

ДВО- ТА БАГАТОДІАПАЗОННІ РУПОРНІ ОПРОМІНЮВАЧІ ДЗЕРКАЛЬНИХ АНТЕН

Дубровка Ф.Ф., Овсяник Ю.А.

На сьогоднішній день, як і раніше, провідне місце серед антен надвисоких частот належить дзеркальним антенам. Дзеркальні антени мають відмінні електричні характеристики, порівняно просту конструкцію та низьку вартість і тому широко використовуються як у стаціонарних, так і в мобільних станціях систем супутникового зв'язку, радіорелейних станціях, радарів різного призначення та радіоастрономії.

Відомо що, діапазонні властивості дзеркальних антен майже цілком визначаються діапазонними характеристиками опромінювачів. Для одержання гарних характеристик необхідно, щоб діаграми спрямованості опромінювачів були вісесиметричними та мали низькій рівень бічного випромінювання. Крім того, в сучасних дзеркальних антенах використовується поляризаційне рознесення каналів, що, з одного боку дозволяє в двічі збільшити інформаційну ємність радіосистем, а, з іншого, висуває додаткові вимоги до опромінювачів, зокрема – це низький рівень кросполяризаційного випромінювання, та використання різних ортогональних поляризацій у різних діапазонах частот.

Найпоширенішими серед конічних рупорних опромінювачів багатодіапазонних антен є рупорні опромінювачі: коаксіальні, багатохвильові (або багатомодові), гофровані та рупори з частковим діелектричним заповненням.

Коаксіальні опромінювачі

Простий дводіапазонний коаксіальний опромінювач (рис.1) представлено в роботах [1, 2]. Він складається із двох співвісно розташованих круглих хвилеводів, кожний з яких забезпечує незалежну одночасну роботу в

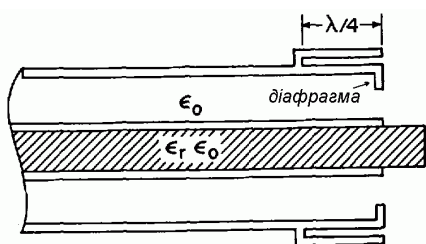


Рис. 1. Дводіапазонний коаксіальний опромінювач

двох діапазонах частот з рознесенням 1,5:1. Діаметри зовнішнього та внутрішнього хвилеводів вибрані з умови поширення хвилі H_{11} в обох робочих діапазонах частот. Високочастотний внутрішній круглий хвилевід коаксіальної структури повністю заповнений діелектриком, що подовжується у вигляді короткого діелектричного стержня за межі апертури.

Симетрія діаграми спрямованості (ДС) та зменшення рівня бічного випромінювання у низькочастотному робочому діапазоні частот забезпечується завдяки реактивній діафрагмі на апертурі опромінювача [3] та чверть хвильовій корот-

козамкненій канавці, яка обмежує затікання струмів на зовнішню поверхню рупора. ДС у високочастотному робочому діапазоні частот формується діелектричним стержнем, збудженим внутрішнім круглим хвилеводом.

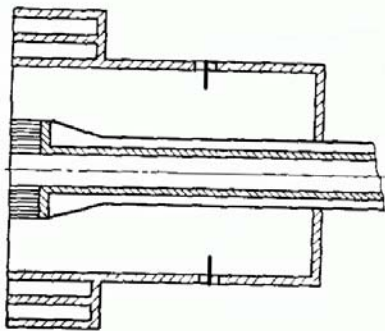


Рис. 2. Коаксіальний опромінювач з дросельними канавками

Стабільні фазові характеристики та віссиметричні діаграми спрямованості має опромінювач дециметрового та сантиметрового діапазонів хвиль [4], який працює на колових поляризаціях. Конструкція опромінювача показана на рис. 2. Хвилі колової поляризації створюються за допомогою поляризатора, що дозволяє одержати поля обох напрямків обертання. Фазовий центр ВЧ опромінювача знаходиться на апертурі внутрішнього круглого хвилеводу. ДС віссиметрична та має однакову фазову характеристику в межах

головного пелюстка. Низькочастотний опромінювач побудовано на основі коаксіального хвилеводу, в якому поширюється хвиля H_{11} , що забезпечується відношенням діаметрів зовнішнього та внутрішнього хвилеводів у межах $1,4 \div 3,6$. Для збудження хвиль з коловою поляризацією у НЧ опромінювачі використовується дві пари металевих штирів, розташованих в ортогональних площинах. Амплітуди струмів на усіх штирях рівні, але мають фазовий зсув 90° в ортогональних площинах. Симетрування ДС відбувається за допомогою концентричних дросельних канавок, які розташовані навколо зовнішньої труби коаксіального та внутрішнього круглого хвилеводів.

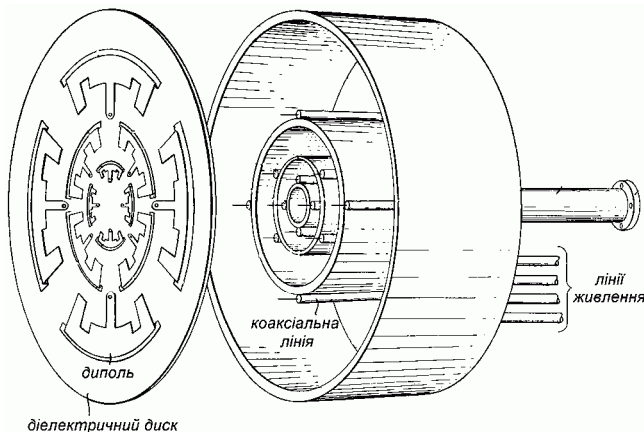


Рис. 3. Трьохдіапазонний коаксіальний опромінювач

В обох робочих діапазонах частот опромінювача рівень КСХН $\leq 1,05$, розв'язка між хвилями колових поляризацій протилежних напрямків обертання не менше 45 дБ у смузі частот 10 МГц.

В [5] запропоновано трьохдіапазонний коаксіальний опромінювач. Він складається із трьох кільцеподібних порожнин, розміщених симетрично відносно центрального круглого хвилеводу (рис. 3). До утвореної в такий спосіб коаксіальної апертури прикріплений діелектричний диск із системою плоских диполів спеціальної форми. Кільцева область збуджується парою ортогональних диполів. Кожен диполь пари складається із двох пліч та ободка, який з'єднується з лінією живлення прокладеною по внутрішній

стілці порожнини. Фази полів у лініях живлення вибирають так, щоб одержати сумарні та різницеві ДС в ортогональних площинах. Геометричні розміри областей та диполів вибираються відповідно до діапазону робочих частот. Збільшення робочої смуги у межах кожного діапазону можливо за рахунок модифікації форми диполів, а також, введенням металевих гребенів у коаксіальні області (на рис. 3 не показано).

Багатомодові рупори

У 1963 році П. Д. Поттер запропонував новий підхід [6] до створення конічних рупорів з низьким рівнем кросполяризаційного випромінювання та симетричною діаграмою спрямованості. Суть цього підходу полягає в

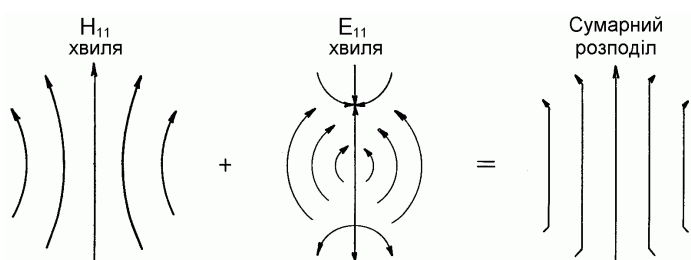


Рис. 4. Векторна діаграма Е-поля хвиль H_{11} , E_{11} та сумарного розподілу Е-поля на апертурі рупора

тому, що в конічному рупорі, окрім хвилі основного типу H_{11} , за допомогою вісесиметричної неоднорідності (сходина, канавка) збуджують хвилі вищого типу, зокрема E_{11} . Змінюючи форму, геометричні розміри та положення неоднорідності у рупорі під-

бирають амплітудний та фазовий розподіл хвилі E_{11} таким чином, щоб сумарний розподіл поля на апертурі рупора був таким (рис. 4), який забезпечує симетричну ДС, низький рівень бічного та кросполяризаційного випромінювань.

На основі цієї ідеї розроблено велику кількість одно- та дводіапазонних вісесиметричних рупорів.

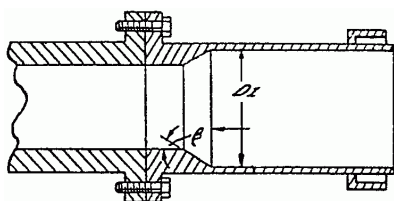


Рис. 5. Дводіапазонний рупорний опромінювач

Проста конструкція (рис. 5) дводіапазонного опромінювача для короткофокусного параболічного дзеркала запропонована в [7]. Діаметр апертури рупора Dl вибирають із наступних міркувань:

— для низькочастотного діапазону розмір апертури складає приблизно одну довжину хвилі, що разом з чвертьхвильовою короткозамкненою канавкою, яка обмежує затікання струмів на зовнішню поверхню рупора, забезпечує однакову ширину ДС в ортогональних площинах, низький рівень бічного та кросполяризаційного випромінювань;

— розмір апертури Dl для високочастотного діапазону вже достатній для існування вищих типів хвиль, які збуджуються за допомогою скосу β . Змінюючи параметри симетричної неоднорідності, добиваються бажаних характеристик випромінювання у ВЧ діапазоні.

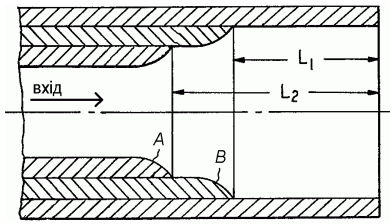


Рис. 6. Дводіапазонний опромінювач з двома кільцевими неоднорідностями

Інша конструкція дводіапазонного рупора [8] показана на рис. 6. Опромінювач складається з трьох хвилеводів різного діаметру які поєднані між собою за допомогою двох симетричних кільцевих неоднорідностей зі змінним радіусом. Живлення рупору здійснюється за допомогою круглого хвилеводу, розміри якого вибрані з умови поширення лише хвилі основного типу H_{11} для обох робочих діапазонів частот. Неоднорідності A та B поступово збільшують поперечний розмір рупора збуджуючи хвилю E_{11} спочатку для ВЧ діапазону (після першої неоднорідності), а потім і для НЧ діапазону (після другої неоднорідності). Змінюючи форму та розміри неоднорідностей, а також

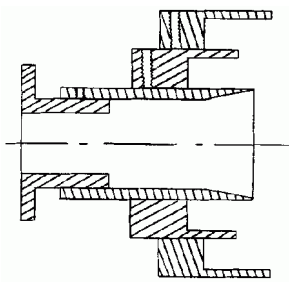


Рис.7. Рупор Поттера з кільцями

відстані L_1 та L_2 , підбирають амплітудний та фазовий розподіл хвилі E_{11} таким чином, щоб сумарний розподіл поля на апертурі рупора забезпечив бажані характеристики випромінювання в обох робочих діапазонах частот.

Рупор Поттера з кільцями [9-12] показано на рис. 7. У ВЧ діапазоні хвиля E_{11} збуджується завдяки сходинці, яка утворюється при з'єднанні двох круглих хвилеводів різних діаметрів. При відповідному амплітудному та фазовому розподілі між хвилями H_{11} та E_{11} на апертурі рупора, напруженість поперечної компоненти електричного поля біля металевої стінки зменшується. Скалярні кільця, що розташовані на зовнішній поверхні рупора, майже не приймають участі у формуванні ДС високочастотного діапазону. Короткозамкнені канавки, довжина яких приблизно $\lambda/4$ на середній частоті низькочастотного діапазону, утворюють високоімпедансну поверхню для цього діапазону частот, обмежуючи затікання струмів на зовнішню поверхню. Завдяки такій конструкції вдалося досягти рівня кросполяризаційного випромінювання < -30 дБ у 10 % смузі частот [12].

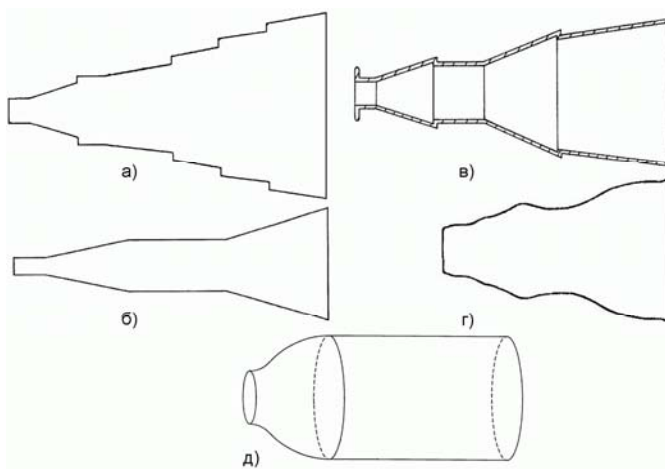


Рис. 8. Профілі опромінювачів

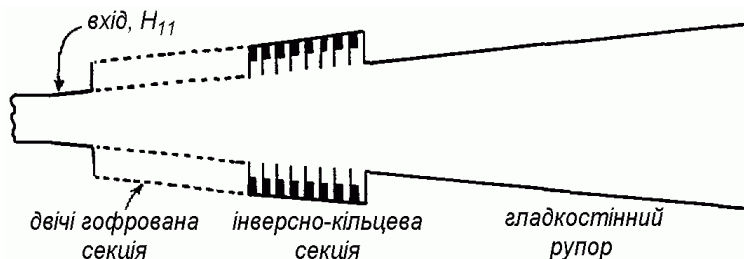
За рахунок вісесиметричних трансформаторів хвиль [13-20],

хню для цього діапазону частот, обмежуючи затікання струмів на зовнішню поверхню. Завдяки такій конструкції вдалося досягти рівня кросполяризаційного випромінювання < -30 дБ у 10 % смузі частот [12].

Профілі опромінювачів з різними видами неоднорідностей для великих дзеркальних антен земних станцій супутникового зв'язку показано на

таких як сходинок, канавки, скоси та часткове профілювання, збуджують спектр вищих типів хвиль з азимутальним індексом $m = 1$ та регулюють амплітудно-фазовий розподіл поля на апертурі рупора. Слід зазначити, що при використанні рупора одночасно у декількох діапазонах частот, робочі частоти мають рознесення, кратне довжині хвилі.

В опромінювачі, запропонованому в роботі [21], для забезпечення бажаного амплітудно-фазового співвідношення між хвилями H_{11} та E_{11} у двох робочих діапазонах частот, використовуються інверсно-кільцева та гофрована секції (рис. 9). Гофрована секція менш дисперсійна та більш широкосмугова в порівнянні зі



звичайними сходиною або канавкою, що традиційно використовуються у рупорах Поттера [22].

Подвійне гофрування секції забезпечує одночасну роботу в двох діапазонах частот (робоча смуга частот майже 13% у НЧ діапазоні та 8% у ВЧ діапазоні) з напівоктавним рознесенням діапазонів. На вхід рупора подається хвиля H_{11} . Секція з подвійним гофруванням забезпечує перетворення хвилі H_{11} у гібридний тип HE_{11} для обох діапазонів. Інверсно-кільцева секція, що розташована відразу за перетворювачем типів хвиль, також, має подвійне гофрування, але виконує дещо іншу функцію. Для НЧ діапазону вона створює поверхню високого імпедансу (так само як і гофрована секція). Тому низькочастотна хвиля не відчуває переходу від перетворювача типів хвиль до інверсно-кільцевої секції. На вході гладкостінної частини рупора гібридна хвиля зникає, збуджуючи, з відповідною амплітудою, хвилі електричного та магнітного типів. Змінюючи відстань до апертури змінюють фазове співвідношення між хвилями H_{11} та E_{11} у НЧ діапазоні.

Для ВЧ діапазону інверсно-кільцева секція створює поверхню низького імпедансу, тобто високочастотна гібридна хвиля HE_{11} зникає, після перетворювача типів хвиль, збуджуючи хвилі H та E типів, вже безпосередньо в інверсно-кільцевій секції. Таким чином, відповідний амплітудний розподіл між хвилями H_{11} та E_{11} забезпечується двічі гофрованою секцією, а фазове співвідношення регулюється окремо в кожному з діапазонів за рахунок зміни довжини гладкостінної частини рупора та інверсно-кільцевої секції.

Результати проектування дводіпазонного опромінювача (рис. 10) для великого радіотелескопа Паркеса (Австралія) розглянуто в роботах [23-27]. Телескоп Паркеса складається з прямофокусної параболічної антени (діаметр дзеркала 64 м, фокусна відстань 26,24 м) та дводіпазонного, двополяризаційного коаксіального опромінювача, що працює у 10 см та 50 см діапазонах довжин хвиль [25, 26].

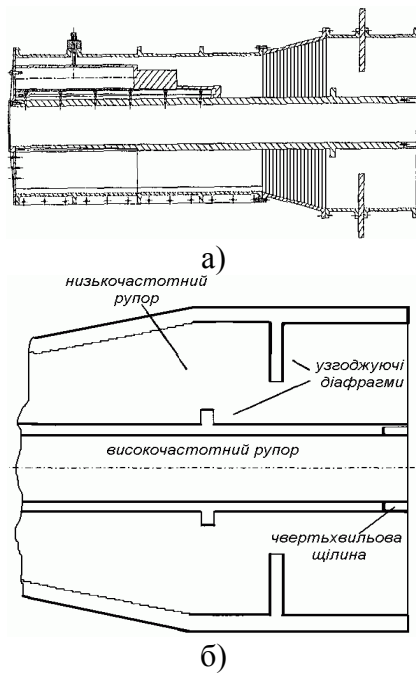


Рис. 10. Дводіапазонний опромінювач радіотелескопа Паркеса:
а) загальний вигляд;
б) збільшена проекція апертурної секції

Основні вимоги до опромінювача – це одночасна робота на двох лінійних ортогональних поляризаціях (з розв’язкою між каналами > 30 дБ) у двох значно рознесених діапазонах частот. На рис. 10 а і б показано загальний вигляд рупора та збільшена проекція апертурної секції.

Для відокремлення робочих діапазонів частот застосовується коаксіальна структура, де внутрішній хвилевід служить опромінювачем ВЧ діапазону. Для покращення характеристик випромінювання, тобто симетрування ДС та зменшення рівня кросполяризаційного випромінювання, на апертурі ВЧ рупора зроблена чвертьхвильова короткозамкнена канавка. В регулярній секції низькочастотного рупора розміщено дві симетричні узгоджувальні діафрагми для компенсації відбиття від 3-х сходинок, що розміщені у фідерній частині, а також ступінчастого трансформатора, який використовується для зменшення повздовжніх розмірів рупора [28].

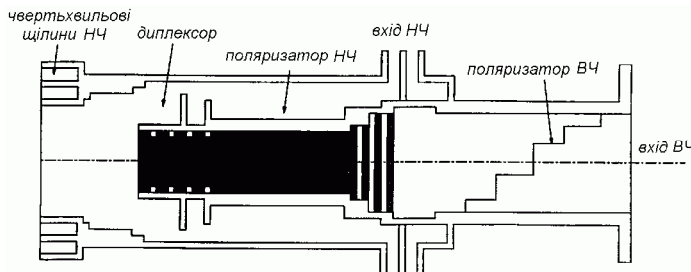


Рис. 11. Опромінювальний модуль для хвиль з коловою поляризацією

Компактний дводіапазонний коаксіальний опромінювач (рис. 11) з рознесенням робочих діапазонів частот 2:3 запропоновано в [29]. Рупор спроектовано з умови мінімізації рівня кросполяризаційного випромінювання у смузі частот, що знаходиться між частотами

відсічки хвиль H_{11} та E_{11} у круглому хвилеводі та роботі на ортогональних колових поляризаціях. Опромінювач складається з:

— відрізка круглого хвилеводу, що виконує роль загальної апертури для обох робочих діапазонів частот. Діаметр апертури рупора складає близько $1,1\lambda$ у ВЧ діапазоні, що забезпечує відмінні характеристики випромінювання. Короткозамкнені щілини на зовнішній поверхні рупора мають, приблизно, напівхвильову довжину у високочастотному діапазоні, і тому майже не впливають на формування ДС. Для НЧ діапазону вони обмежують затікання струмів на зовнішню поверхню рупора, так як мають глибину біля $0,25\lambda$, створюючи поверхню високого реактивного імпедансу;

- диплексера — для розділення робочих частотних діапазонів;
- поляризатора НЧ діапазону — для перетворення хвиль з коловими поляризаціями протилежних напрямків обертання у дві хвилі з лінійними ортогональними поляризаціями;
- ортомодового перетворювача НЧ діапазону, який відокремлює ортогональні лінійнополяризовані хвилі;
- поляризатора та ортомодового перетворювача високочастотного діапазону.

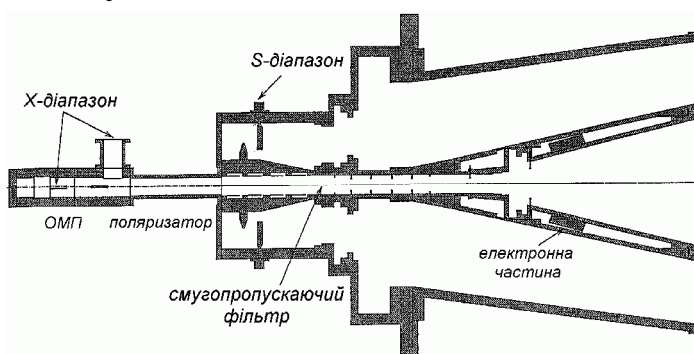


Рис. 12. Дводіапазонний опромінювач дзеркальної антени наземної станції супутникового зв'язку

Дводіапазонний опромінювач дзеркальної антени земної станції супутникового зв'язку запропоновано в роботах [30, 31]. Рупор побудовано за ідеєю Поттера [6, 22] на основі коаксіальної структури (рис. 12). Опромінювач забезпечує одночасну роботу в двох діапазонах частот (2,2 – 2,3 ГГц та 8,0 – 8,4 ГГц) на двох

ортогональних колових поляризація. Крім того, у рупор вмонтовано слідкуючий електронний пристрій для корекції кута максимуму ДС з напрямком на супутник. Електронна частина вмонтована всередині високочастотного рупора, між зовнішньою стінкою рупора X-діапазону та внутрішньою коаксіальною частиною S-діапазонного рупора.



Рис. 13. Рупор Ka-діапазону з повздовжнім гофруванням

Ще один цікавий підхід до проектування рупорів Поттера подано у працях [32-35]. Регулювання амплітудно-фазового розподілу у загальному дводіапазонному рупорі відбувається за допомогою секції з повздовжнім гофруванням (рис. 13). Змінюючи повздовжні розміри гофрованої секції, кількість та висоту гофри знаходять такий амплітудно-фазовий розподіл на апертурі рупора між хвилями H_{11} , E_{11} та H_{12} в обох діапазонах частот, що забезпечує бажані характеристики випромінювання. В роботах подано результати проектування дводіапазонного рупора на частотах 17,7 – 20,2 ГГц та 27,5 – 30 ГГц, максимальний рівень кросполяризаційного випромінювання склав – 25 дБ та – 30 дБ відповідно.

Гофровані рупори

На даному етапі розвитку антенної техніки, напевне, найбільш поширеною конструкцією опромінювачів для дзеркальних антен земних станцій супутникового зв'язку є гофровані рупори. Гофрування – це штучно ство-

рена поверхня у рупорі, яка дозволяє отримати у широкій смузі частот симетричну ДС і низький рівень кросполяризаційного випромінювання та забезпечує можливість поляризаційного рознесення радіосигналів [36].

Перші патенти і публікації за даним напрямком належать С. С. Катлеру [37], А. Ф. Кею [38, 39], В. Х. Рамсею [40] та Міннету і Томасу [41].

Гофри мали певне застосування і раніше у якості чвертьхвильових короткозамкнених канавок для обмеження затікання струмів на зовнішню поверхню рупорів [7, 9, 25, 29].

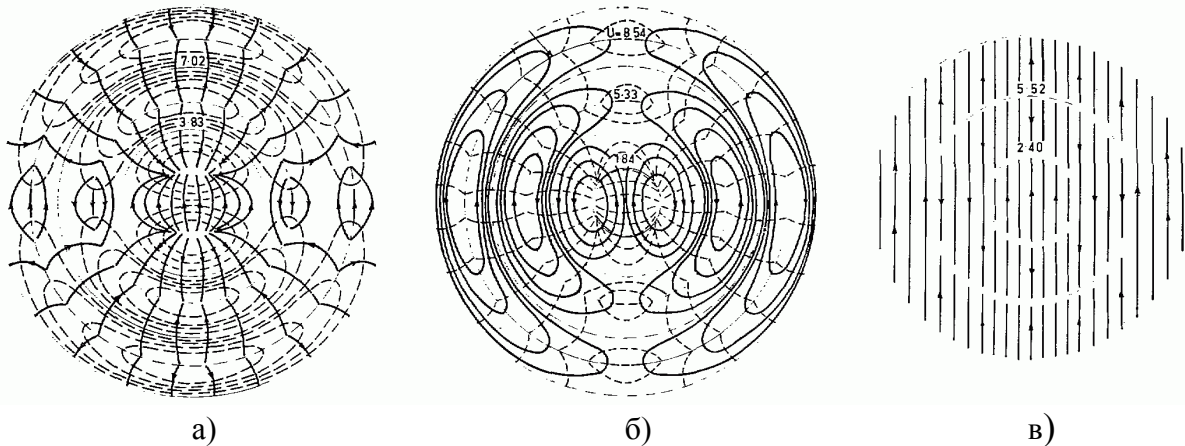


Рис. 14. Діаграма полів у поперечній площині круглого рупора:
а) E_{1N} хвилі; б) H_{1N} хвилі; в) HE_{1N} хвилі.

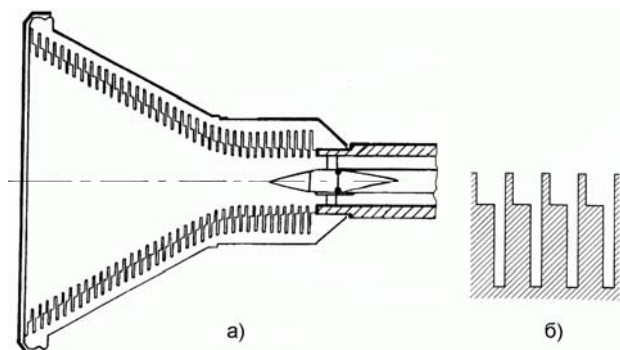


Рис. 15. а) дводіпазонний гофрований рупор;
б) збільшене зображення гофри

Дводіпазонний рупор з подвійним гофруванням показано на рис. 15 а). Опромінювач складається з трьох частин: фідер, диплексер та гофрований рупор [42, 43]. Фідер побудовано на основі коаксіального хвилеводу, внутрішній провідник якого є круглим хвилеводом, що використовується в якості лінії живлення високо-частотного діапазону. Далі роз-

ташовано диплексер, який забезпечує узгодження обриву внутрішнього хвилеводу, а також, трансформацію хвилі H_{11} в гібридний тип HE_{11} (рис. 14) в обох робочих діапазонах частот. Рупор має подвійне гофрування, глибина кожної гофри приблизно рівна чверті середньої довжини хвилі для кожного діапазону (рис. 15 б), за рахунок чого досягаються бажані характеристики випромінювання.

Ще одну конструкцію рупора з подвійним гофруванням наведено на

рис. 16 а. Це опромінювач антени земної станції супутникового зв'язку, який забезпечує одночасну роботу в двох діапазонах частот: 3,7 – 4,2 ГГц для каналу “супутник-Земля” і 5,925 – 6,425 ГГц для каналу “Земля-супутник”. Еквівалентний розмір апертури у ВЧ діапазоні приблизно у півтора рази більший у порівнянні з таким у НЧ діапазоні. Але, незважаючи на це, рупор забезпечує однакову ширину ДС в обох робочих діапазонах частот. Це досягається за рахунок того, що у ВЧ діапазоні, окрім основного гібридного типу хвилі HE_{11} , збуджується хвиля HE_{12} , яка вносить додаткове "розфазування" поля на апертурі, внаслідок чого ДС у високочастотному діапазоні розширюється (рис. 16 б). Таким чином, змінюючи амплітудно-фазовий розподіл хвилі HE_{12} можна контролювати ширину ДС у ВЧ діапазоні. Для забезпечення бажаних характеристик випромінювання (рівень крос-поляризаційного випромінювання у НЧ діапазоні < -30 дБ, у ВЧ діапазоні < -26 дБ) приблизно 20% випромінюваної потужності було сконцентровано у

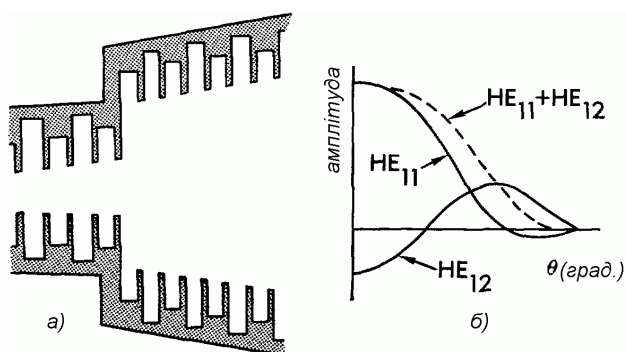


Рис. 16. а) дводіапазонний опромінювач з подвійним гофруванням; б) ДС гібридних хвиль HE_{11} та HE_{12} , а також їх суми

хвилі HE_{12} і 0,04% – у хвилі EH_{12} [44].

Коаксіальний опромінювач із значним рознесенням робочих діапазонів (3:1 і більше) запропоновано в роботах [45, 46]. У якості високочастотного рупора використовується відкритий кінець хвилеводу, який слугує внутрішнім провідником коаксіального хвилеводу (рис. 17). Для покращення характеристик випромінювання у ВЧ діапазоні на апертурі хвилеводу розміщена чвертьхвильова короткозамкнена канавка. Низькочастотний гофрований рупор має спеціальну профільовану форму, що дозволяє, по-перше, сумістити фазові центри в обох робочих діапазонах (фазовий центр ВЧ діапазону знаходиться на апертурі), і, по-друге, зменшити вплив внутрішнього провідника на характеристики випромінювання. Різні типи антен поверхневої хвилі у комбінації з гофрованим рупором можуть успішно використовуватись у якості опромінювачів високочастотного ро-

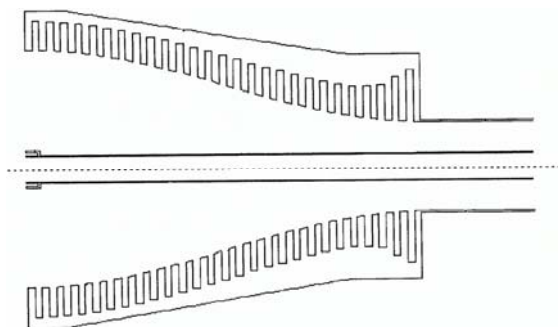


Рис. 17. Дводіапазонний коаксіальний гофрований рупор

вплив внутрішнього провідника на характеристики випромінювання. Різні типи антен поверхневої хвилі у комбінації з гофрованим рупором можуть успішно використовуватись у якості опромінювачів високочастотного ро-

бочого діапазону. Зовнішній гофрований рупор забезпечує симетричну діаграму спрямованості та низький рівень кросполяризаційного випромінювання у низькочастотному діапазоні. У якості ВЧ антен використовують діелектричний стержень [47, 48], дискостержневу антену [49, 50], “диск у трубі” або “кільцеву” антени [51]. Перші два типи антен мають широке застосування в антенній техніці сантиметрового діапазону (рис. 18 в, г). Антена типу “диск у трубі” (рис. 18 а) складається з металевих та діелектричних дисків, які розміщені один за одним у загальному діелектричному корпусі (трубі). При розміщенні такої антени усередині круглого рупора виключається можливість збудження хвилі Т, на відміну, наприклад, від дискостержневої

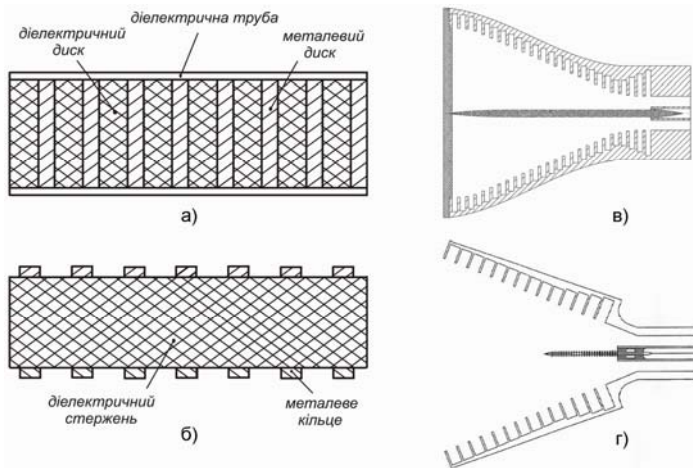


Рис. 18. а) антена типу “диск у трубі”; б) “кільцева” антена; в) гофрований рупор з діелектричним стержнем; г) гофрований рупор з дискостержневою структурою поверхневої хвилі.

Широкого поширення набули також багатодіапазонні опромінювачі послідовного типу, які представляють собою комбінацію ширококутового рупора та прямокутних або круглих хвилеводів різних розмірів (по числу діапазонів частот), з'єднаних хвилеводними переходами.

Рупорна частина опромінювачів послідовного типу може збуджуватися як поперечними [52], так і поздовжніми [4,53,54] щілинами, розташованими по колу в рупорі на деякій відстані від його вершини.

В [52] запропоновано опромінювач, що працює у двох діапазонах частот. У високочастотному він збуджується за допомогою поздовжнього хвилеводу, у низькочастотному - за допомогою чотирьох поперечних щілин у стінках рупора. Розташування щілин у рупорі вибирається емпірично з умови одержання найкращого узгодження. При цьому втрати у високочастотному діапазоні не перевищують 0,02 дБ. Для розв'язання використовуються короткозамкнені канавки, які знаходяться у прямокутних фідерних лініях НЧ діапазону (рис. 19 а, б).

структури. “Кільцева” антена (рис. 18 б) складається з діелектричного стержня на якому через певну відстань розташовані металеві кільця. До переваг такої структури слід віднести те, що вона має найменші радіальні розміри серед усіх типів антен

При збудженні рупора через пару вертикальних щілин забезпечується вертикальна поляризація, при збудженні іншою парою — горизонтальна, а при одночасному збудженні через чотири щілини зі зсувом фаз в 90° - колова поляризація.

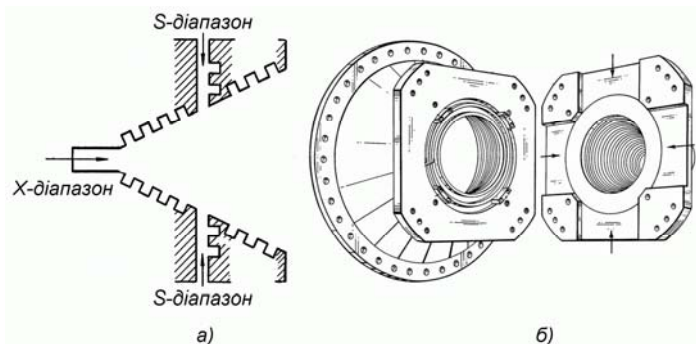


Рис. 19. а) повздовжній переріз рупора;
б) секція збудження НЧ діапазону

Існують варіанти збудження рупора за допомогою декількох груп поздовжніх щілин (рис. 20) [54]. У такому пристрої щілини 1 однієї групи зміщені по азимуту відносно щілин 2 іншої групи на 45° і розташовані ближче до входу рупора. Для поділу частот у прямокутних хвилеводах установлені смугові фільтри.

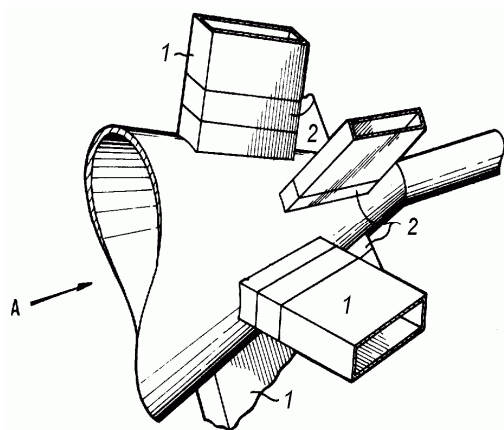


Рис. 20.

Схема збудження трьох діапазонного опромінювача з повздовжніми щілинами

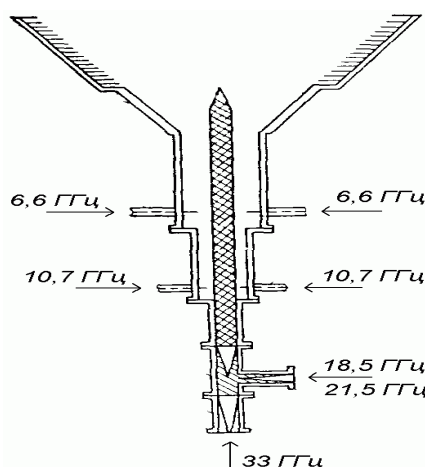


Рис. 21.

П'ятидіапазонний опромінювач з послідовною схемою живлення

Фірмою COMSAT (США) розроблено багатодіапазонний гофрований опромінювач послідовного типу [4] для роботи у п'яти частотних діапазонах та на двох лінійних ортогональних поляризаціях (рис. 21). Робочі смуги частот розділені на дві групи – для передачі сигналів 6,6 та 10,7 ГГц використовується коаксіальна частина, а на частотах 18,5, 21,5 та 33 ГГц – хвилевідна. Розв'язка сигналів двох нижніх частот забезпечується застосуванням просторово ортогональних зондів, які підключають до коаксіальних секцій з різними зовнішніми діаметрами. Відокремлення робочих діапазонів відбувається поступово, шляхом зміни діаметрів хвилеводів. Вузькосмуговий фільтр на частоту 6,6 ГГц, вмонтований у коаксіальну секцію,

забезпечує розв'язку для сигналу із частотою 10,7 ГГц. Розв'язка між трьома високочастотними діапазонами забезпечується за рахунок застосування смугових та режекторних фільтрів. У якості опромінювача трьох ВЧ робочих діапазонів використовується діелектричний стержень. Результати проектування багатодіапазонних гофрованих опромінювачів послідовного типу наведені також у роботах [53, 55].

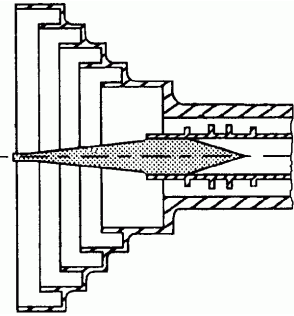


Рис. 22. Дводіапазонний рупор з повздовжнім гофруванням

Дводіапазонний рупор з повздовжнім гофруванням використовується у якості опромінювача короткофокусних дзеркальних антен [56-58]. Зовнішній гофрований рупор забезпечує низький рівень кросполяризаційного випромінювання у НЧ діапазоні, а у ВЧ діапазоні використовується діелектричний стержень (рис. 22). Фідерну частину побудовано за коаксіальною схемою, при цьому на зовнішній поверхні внутрішнього хвилеводу розміщено узгоджувальні кільцеві неоднорідності.

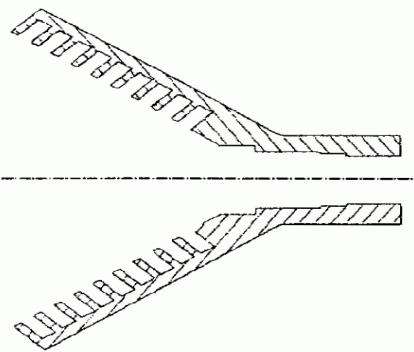


Рис. 23. Дводіапазонний гофрований опромінювач з трансформатором хвиль ВЧ діапазону

Дводіапазонний опромінювач (рис. 23) [59] використовує дві різні концепції для зменшення рівня кросполяризаційного випромінювання. Гофрування загального рупора у низькочастотному діапазоні забезпечує значення кросполяризаційної складової менше за -30 дБ у смузі частот $18,9 \div 19,5$ ГГц. Для високочастотного діапазону глибина гофри наближається до значення $\lambda/2$, завдяки чому вони майже не впливають на характеристики випромінювання у ВЧ діапазоні. Для забезпечення вісьової симетричної ДС у ВЧ діапазоні використовується концепція рупора Поттера. На вході рупора розміщено декілька сходинкових неоднорідностей, які збуджують хвилю E_{11} . Змінюючи відстань та висоту сходинок регулюють амплітудно-фазовий розподіл між хвилями H_{11} , E_{11} та іншими вищими типами хвиль.

Рупори з частковим діелектричним заповненням

На початку 70-х років минулого століття розпочалися дослідження конічних гладкостінних рупорів з частковим діелектричним заповненням [60, 61]. Очікувалося, що, як і в гофрованому рупорі, завдяки можливості поширення гібридних хвиль, такі рупори здатні забезпечити низький рівень кросполяризаційного випромінювання у широкій смузі частот і можуть стати простішою та дешевшою альтернативою гофрованим рупорам. Згодом вони дійсно знайшли широке застосування як опромінювачі дзер-

кальних антен, особливо у міліметровому діапазоні хвиль [62, 63], де гофровані рупори потребують надто високої точності виготовлення.

До переваг такого типу рупорних антен слід віднести невелику вартість, у порівнянні з гофрованим рупором, а також здатність працювати у широкій смузі частот (5:1 і більше) [64].

Відмітимо, що гофровані рупори можуть забезпечити прийнятний рівень коефіцієнту відбиття, стабільність фазового центру та симетричну ДС лише у смузі частот з перекриттям 2,4:1 [65]. Недоліками ж рупорної системи з частковим діелектричним заповненням ϵ : додаткові втрати в діелектрику, більша шумова температура та загалом вищий рівень кросполяризаційного випромінювання [66].

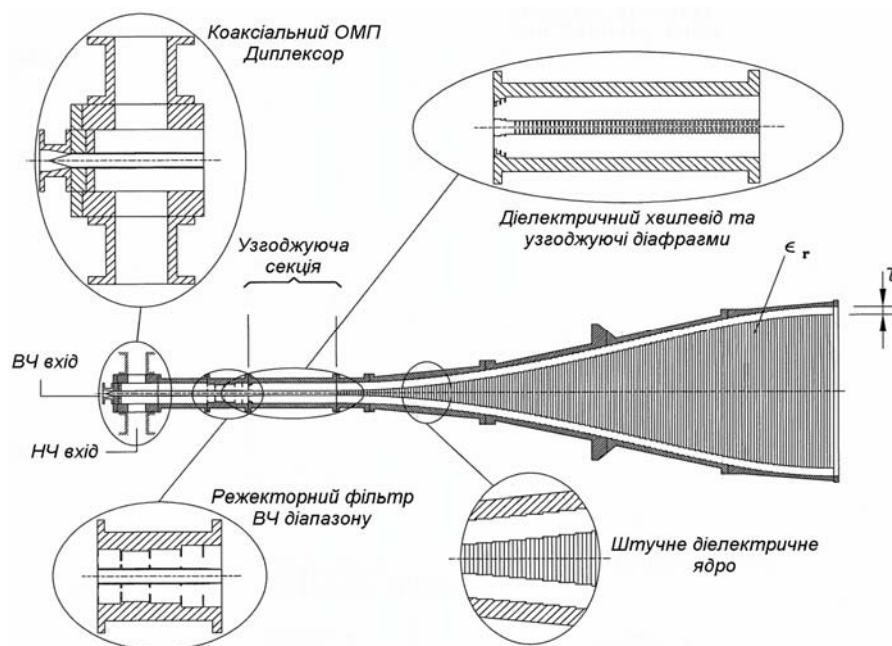


Рис. 24. Дводіапазонний опромінювальний модуль

В роботах [67, 68] подано результати проектування дводіапазонного, профільованого рупора з частковим діелектричним заповненням. У низькочастотному діапазоні він має 24% робочу смугу частот, а у високочастотному – 19%, з рознесенням середніх частот ВЧ та НЧ діапазонів 3,7:1. Конструкція рупора, а також елементи його фідерного тракту показані на рис. 24.

Гібридні хвилі в такій структурі підтримуються по всій довжині рупора за рахунок діелектрика, який майже повністю заповнює внутрішній об'єм гладкостінного рупора, окрім зазору шириною τ , вибраного з умов мінімізації кросполяризаційної складової поля при випромінюванні в обох діапазонах частот. Принагідно зауважимо, що об'єм між діелектриком та металевою поверхнею рупора не обов'язково має бути заповнений повітрям, але відносна діелектрична проникність матеріалу, що заповнює цей об'єм, має бути меншою, ніж для діелектричної вставки. Величина τ залежить від

співвідношення діелектричних проникностей цих двох діелектричних матеріалів. Необхідне для опромінювального модуля значення відносної діелектричної проникності діелектрика формувалося штучно, шляхом чергування двох матеріалів з малими втратами: тефлону та пінополістиролу. Підбираючи окремо товщину кожного діелектричного диска, сформовано значення $\varepsilon_r = 1,13$.

Компактний дводіапазонний опромінювач (рис. 25), у якого антеною ВЧ діапазону можуть слугувати різні типи антен поверхневої хвилі, запропоновано в [69, 70]. Внутрішній об'єм рупора частково заповнений діелектриком з малим значенням відносної діелектричної проникності (наприклад, пінополістиролом). І в цьому опромінювачі ширина зазору між металевою поверхнею рупора та діелектриком суттєво впливає на характеристики випромінювання рупора в НЧ діапазоні частот.

Новітній оригінальний варіант дводіапазонного коаксіального опромінювача з частковим діелектричним заповненням (рис. 26) запропоновано в роботах [71, 72].

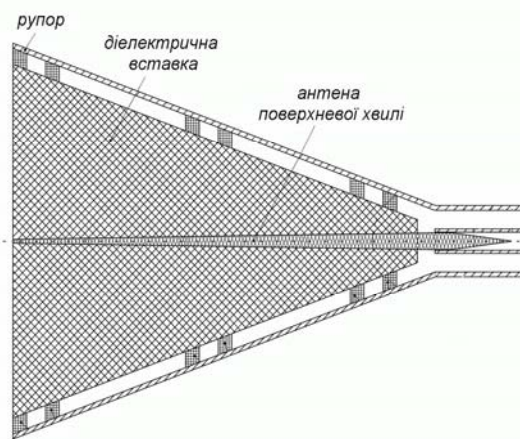


Рис. 25. Дводіапазонний опромінювач з антеною поверхневої хвилі

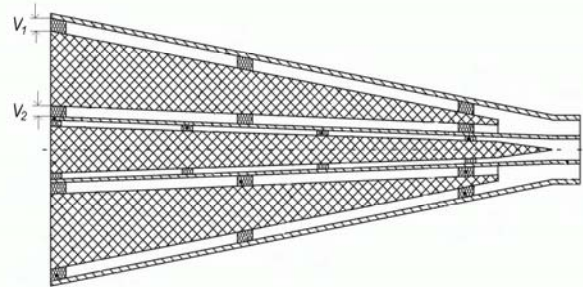


Рис. 26. Дводіапазонний коаксіальний рупор з частковим діелектричним заповненням

Діелектрична вставка в низькочастотному коаксіальному рупорі виконана таким чином, що є зазори між нею і зовнішньою та внутрішньою металевими стінками. Характеристики випромінювання в НЧ діапазоні залежать від ширини зазорів V_1 та V_2 , відносної діелектричної проникності матеріалу вставки та відношення діаметрів зовнішнього і внутрішнього рупорів. Числові дослідження засвідчили, що для досягнення потрібних електричних характеристик НЧ рупора, особливо при малих співвідношеннях діаметрів ($\leq 3:1$), необхідно використовувати матеріали з відносною діелектричною проникністю $\varepsilon \geq 2$. Внутрішній рупор коаксіальної структури є класичним однодіапазонним опромінювачем з частковим діелектричним заповненням. Він має симетричну ДС, низький рівень бічного та кросполяризаційного випромінювань (< -30 дБ) у смузі частот більше 20%.

Завершуючи огляд можна стверджувати, що розроблення опромінювачів дзеркальних антен досягло зрілого віку. Існує велика кількість технічних рішень для опромінювачів із застосуванням різних принципів їх побудови. Але і зараз залишаються актуальними питання побудови ультраширокопосмугових, дво- та багатодіапазонних опромінювачів дзеркальних антен для різних діапазонів частот, які працюють на різних ортогональних поляризаціях і з низьким рівнем кросполяризаційного випромінювання.

Література

1. Ittipiboon A. A Dual-Band Horn Feed with Inherent Isolation Between its Transmit and Receive Ports / A. Ittipiboon, F. Hyjazie, L. Shafai, E. Bridges // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 1983. - Vol. 21. - P. 582 - 585.
2. Kim C. S. Dual Band Coaxial Feedhorn Design / C. S. Kim // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 1990. - Vol. 2. - P. 952 - 955.
3. Profera C. E. Improvement of TE₁₁ Mode Coaxial Waveguide and Horn Radiation Patterns by Incorporation of a Radial Aperture Reactance / C. E. Profera // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. - 1976. - Vol. 24, № 2. - P. 203 - 206.
4. Ломан В. И. Облучающие системы многодиапазонных зеркальных антенн космических линий связи / В. И. Ломан, Л. В. Бондарь, С. Ю. Мазор // Зарубежная радиоэлектроника. - 1984. - № 8. - С. 48 - 63.
5. Wideband Multiplexing Antenna Feed Employing Cavity Backed Wing Dipoles: patent 4042935 US: Int. Cl. H 01 Q 9/16, H 01 Q 21/26 / Ajioka J.S., Tsuda G. I. - № 620896; Filed: 8.10.1975; Date of patent: 16.08.1977. - 14 p.
6. Potter P. A New Horn Antenna With Suppressed Sidelobes And Equal Beamwidths / P. Potter // Jet Propulsion Lab., report № JPL-TR-32-354; NASA-CR-50625. - Feb 25, 1963.
7. Dual Mode Feed Horn or Horn Antenna for Two or More Frequency Bands: patent 0136818 EU: Int. Cl. H 01 Q 25/04, H 01 Q 13/02 / Knop C. M., Ostertag E. L. - № 84305895.9; Filed: 06.09.1983; Date of patent: 10.04.1985. - 22 p.
8. Small Dual Frequency Band, Dual Mode Feed Horn: pat. 4442437 US: Int. Cl. H 01 Q 13/06 / Chu T., England R. W. - № 342058; Filed: 25.01.1982; Date of pat.: 10.04.1984. 6 p.
9. Configurable Ku-Band Receiver for Satellite Antenna Feed: patent 4910527 US: Int. Cl. H01Q13/02 / Dushane S., Luly R. № 303915; Filed: 30.01.1989; Date of pat.: 20.03.1990. - 10 p.
10. Gruner R. W. A 4-and 6-GHZ, prime focus, CP feed with circular pattern symmetry / R. W. Gruner // Antennas and Propagation Society Intern. Symp. - 1974. - V. 12. - P. 72 - 74.
11. Gruner R. W. Dual-Band/Wide-Illumination-Angle Feed Horns with Low Off-axis Cross Polarization / R. W. Gruner, J. D. Hazelwood // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 1990. - Vol. 2. - P. 956 - 959.
12. Kumar A. Experimental investigation of a dual-band feed / A. Kumar // Int. J. Electronics. - 1979. - Vol. 47, № 3. - P. 279 - 284.
13. High Radiation Efficient Dual Band Feed Horn: pat. 6642900 B2 US: Int. Cl. H 01 Q 13/02 / Bhattacharyya A., Roper D. - № 09/957954; Filed: 21.09.2001; Date of pat.: 04.11.2003. - 8 p.
14. High Radiation Efficient Dual Band Feed Horn: pat. 6967627 B2 US: Int. Cl. H 01 Q 13/02/ Bhattacharyya A., Roper D. №10/676763; Filed: 10.01.2003; Date of pat.: 22.11.2005 - 8 p.
15. Multi-Step Circular Horn System: pat. US6384795 B1 US: Int. Cl.H01Q13/00/ Bhattacharyya A., Goyette G. № 09/666203; Filed: 21.09.2000; Date of patent: 07.05.2002. - 4 p.
16. Dual Band Hybrid Offset Reflector Antenna System: patent 6774861 B2 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Choung Y. H., Simkins G. H. - № 10/174683; Filed: 19.06.2002; Date of patent: 10.08.2004. - 15 p.
17. Deguchi H. A Compact Low-Cross-Polarization Horn Antenna with Serpentine-Shaped Taper / H. Deguchi, M. Tsuji, H. Shigesawa // Antennas and Propagation Society

- International Symposium. - 2001. - Vol.2. - P. 320 - 323.
18. Deguchi H. Dual-Band Serpentine-Shaped Horn with Low Cross Polarization / H. Deguchi, T. Goto, M. Tsuji, H. Shigesawa // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 2002. - V. 1. - P. 658 - 661.
19. Deguchi H. Circular-Coverage Beam Multimode Horn / H. Deguchi, M. Tsuji, H. Shigesawa // Proc. of 2005 5th Intern. Conf. on Antenna Theory and Techn. - 2005. P. 46-49.
20. Multi-Mode Horn: patent US 6411263 B1 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Neilson J. M. - № 09/675449; Filed: 28.09.2000; Date of patent: 26.06.2002. - 7 p.
21. Carpenter E. Dual-Band Smooth-Wall Conical Horn with Low Cross-Polarization / E. Carpenter // Antennas and Propagation Society Intern. Symp. - 1984. - Vol. 22. - P. 591 - 594.
22. Potter P. D. A New Horn Antenna with Suppressed Sidelobes and Equal Beamwidths / P. D. Potter // Microwave Journal. - 1963. - Vol. 6. - P. 71 - 78.
23. Granet C. A compact, prime-focus, dual-band coaxial horn for the giant meter-wave radio telescope (GMRT, India) / C. Granet, I. M. Davis, T. S. Bird // Proceedings Workshop on Applications of Radio Science (WARS). - 10th-12th February 2008.
24. Granet C. A Dual-Band S/X Prime-Focus Feed System for the Parkes Radio Telescope / C. Granet, I. Davis // 10th Australian Symp. on Antennas, Sydney, Australia. - 14-15 Feb. 2007.
25. Granet C. A dual-band feed system for the Parkes radio telescope / C. Granet, H. Zhang et al. // Antennas and Propagation Society International Symposium. 2001. V.2. P. 296-299.
26. Granet C. The designing, manufacturing, and testing of a dual-band feed system for the Parkes radio telescope / C. Granet, H. Z. Zhang et al. // IEEE Antennas and Propagation Magazine. - 2005. - V. 47, № 3. - P. 13 - 19.
27. Granet C. Design of a Prime-Focus Dual Band Feed for the Giant Metre-Wave Radio Telescope in India / C. Granet, T. S. Bird, I. M. Davis, A. R. Forsyth // 9th Australian Symposium on Antennas; Sydney, NSW. CSIRO ICT Centre. - 2005.
28. Hopfer S. The design of ridged waveguides / S. Hopfer // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques. - 1955. - Vol. 3, № 5. - P. 20-29.
29. Henderson R.I. Compact Circularly-Polarised Coaxial Feed / R. I. Henderson, P. J. Richards // IEE International Conference on Antennas and Propagation - 1995. - P. 327 - 330.
30. The S/X-band feed for the Tasmanian Earth Resources Satellite Station (TERSS) / The CSIRO ICT Centre, Innovative ICT transforming Australian industries. - <http://www.ict.csiro.au/page.php?did=99>.
31. James G. The S/X-Band Feed for the Earth Resources Satellite Station (TERSS) / G. James, P. Clark, G. Graves, T. Bird // Journal of Electrical and Electronics Engineering. - 1995. - V. 15, № 4. - P. 307 - 314.
32. Skobelev S. Modal solutions in dual-depth longitudinally corrugated waveguides for design of dual-band 20/30 GHz hard horns / S. Skobelev, P.-S. Kildal // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 2006. - P. 1211 - 1214.
33. Skobelev S. P. On One Approach to Creation of Dual-Band Hard Horn / S. Skobelev // Proceedings of 2005 5th Intern. Conf. on Antenna Theory and Techn. - 2005. - P. 198 - 201.
34. Sotoudeh O. Multimode Hard Horn Antennas with Partly Corrugated Walls for 20/30 GHz Dual-Reflector Antennas With Multiple Beams -Full 3D Simulations and Measurements / O. Sotoudeh, P. Kildal, P. Ingvarson, S. Skobelev // Proc. EuCAP 2006, Nice, France. 2006. P.5.
35. Sotoudeh O. Single- and dual-band multimode hard horn antennas with partly corrugated walls / O. Sotoudeh, P.-S. Kildal, P. Ingvarson, S. P. Skobelev // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. - 2006. - Vol. 54, № 2, part 1. - P. 330 - 339.
36. Kildal P.-S. Special Issue on Artificial Magnetic Conductors, Soft/Hard Surfaces, and Other Complex Surfaces / P.-S. Kildal, A. A. Kishk, S. Maci // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. - 2005. - Vol. 53, № 1, Part 1. - P. 2 - 7.
37. Horn Radiator for Spherical Reflector: patent 3055004 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Cutler C. C. - № 781278; Filed: 18.12.1958; Date of patent: 18.09.1962. - 4 p.
38. Wide Angel Horn Feed Closely Spaced to Main Reflector: patent 3216018 US: Int. Cl.

- H 01 Q 13/00 / Kay A.F. - № 230802; Filed: 12.10.1962; Date of patent: 02.11.1965. - 16 p.
39. Wide Angel Horn Feed Closely Spaced to Main Reflector: pat. 3274603 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Kay A.F. - № 270330; Filed: 03.04.1963; Date of pat.: 20.09.1966. - 9 p.
40. Rumsey V. Horn Antennas with Uniform Power Patterns Around Their Axes / V. Rumsey // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. 1966. V. 14, № 5. P. 656 - 658.
41. Minnett H. A Method of Synthesizing Radiation Patterns with Axial Symmetry / H. Minnett, D. Thomas // IEEE Trans. on Antennas and Propagation. 1966. V. 14, № 5. P. 654-656.
42. Dual Band Feed with Integrated Mode Transducer: patent 6005528 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Preiss J. A., Geyh E. A., Beltran F. - № 08/804417; Filed: 20.02.1997; Date of patent: 21.12.1999. - 7 p.
43. Olver A. Propagation and radiation behavior of dual-depth corrugated horns/A. Olver, K. Yang, P. Clarricoats // Proc. Inst. Elect. Eng., pt. H. - 1984. - V. 131, № 3. - P. 179 - 185.
44. Carpenter E. A dual-band corrugated feed horn / E. Carpenter // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 1980. - Vol. 18. - P. 213 - 216.
45. Multi-Band Coaxial Ring-Focus Antenna with Co-Located Subreflectors: patent 6937201 B2 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Gothard G. K., Kralovec J. A., Ortiz S. C., Durham T. E. - № 10/703257; Filed: 07.11.2003; Date of patent: 30.08.2005. - 10 p.
46. Coaxial Horn Antenna System: pat. 6982679 B2 US: Int. Cl. H01Q13/00 /Kralovec J., Gothard G., Durham T. - № 10/694469; Filed: 27.10.2003; Date of pat.: 03.01.2006. - 8 p.
47. James G. L. A Dual-Band Feed System / G. L. James, P. R. Clark // Eighth International Conference on Antennas and Propagation. - 1993. - Vol. 2. - P. 784 - 787.
48. Narasimhan M. Propagation And Radiation Characteristics of Dielectric Loaded Corrugated Dual-Frequency Circular Waveguide Horn Feeds / M. Narasimhan, M. Sheshadri // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. - 1979. - Vol. 27, № 6. - P. 858 - 860.
49. Chen J. C. X/Ka-band dual frequency horn design / J. C. Chen, P. H. Stanton // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 1994. - Vol. 2. - P. 990 - 993.
50. Milligan T. Compact Dual Band Feed for Mars Global Surveyor / T. Milligan // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 1995. - Vol. 1. - P. 144 - 147.
51. Дводіапазонна Антенна Система Типу “Металдіелектрична Структура в Гофрованому Рупорі”: pat. 26149 UA: Int. Cl. H01Q13/02/Дубровка Ф.Ф., Дубровка Р.Ф., Роспопа Я.О. - № а 2007 03402; Filed: 29.03.2007; Date of pat.: 10.09.2007. - 7 p.
52. Dual-Band Combiner for Horn Antenna: patent 4199764 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Williams W., Frosch R., Cohn S. - № 8207; Filed: 31.01.1979; Date of pat.: 22.04.1980. - 4 p.
53. Multifrequency Broadband Polarized Horn Antenna: pat.4258366 US: Int.Cl. H01 Q13/00 / Green K., Frosch R. - № 8209; Filed: 02.05.2001; Date of pat.: 24.03.1981. - 12 p.
54. Branching Filter: pat. 4052724 US: Int. Cl. H01Q13/02, H01P5/12 / Taceichi Y., Hashimoto T., Takeda F., Katagi T.-№ 723654; Filed: 15.09.1976; Date of pat.: 4.10.1977. - 5 p.
55. Multiband Antenna System Supporting Multiple Communication Services: pat. US 6937203 B2 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Rao S., Wang G., Fink G. - № 10/714421; Filed: 14.11.2003; Date of pat.: 30.08.2005. - 29 p.
56. Dual-Band Satellite Communication Antenna Feed: pat. 6720933 B2 US: Int. Cl. H01 Q 13/00, H04B 1/52 / Hanlin J., Chang Y., Holden R. Filed: 10.12.2002; Date of pat.: 13.04.2004. - 19 p.
57. Ka/Ku Dual Band Feed Horn and Orthomode Transduce (OMT): pat. US2002/0175875 A1 US: Int. Cl. H 01 Q 13/00 / Verstraeten G. - № 10/031960; Filed: 02.05.2001; Date of pat.: 28.11.2002. - 18 p.
58. Multi-Band Antenna Feed with Switchable Shared I/O Ports: pat. 5635944 US: Int. Cl. H01Q13/00, H01P1/213 /Weinstein H., Baird J., Anderson B. - № 357904; Filed: 15.12.1994; Date of pat.: 03.06.1997. - 15 p.
59. Geen D. Wide flare-angle horn antenna with means for radiating low levels of crosspolarisation in two widely separated frequency bands / D. Geen, D. Smith // Antennas and Propagation Society International Symposium. - 1996. - Vol. 3. - P. 2026 - 2029.

60. Clarricoats P. J. B. Antennas employing conical dielectric horn. Part 1-Propagation and radiation characteristics of dielectric cones / P. Clarricoats, C. Salema // Proc. Inst. Elec. Eng. - 1973. - V. 120 - P. 741-749.
61. Clarricoats P. Antennas employing conical dielectric horn. Part 2-The Cassegrain antenna / P. Clarricoats, C. Salema // Proc. Inst. Elec. Eng. - 1973. - Vol. 120 - P. 760 - 766.
62. Dielectrically-loaded horns have almost constant phase centre, high return loss, low cross-polarisation and good sidelobe characteristics over a very wide frequency range. The beamwidth changes arginally with frequency / The CSIRO ICT Centre, Innovative ICT transforming Australian industries. - <http://www.ict.csiro.au/page.php?did=98>.
63. Bird T. A close-packed dielectric-loaded horn array for 60 GHz / T. Bird, D. Hayman, A. Foryth et al. // Asia Pacific Microwave Conf., Taipei, Taiwan. 2001. V.3 - P. 1362 -1365.
64. Clark P. Ultra-Wideband Hybrid-Mode Feeds / P. Clark, G. James // Electron. Letters. - 1995. - V. 31, № 23. - P. 1968 - 1969.
65. James G. Design of wide-band compact corrugated horns / G. James // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. - 1984. - Vol. 32, № 10. - P. 1134 – 1138.
66. Lier E. A Dielectric Hybrid Mode Antenna Feed: A Simple Alternative to the Corrugated Horn / E. Lier // IEEE Trans. on AP. - 1986. - V. AP-34, № 1. - P. 21 - 29.
67. Bird T. S. Design and Practice of Reflector Antennas and Feed Systems in the 1990's / T. S. Bird, G. L. James // Review of Radio Science 1996-1999. - 1999. - UK, Oxford University Press.-Chapter 4.
68. James G. Diplexing feed assemblies for application to dual-reflector antennas / G. L. James, P. R. Clark, K. J. Greene // IEEE Trans. on AP. - 2003. - V. 51, № 5. - P. 1024 – 1029.
69. Dubrovka F. F. Recent progress in development of multiband feed horns (Review) / F. F. Dubrovka, R. F. Dubrovka, Yu. A. Ovsianyk, Ya. O. Rospopa // 2007 6th International Conference on Antenna Theory and Techniques. - 2007. - P. 44 - 50.
70. Дводіапазонна Комбінована Антенна Система: pat. 26150 UA: Int. Cl. H 01 Q 13/02 / Дубровка Ф. Ф., Дубровка Р. Ф., Овсяник Ю. А., Роспопа Я. О. - № а 2007 03406; Filed: 29.03.2007; Date of pat.: 10.09.2007. - 11 p.
71. Dubrovka F.F. A Novel Multiband Coaxial Feed System with Low Cross-Polar Radiation / F. F. Dubrovka, R. F. Dubrovka, Yu. A. Ovsianyk // The Second European Conference on Antennas and Propagation. - 2007. - P. 1 - 4.
72. Багатодіапазонна коаксіальна рупорна система: pat. 26151 UA: Int. Cl. H 01 Q 13/02 / Дубровка Ф.Ф., Дубровка Р.Ф., Овсяник Ю.А. - № а 2007 03407; Filed: 29.03.2007; Date of pat.: 10.09.2007. - 8 p.

Дубровка Ф.Ф., Овсяник Ю.А. Дво- та багатодіапазонні рупорні опромінювачі дзеркальних антен. Подано огляд дво- та багатодіапазонних опромінювачів дзеркальних антен, а саме: коаксіальних, багатомодових та гофрованих рупорів, а також рупорів з частковим діелектричним заповненням

Ключові слова: коаксіальний, багатомодовий, гофрований рупор, рупор з частковим діелектричним заповненням

Дубровка Ф.Ф., Овсяник Ю.А. Дво- и многодиапазонные рупорные облучатели зеркальных антенн. Предложен обзор одно- и многодиапазонных облучателей зеркальных антенн, а именно: коаксиальных, многомодовых, гофрированных рупоров, а также, облучателям с частичным диэлектрическим заполнением

Ключевые слова: коаксиальный, многомодовый, гофрированный рупор, рупор с частичным диэлектрическим заполнением

Dubrovka F.F., Ovsianyk Yu.A. Dual- And Multiband Horns of feed systems for reflector-type antennas. This paper propose a review of feed systems for reflector-type antennas. Main attention is paid to coaxial, multimode, corrugated and dielectric loaded feed horns.

Key words: coaxial, multiband, corrugated horns, corrugated dielectric loaded horns