір втрат у землі й у системах заземлення.

Ефективна площа антени

Ефективна площа антени характеризує ту частину площі фронту хвилі, з якої антена “витягає” радіочастотну енергію. Поняття ефективна площа антени застосовна для одновібраторних, багатовібраторних й інших складних приймальних антен. Кількісно вона визначається як відношення потужності P_{uzg} , що надходить із антени на вхід приймача, узгодженого з антеною, до щільності потоку потужності S радіохвилі в точці прийому

$$A_e = P_{uzg} / S.$$

$$A_e = \lambda^2 D / 4\pi .$$

Шумова температура антени

Для надспрямованих приймальних антен, підключених до приймачів високої чутливості, часто буває необхідно знати так названу шумову температуру $T_{\text{АШ}}$ антени. Вона визначається як температура резистора з опором, рівним вхідному опору антени, що, при підключенні до входу приймача, виділяє в ньому таку ж потужність шуму, як і сама антена. Потужність шумів антени (у ватах) при відомому значенні $T_{\text{АШ}}$ дорівнює

$$P_{\text{АШ}} = K T_{\text{АШ}} \Delta f,$$

де: $K = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Вт с/град;

Δf – смуга пропускання лінійної частини прийомного тракту, Гц.