**Житомирський Військовий Інститут**

**Національного Авіаційного Університету**

# Реферат

# на тему:

**Види, параметри та принцип роботи антен**

**Методи розширення смуги пропускання вібраторних антен**

**Смугою пропускання антени за вхідним опором** називають смугу частот, у межах якої вхідний опір антени змінюється у припустимих межах. Як правило, фідер узгоджують із антеною на середній частоті, при якій реактивний опір дорівнює нулю. Зміна частоти призводить до зміни активної складової та до виникнення реактивної складової вхідного опору. Зазвичай основну роль в узгодженні має зміна реактивної складової вхідного опору. Для настроєних у резонанс смуга пропускання вібраторів має бути пропорційна відношенню

 .

**До методів розширення смуги пропускання** **відносять**:

1. Зменшення хвильового опору ρа. Це досягається шляхом збільшення поперечних розмірів вібраторів (радіуса). Плечі таких вібраторів виготовляються у вигляді циліндрів, конусів та пластин. Для зменшення вони виготовляються із окремих провідників (вібратори Надененко та Айзенберга).
2. Збільшення активної складової вхідного опору вібраторів. Для цього використовують вібратори Пістолькорса.
3. Компенсаційний метод. Компенсується реактивна складова вхідного опору.

Для укорочення вібраторів встановлюють додаткові L або C на кінцях або на вході вібраторів залежно від знака реактивної складової.

Такі методи можуть розширити смугу пропускання до 50%.

**Спрямовані властивості систем із двох вібраторів**

***Вхідний опір двовібраторних антен***

Одинокий симетричний вібратор має недостатню спрямованість. Для підвищення спрямованості використовують системи однаково орієнтованих вібраторів – решітки вібраторів. ДС будь-якої решітки при відомих струмах у вібраторах визначається за допомогою правила Бонч-Бруєвича.

Розглянемо двовібраторні антени. До таких антен відносяться: система, що складається із двох паралельно розміщених активних вібраторів; система, що складається із активного вібратора та плоского ненастроєного рефлектора; система, що складається із активного та пасивного вібраторів. Між елементами таких систем існує електромагнітний зв’язок. Згідно з методом наведених ЕРС таку систему можна розглядати як систему двох зв’язаних контурів. Вхідний опір двовібраторної антени (рис.7.14) визначається на основі розв’язання алгебраїчних рівнянь Кірхгофа.

Позначимо напруги, що підводяться до вібраторів від джерел змінних ЕРС, через та , а струми на входах відповідно становлять . Рівняння Кірхгофа для такої системи мають вигляд

, (7.15)

де та − взаємні опори вібраторів;

 та − власні опори вібраторів.

Якщо перше рівняння системи (7.15) поділити на , то вхідний опір першого вібратора буде дорівнювати

 , (7.16)

де − комплексний опір, що вноситься у перший вібратор від другого.

Отже повний комплексний опір вібратора є сумою власного та внесеного опорів

 . (7.17)

Внесений опір залежить від АФР у системі із двох вібраторів, від відстані між вібраторами та їх взаємного розташування.

Якщо струми у вібратора однакові , то , тобто у даному випадку взаємний (внесений) опір не залежить від АФР струмів у вібраторах.

Таким чином, наявність вібраторів поруч призводить до взаємного впливу, що змінює вхідний опір. Зміна вхідного опору зумовлює зменшення потужності випромінювання через відбиття частки потужності до генератора. Останнє може привести до так званого ефекту “засліплення” Тому при практичному проектуванні багатовібраторних антен слід враховувати взаємний вплив її елементів один на одного.

***Система із двох паралельних активних вібраторів***

Будемо вважати вібратори напівхвильовими, що розміщені паралельно на відстані d один від одного (рис. 7.15).

Припустимо, що амплітуди струмів у вібраторах рівні, а фази струмів відрізняються на постійну величину Ф0.

Така антена є системою ідентичних однаково орієнтованих випромінювачів. Для неї, як відомо, справедливе правило Бонч-Бруєвича. Результуюча ДС дорівнює

.

Для напівхвильового вібратора

 . (7.18)

Множник системи дорівнює

 . (7.19)

Тоді результуюча ДС буде визначатися за виразом

 . (7.20)

Із виразу (7.20) випливає, що ДС двовібраторної системи залежить від співвідношення d/λ та фазового зсуву між струмами у вібраторах.

Розрахунки показують, що для синфазних (коли Фо=0) та протифазних (коли Фо=π) вібраторів ДС виходить порізаною. Тому використовують систему із фазовими зсувами між струмами у вібраторах π/2. Якщо відстань між вібраторами дорівнює d=λ/4, а струм у першому вібраторі відстає від струму в другому вібраторі на π/2, тобто Фо=π/2, то ДС має вигляд, що наведений на рис. 7.16, а, б.

ДС має один максимум, орієнтований у бік до випромінювача 2 із запізненням фази струму, та один нуль, орієнтований у бік до вібратора 1.

ДС системи є несиметричною .

КСД системи дорівнює D=3,5...4. Тому на практиці така система використовується рідко.

***Система із активного та пасивного вібраторів***

Система із активного та пасивного вібраторів (рис. 7.17) була запропонована В.В. Татариновим у 1925 році. У такій двовібраторній системі напруга живлення підводиться тільки до першого вібратора.

Струм у пасивному вібраторі збуджується полем активного вібратора. Залежно від відстані d між вібраторами та налагодження пасивного вібратора (його довжини, що становить 2ℓn) характеристики системи будуть різними.

У деяких випадках максимум ДС системи буде спрямованим у бік пасивного вібратора, у деяких випадках – протилежно. Відповідно пасивний вібратор називають директором або рефлектором.

Для знаходження характеристик системи (ДС, вхідного опору, КСД) необхідно насамперед визначити величину струму у пасивному вібраторі.

Система алгебраїчних рівнів Кірхгофа (7.15) для даного випадку набуває вигляд:

 . (7.21)

Із другого рівняння маємо співвідношення

 , (7.22)

та

 , (7.23)

, (7.24)

де , − комплексні амплітуди струмів в пасивному та активному вібраторах відповідно;

 − комплексний взаємний опір системи;

 − комплексний власний опір пасивного вібратора;

 − АФР струму в системі (Р–АР, φп−ФР).

У системі, що розглядається, довжина пасивного вібратора хоча і змінюється, але мало відрізняється від довжини активного вібратора. Тому величина R12 та X12 для різних d вибираються із таблиць взаємних опорів для напівхвильових вібраторів, а величина визначається згідно з формулою

 . (7.25)

При зміні довжини пасивного вібратора змінюється X22, відповідно змінюється й АФР у системі, тобто величини P та φп.

Відповідно до правила перемноження ДС система буде визначатися за співідношенням

 , (7.26)

де − ДС напівхвильового вібратора;

 − множник системи.

Система, що розглядається, можна подати у вигляді лінійної решітки із двох випромінювачів. Відомо, що множник системи для такої антени має вигляд

 . (7.27)

Розраховані за формулою (7.27) графіки множника системи для різних електричних відстаней d/λ та різної настройки пасивного вібратора наведені на рис. 7.18.

Із аналізу наведених графіків (рис. 7.18) можна сформулювати такі висновки:

при заданій відстані між вібраторами шляхом зміни довжини пасивного вібратора (величини х22 можна домогтися того, щоб він діяв, як директор або, як рефлектор;

при заданій довжині пасивного вібратора досягти такого ж ефекту можна зміною відстані між вібраторами.

Результуюча ДС системи f(θ) у площині Н (площині, що перпендикулярна вібраторам) збігається з множником системи

fН(θ)=60fсист(θ) . (7.28)

Результуюча ДС у площині Е визначається за виразом

 (7.29)

Вхідний опір активного вібратора матиме вигляд

 . (7.30)

Виділяючи дійсну та уявну частини, набудемо такі співвідношення

, (7.31, а)

 . (7.31, б)

Опір не враховує втрати в системі. Налагодження системи в резонанс здійснюється укороченням пасивного вібратора .

**КСД системи** слід розраховувати за загальною формулою для вібраторних антен

 . (7.32)

Як показують розрахунки, система дозволяє набути значення D=4...6. Необхідна форма ДС досягається шляхом зміни довжини пасивного вібратора та його віддалення від активного вібратора.

***Система активний вібратор – плоский ненастроєний екран***

Для отримання односторонньої ДС та розширення робочого діапазону частот використовують антену, яка складається із напівхвильового активного вібратора, що розміщується паралельно плоскому екрану на відстані h. Для наближеного розрахунку ДС системи, вважають, що екран нескінченний. Тоді відповідно до методу дзеркальних зображень [ ] дану систему можна замінити системою паралельних вібраторів, що віддалені один від одного на відстань 2h (рис. 7.19).

Для визначення ДС системи скористуємося формулою (7.20). Оскільки кут θ відраховується від осі системи і враховуючи, що фо=π, а d=2h, набудемо:

ДС в електричній площині дорівнює співвідношенню

 . (7.33)

ДС у магнітній площині дорівнює

. (7.34)

Розрахунки показують, що ДС у площинах Е та Н майже однакові, внаслідок чого КСД системи збільшується до 5...7. Оскільки екран ненастроєний, розширюється робочий діапазон частот. Тому така система широко використовується як первинний опромінювач дзеркальних антен.

**Особливості конструкції та спрямованих властивостей директорних антен**

З метою звуження ДС та підвищення КСД використовують директорну антену або антену типу “хвильовий канал” (в іноземній літературі – антена Яги або Уда-Яги). Така антена є лінійною дискретною системою, що складається із однаково орієнтованих та розміщених в одній площині одного активного вібратора, рефлектора та декількох директорів (рис. 7.20). Центри вібраторів приєднуються до металевої або діелектричної стріли.

Постановка більш одного рефлектора неефективна, оскільки поле за рефлектором слабке. Рефлектор розміщують на відстані (0,15...0,25)λ від активного вібратора. Кількість директорів, зазвичай, не перевищує 10...12. Відстань між ними (0,1...0,35)λ. Активний вібратор виготовляють на 3...5% коротшим напівхвильового; директори укорочені на 5...15%, а рефлектор на 2...5% довший напівхвильового. Директори збуджуються хвилею, що розповсюджується впродовж осі, утворюючи своєрідний “хвильовий канал”. Відповідно до цього директорна антена подібна антені біжучої хвилі.

Директорна антена формує ДС практично вісьосиметричної
форми. ШДС залежить від електричної довжини директорної антени, що визначається за відношенням L/λ (рис. 7.21).

Збільшення довжини антени призводить спочатку до більш швидкого, а потім до більш повільного звуження ДС. Це пояснюється більш слабким збудженням кожного наступного директора. Для здійснення умови 2θ0,5p<15o використовують синфазні антени із директорних антен.

До переваг директорної антени належать: простота та жорсткість конструкції, до недоліків – це вузькосмуговість та складність настройки. Антена використовується на УКХ.

**Логоперіодична антена**

Логоперіодичні антени належать до частотно незалежних антен. В основу роботи таких антен покладений принцип електродинамічної подібності, тобто при одночасній зміні довжини хвилі та всіх геометричних розмірів, в однаковій пропорції, основні параметри антени (вхідний опір та діаграма спрямованості) залишаються практично незмінними. Характерною особливістю частотно-незалежних антен є те, що одночасно (на заданій хвилі) у роботі приймає участь тільки частина антени. При зміні довжини хвилі робоча область, зберігаючи свої відносні розміри (у долях хвилі), переміщується вздовж антени.

Одна із можливих конструкцій логоперіодичної антени наведена на рис. 7.22.

На рис. 7.22 показана двопровідна лінія, до якої приєднані симетричні вібратори. Довжина вібраторів та відстань між ними збільшуються у міру віддалення від початку антени так, що всі вібратори виявляються подібними, а лінії, що з’єднують їх кінці, утворюють постійний кут α для даної антени.

Коефіцієнт подібності τ (безрозмірний період структури) пов’язує довжину сусідніх вібраторів 2ℓi−1 та 2ℓi, а також і відстані цих вібраторів Ri−1 та Ri до вершини кута α співвідношенням

 . (7.35)

Розглянемо принцип дії логоперіодичної антени. Оскільки вібратори відрізняються один від одного за довжиною, то всі вони резонують на різних частотах. На деякій частоті fo, яка є резонансною для одного з вібраторів, вхідний опір такого вібратора стає чисто активним і дорівнює близько 73 Ом, а вхідний опір решти вібраторів буде комплексним. При цьому їх реактивні складові будуть тим більшими, чим більше довжина кожного відрізняється від резонансної. Це, в свою чергу, призводить до істотного зменшення струмів у вібраторах, що віддалені від резонансного, і зменшенню, внаслідок цього, їх впливу на сумарне поле випромінювання. Воно буде визначатися, так званою, активною областю антени (резонансним та найближчими до нього двома-трьома вібраторами). Нехай антена збуджується на хвилі, для якої вібратор 3 настроєний у резонанс. При цьому, оскільки довжина вібратора 4 є більшою за резонансну, а довжина вібратора 2 менша резонансної, то наведений, завдяки просторового зв’язку, струм у вібраторі 4 буде випереджати за фазою струм у вібраторі 3, а струм у вібраторі 2 буде відставати від струму у вібраторі 3. Отже, короткий вібратор 2 відіграє роль директора, а більш довгий вібратор 4 – рефлектора. Тому подібні антени випромінюють енергію переважно у межах однієї напівсфери у бік початку антени. Якщо частота генератора зменшиться і стане дорівнювати τfo, то розпочне резонувати наступний, більш довгий вібратор. Збільшення частоти до значення fo/τ викликає резонанс у більш короткому вібраторі.

Тому на всіх частотах, що дорівнюють

 , (7.36)

де fi − резонансна частота i-го вібратора.

ДС антени практично не змінюється.

Оскільки, при відображенні за логарифмічною шкалою, резонансні частоти повторюються через однакові інтервали, що дорівнюють

, (7.37)

то антени і набули назву логоперіодичних. На резонансних частотах f1, f2,…,fn електричні параметри антени практично зберігаються незмінними. Всередині інтервалів f1−f2, f2−f3, … , fn−1−fn ДС та вхідний опір дещо змінюються.

ДС логарифмічної антени визначається кількістю вібраторів активної зони та амплітудними (фазовими) співвідношеннями струмів у вібраторах. У свою чергу, кількість вібраторів активної зони і співвідношення струмів в них залежить від геометричних параметрів антени τ та α.

Найдовша хвиля робочого діапазону визначається максимально припустимими розмірами антени, довжиною вібратора, що резонує на найдовшій хвилі, довжина якою дорівнює 2ℓмакс=λмакс/2.

Найкоротша хвиля робочого діапазону обмежується можливою точністю побудови вібратора поблизу точок збудження (ℓмін=λмін/4). Граничні частоти робочого діапазону повинні вибиратися так, щоб за вібратором, що резонує на λмакс, було б розміщено один-два більш
довгих вібраторів (рефлекторів), а перед вібратором, що резонує на λмін (ближче до точок живлення), два-три більш коротких вібраторів (директорів).

Практично, за допомогою логоперіодичних антен можна набути ДС, яка мало змінюється у головних площинах і коефіцієнт біжучої хвилі Кб у фідері (з відповідним хвильовим опором) не нижчий за 0,6...0,7. Оскільки у випромінюванні одночасно приймає мала кількість вібраторів, то ДС отримується достатньо широкою. Типова ДС логоперіодичної антени у двох головних площинах наведена на рис. 7.23.

Збільшення τ (до значення не більше 0,95) при незмінному α призводить до звуження ДС, оскільки при цьому збільшується кількість вібраторів, що входять в активну (робочу) область антени.

У розглянутій антені вібратори були розміщені в одній площині. На практиці знаходять застосування також і просторові логоперіо-дичні антени. Конструкція такої антени наведена на рис. 7.24. У такій антені провідники фідера розміщені під деяким гострим кутом γ один до одного, а плечі вібраторів, що приєднані до провідників фідера, знаходяться у різних площинах.

При цьому діапазонні властивості антени зберігаються практично незмінними, а максимум випромінювання у площині Н виявляється орієнтованим вздовж бісектриси кута γ в сторону точок живлення. ДС у площині Е (площина, що проходить через бісектрису кута γ та паралельна осям вібратора) приблизно така ж як і в плоскій антені. ДС у площині Н (площина YOZ) суттєво залежить від кута γ і при правильному його виборі може стати вужчою, ніж у площині Е. ШДС у площині Н залежить також від кута α: чим менший цей кут (чим довша активна частина антени), тим більш гострою буде ДС.

Логоперіодичні антени використовуються для КХ та УКХ зв’язку, часто використовують як опромінювач дзеркальної антени.

Перевагою логоперіодичних антен над директорними є їх широкодіапазонність.

Логоперіодична антена може працювати у дуже широкому діапазоні частот (коефіцієнт перекриття частотного діапазону дорівнює S=10 та більше).

**Типи щілинних випромінювачів**

Щілинні випромінювачі являють собою вузькі щілини, що прорізані у стінці хвилеводу, резонатора, коаксіального кабелю та на смужковій лінії (рис. 7.25, а).

Ширина щілини становить (0,03…0,05)λ, довжина їх близько півхвилі.

Щілини прорізаються так, щоб вони перетиналися лініями
поверхневих струмів, що протікають по внутрішнім стінкам хвилеводу або резонатора.

Можливі різні положення щілин (рис. 7.26, а): поперечна щілина 1; повздовжня щілина 2; похила щілина 3.

Форма щілини теж може бути різною (рис. 7.26, б): прямолінійна − 1; кутова − 2; гантелеподібна − 3; хрестоподібна − 4.

**Спрямовані властивості та параметри елементарної щілини**

На основі відомого із теорії електромагнітного поля принципу перестановочної подвійності Пістолькорс А.А. у 1944 році сформулював такий **принцип подвійності:**

розв’язок рівнянь Максвела для магнітного поля, що набутий для даних граничних умов буде справедливим і для електричного поля, якщо у граничних умовах обидва поля поміняти місцями

де − вектор щільності електричного струму;

 − фіктивний вектор щільності магнітного струму.

При застосуванні принципу подвійності Пістолькорса до відомої з електродинаміки структури поля елементарного електричного вібратора можна отримати поле від елементарної щілини (ℓщ<<λ).

Аналогічно можна знайти поле від напівхвильової щілини, якщо відоме поле від симетричного напівхвильового вібратора.

ДС напівхвильової щілини та напівхвильового симетричного вібратора однакові (рис. 7.27).

З аналізу наведених ДС випливає, що:

ДС щілини та вібратора однакові (тороїдальні);

електричні та магнітні площини міняються місцями, тобто екваторіальна магнітна площина для вібратора переходить в електричну для щілини, а мередіальна електрична площина для вібратора переходить у магнітну для щілини і навпаки.

Таким чином, поляризація хвилі від вібратора збігається з його віссю, а від щілини − перпендикулярна до осі щілини.

**Хвилеводно-щілинні антени**

Одна щілина має недостатньо спрямовані властивості. Для збільшення спрямованості та отримання ДС певної форми використовуються багатощілинні антени, що являють собою лінійні та двомірні решітки.

Найважливішим типом таких антен є хвилеводно-щілинні антени (ХЩА), що є системою напівхвильових щілин, які прорізані у
стінках хвилеводу. Найчастіше використовують прямокутні хвилеводи з хвилею Н10.

За особливостями збудження розрізняють дві групи ХЩА: резонансні та нерезонансні.

**Резонансні антени** (рис. 7.28)− це антени, у яких відстані між щілинами та їх розміщення забезпечують синфазність їх збудження.

При поперечних щілинах на широкій стінці хвилеводу або повздовжніх щілинах на вузькій стінці відстань між сусідніми щілинами дорівнює λх (рис. 7.28, а). Такі антени називаються **прямофазними**. Якщо повздовжні щілини розміщені на широкій стінці хвилеводу (рис. 7.28, б), то ця відстань дорівнює λх/2. Додатковий зсув фази на π відбувається через те, що поперечна складова поверхневого струму змінює свій напрямок при переході середньої лінії широкої стінки хвилеводу (рис. 7.29).

Антени, у яких сусідні щілини мають додатковий зсув фази на π, називаються **зміннофазними**.

Через синфазність щілин головний максимум ДС резонансних антен перпендикулярний до осі хвилеводу (рис. 7.29).

Резонансні антени зазвичай працюють у режимі стоячої хвилі, для забезпечення якого в кінці антени (хвилеводу) розміщують короткозамкнений поршень (рис. 7.30).

Відстань між поршнем та останньою щілиною для решіток із повздовжніми щілини має дорівнювати

,

а для решіток із поперечними щілинами дорівнює

.

Найбільш доцільною у практичному застосуванні є антена, що наведена на рис. 7.28, б, оскільки відстань λ/2≈0,7λ між щілинами забезпечує відсутність дифракційних максимумів (хвиля Н10).

Недоліком резонансних антен є їх вузькосмуговість − це режим доброго узгодження та синфазність збудження зберігаються у смузі частот, яка не перевищує декількох відсотків. Пояснюється це так. На основній частоті відбиття від щілин, що розташовані на відстані λх або λх/2 одна від одної, додаються у фазі. При незначній зміні частоти це вже не має місця, і узгодження антени з хвилеводом живлення різко порушується. Викривляється її ДС, оскільки при відхиленні частоти порушується синфазність живлення щілин.

**Нерезонансні антени** − це антени, у яких на відміну від резонансних відстань між щілинами дещо більша, або менша λх/2 або λх (рис. 7.31 а, б).

Збудження щілин зазвичай відбувається біжучою хвилею. Тому щілини збуджуються несинфазно і вздовж антени встановлюється лінійний фазовий розподіл. Максимум головної пелюстки ДС відхилений на деякий кут від перпендикуляра до осі хвилеводу в бік розповсюдження хвилі при відстані між щілинами , та у протилежному напрямку, якщо .

Відбита від кінця антени хвиля призводить до появи паразитної пелюстки, що розташовується симетрично з другого боку від перпендикуляра до осі хвилеводу відповідно до пелюстки, яка зумовлена падаючою хвилею. Для уникнення відбитої хвилі в кінці антени розміщується поглинаюче навантаження. У цьому навантаженні поглинається 5…20 % вхідної потужності.

**Переваги** нерезонансних антен перед резонансними такі:

більший робочий діапазон;

можливість електронного сканування ДС шляхом зміни нахилу лінійного фазового розподілу. Останнє досягається зміною частоти живлення хвилеводу, що призводить до зміни фазової швидкості розповсюдження хвилі у хвилеводі і, відповідно, до зміни величини зсуву фаз між сусідніми щілинами;

простота та відсутність частин, що виступають за межі поверхні, на який прорізані щілини. Це зумовлює широке їх застосування у літальних апаратах.

Для розширення смуги пропускання використовуються гантелеподібні щілини, а для випромінювання хвиль з коловою поляризацією − хрестоподібні.

**Недоліком** багатощілинних нерезонансних антен є послаблення інтенсивності збудження у міру наближення до поглинаючого навантаження. Даного недоліку можна уникнути поступовим збільшенням відстані між шілинами та середьою лінією хвилеводу в міру наближення до кінця антени. У міру відділення повздовжньої щілини від середньої лінії, як відомо, інтенсивність її випромінювання збільшується і тому експоненціальний амплітудний розподіл наближається до рівномірного. Оскільки щілина випромінює в один бік, то КСД у 2 рази більший ніж у симетричного вібратора.

Спрямовані властивості багатощілинних антен оцінюють аналогічно лінійним рівномірним прямофазним решіткам.

# Рамкові антени

***Рамкові антени*** − це дротяні антени у вигляді квадратних, кругових, ромбічних, трикутних і таких інших рамок.

До рамкових антен відносять:

малі рамкові антени (периметр рамки значно менший довжини хвилі);

діапазонні рамкові антени (периметр рамки можна порівняти з довжиною хвилі).

**Малі рамкові антени**

***Електричні малі рамки.***

Геометричні розміри таких антен значно менші довжини хвилі .

Конструктивно електрична рамка − це один або декілька послідовно з’єднаних витків провідника, намотаних на діелектричний корпус, які розміщені у вертикальній площині (рис. 7.32 а, б).

Вертикальні розміри рамки можуть бути від декількох сантиметрів до десятків метрів залежно від її призначення.

До основних параметрів рамки відносять:

1. Амплітудне значення електрорушійної сили, яка наводиться вертикально поляризованою хвилею у рамці, що має N витків буде дорівнювати

, (7.39)

де − хвильове число;

N − кількість витків, що має рамка;

S − площа рамки;

Eм − амплітуда напруженості електричного поля, яке падає на
рамку;

θ − кут падіння електромагнітної хвилі до площини рамки відносно нормалі.

Максимальне значення εм буде при θ=90о

 . (7.40)

2. Реактивна складова вхідного опору має індуктивний характер, і для налагодження рамки у резонанс використовують високодобротні конденсатори.

3. ДС рамки має вигляд “вісімки”, F(θ)=sinθ, яка знаходиться у площині перпендикулярній до площини рамки і проходить через її вісь (рис. 7.33), та має вигляд кола в площині рамки.

4. Діюча довжина рамки

. (7.41)

5. Опір випромінювання можна знайти так

,

Тобто

 (7.42)

. (7.43)

Оскільки у малої рамкової антени , то її опір випромінювання RΣ дуже малий, і її можна використовувати на довгих та середніх хвилях, як приймальні антени.

***Рамкові антени з магнітним осердям***

Збільшити дожину рамкової антени можна через використання магнітного осердя з магнітною проникністю μос>>1. Діюча довжина такої антени визначити за виразом

 .

де μос − залежить від магнітної проникності осердя та його форми.

Конструкція рамкової антени з магнітним осердям наведена на рис. 7.34

Оскільки діюча довжина ℓд збільшується в μос разів, то відповідно буде збільшуватися і електрорушійна сила, яка наводиться в рамці .

Такі рамки іноді називають магнітними антенами.

Осердя виготовляють із магнітодіелектриків (пермалою, феритів, сплаву алюмінію, кремнію та заліза тощо). При збільшенні відношення ℓ/d магнітна проникність μос збільшується, тому осердя магнітних антен виготовляють порівняно довгими.

**Діапазонні (хвильові або резонансні) рамкові антени**

У резонансних рамкових антен периметр приблизно дорівнює довжині хвилі λ (рис. 7.35).

Довжина кожної сторони приблизно дорівнює чверті довжини хвилі.

Хвильові рамки застосовуються у діапазоні УКХ як приймально-передавальні антени тому, що опір випромінювання резонансних рамкових антен більший, ніж у малої рамкової антени.

Дійсно, згідно з виразом (7.43) маємо співвідношення

~ .

Мала рамкова антена має , а хвильова − (Sмп<<Sxв).

Щодо ДС хвильової рамкової антени, то її спрямовані властивості схожі із властивостями вібратора Пістолькорса (симетричного вібратора). Максимум випромінювання відбувається по нормалі до площини рамки, поляризація − горизонтальна.

Для збільшення спрямованості використовують декілька рамкових антен, що встановлюються одна за одною вздовж загальної осі (подібно директорним антенам).

**Список використаної літератури**

1. Антенны и устройства СВЧ. Н.Т. Бова, Г.Б. Резников, Киев, «Вища школа», 1982.

2. Антенно – фидерные устройства, А.З. Фрадин, «Связь», 1977.

3. Ресурси мережі інтернет.