

гу близько 10% по рівню -20 дБ, 27 % по рівню -15 дБ та більше 40% по рівню -10 дБ. Втрати, включаючи відрізок мікросмужкової лінії довжиною 40 мм між переходами, не перевищує 0.8 дБ.

Представлено конструкцію малогабаритного переходу з прямокутного хвилеводу на МСЛ в інтегральному виконанні. Перехід має розміри близько однієї восьмої довжини хвилі (що майже на 40% менше, ніж розміри переходів відомих конструкцій), забезпечує широку смугу робочих частот та малі втрати, має просту топологію та технологію виготовлення.

#### Література

1. Heuven J.H. A New Integrated Waveguide-Microstrip Transition. IEEE Trans. MTT, vol. 24, No. 3, Mar. 1976, pp.144-147.
2. Begemann G. An X-Band Balanced Fin-Line Mixer. IEEE Trans. MTT, vol. 26, No. 12, Dec. 1978, pp. 1007-1011.
3. Greda, L., Pregla, R.: Efficient Analysis of Waveguide-to-Microstrip and Waveguide-to-Coplanar Line Transitions. IEEE MTT-S International Microwave Symposium Digest, 2001, vol. 2, pp. 1241-1244.
4. Kaneda Y., Itoh T. A broad-band microstrip-towaveguide transition using quasi-Yagi antenna//IEEE Trans. MTT., v. 4, Dec. 1999, pp. 2562-2567.
5. Boro M. Novel MIC/MMIC Compatible Microstrip to Waveguide Transition for X Band without a Balun//Mikrotalasna revija, Microwave review, pp. 16-18, Jun. 2007.

<b>Ключові слова:</b> перехід з хвилеводу на мікросмужкову лінію, мікросмужковий інтегральний перехід	
Ежов А.В., Омеляненко М.Ю., Правда В.И.	Ezov A.V., Omeljanenko M.J., Pravda V.I.
Малогабаритный переход от прямоугольного волновода к микрополосковой линии	Small-sized transition from rectangular waveguide to a microstrip line
Представлена новая конструкция малогабаритного интегрального перехода от прямоугольного волновода к микрополосковой линии. Приведены теоретические и экспериментальные характеристики	The novel design of small-sized integrated transition from rectangular waveguide to a microstrip line is submitted. The theoretical and experimental characteristics are given

УДК621.396.67

## АНАЛІЗ АНТЕНИ ВІВАЛЬДІ ТА МАЛОЕЛЕМЕНТНИХ АНТЕННИХ РЕШТОК НА ЇХ ОСНОВІ

Дубровка Ф. Ф., Сушко О. Ю.

*Подано результати дослідження характеристик узгодження та випромінювання антени Вівальді та малоелементних фазованих антенних решіток на їх основі.*

### Вступ

Широкоуглові антени і фазовані антенні решітки (ФАР) є одним із найважливіших функціональних блоків різних радіотехнічних систем, і на сьогоднішній день потреба в таких антенах зростає (наприклад, у бездротових інформаційних мережах, радіо- та відеолокації, ультраширокоуглових радарх). У зв'язку з цим значний інтерес представляє дослідження характеристик випромінювання та узгодження різних типів таких антен, зокрема антен Вівальді та ФАР на їх основі.

**Результати досліджень**

Діапазонні властивості будь-якої антени описуються характеристикою випромінювання та характеристикою узгодження. Дослідження розпочнемо з окремої антени Ві-вальді, топологія та розміри (в сантиметрах) якої показані на рис. 1. Антена, як видно, є лінійно поляризований випромінювач. Але за допомогою комбінації з двох, ортогонально розміщених антен та відповідного їх фазування, можна отримати сигнали правої та лівої колової поляризації, а також довільної еліптичної. Максимальне випромінювання досягається узгодженням розкриву з вільним простором, а також мікросмужкової лінії (МСЛ) живлення з розкривом. Конструкція МСЛ вибрана так, щоб узгодити її з антеною.

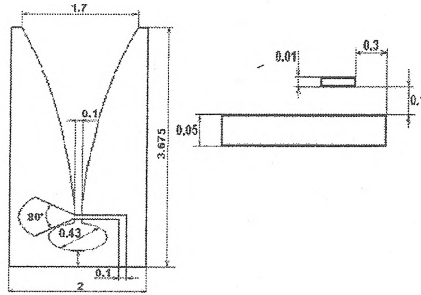


Рис.1.

Проведемо спочатку дослідження антени, збуджуючи її не МСЛ, а точковим джерелом напруги, розміщеним у найвужчій ділянці розкриву антени, рівному 1 мм. Це зроблено для подальшого аналізу спотворень, що вносить МСЛ. Дослідження проведено в пакеті програм *CST Microwave Studio 5*, що базується на методі *FDTD*. Результати зведено в табл. 1.

Таблиця 1

парам. \ fГГц	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$G_A, дБ$	-	2.3	3.2	3.6	4.4	5.4	5.9	6.3	7	7.5	7.8	8.2	8.7	9
$\theta_{0.5}^H, град$	-	132	146	149	116	115	119	117	103	101	102	99	92	87
$\theta_{0.5}^E, град$	-	93	102	142	86	72	75	77	61	57	57	54	48	46

На рис.2 представлено діаграми спрямованості (ДС) антени на частотах 5, 6 та 18 ГГц.

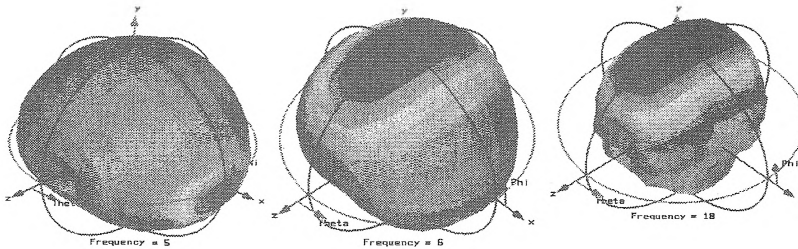


Рис. 2

Видно, що на частоті 5 ГГц ( $\frac{d}{\lambda} = \frac{1.7}{6} = 0.283$ , де  $\lambda$  – довжина хвилі,  $d$  –

ширина апертури антени) максимум ДС відхилений на  $90^\circ$  по відношенню до максимуму ДС на інших частотах. Це можна пояснити тим, що на зазначеній низькій частоті антена даних розмірів поводить як два вертикально розташовані диполі, що випромінюють в горизонтальній площині. На частоті 6 ГГц форма ДС відповідає ДС циліндрової антени. На частоті 18 ГГц спостерігається звуження ДС в обох площинах майже вдвічі та збільшення коефіцієнта підсилення на 6 дБ (див. табл.1). Ефект відхилення максимуму ДС на низьких частотах можна зменшити за рахунок розширення металеві частини антени (рис.3). Розширивши металеву частину до 4 см, знижуємо частоту переходу до ДС, характерної для диполя, до частоти 2.5 ГГц.

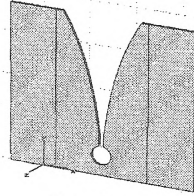


Рис. 3

Тепер проведемо дослідження характеристик випромінювання та узгодження антени Вівальді, що збуджується реальною МСЛ (рис.4). Розраховані коефіцієнти підсилення та ширини ДС в площинах  $E$  та  $H$  наведені в таблиці 2.

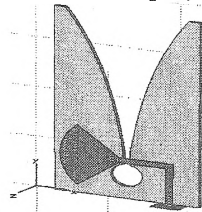


Рис. 4

Таблиця 2

$f$ , ГГц парам.	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$G_A$ , дБ	-	2.4	3.6	3.8	4.7	5.7	6	6.1	6.9	7.6	7.6	-	-	-
$\theta_{0.5}^H$ , град	-	144	148	144	123	115	117	114	104	97	90	-	-	-
$\theta_{0.5}^E$ , град	-	113	99	119	108	74	77	78	66	59	52	-	-	-

На частотах 16...18 ГГц характеристики випромінювання антени спотворені значним впливом МСЛ збудження, тому результати на цих частотах в табл.2 не наведені. Частотна залежність КСХН досліджуваної антени з вибраним МЛС збудженням показана на рис.5.

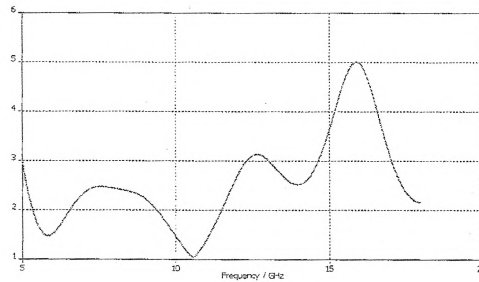


Рис. 5.

На рис.6 схематично зображено структуру Е-поля хвилі Т мікросмужкової лінії, використаної для збудження антени Вівальді.

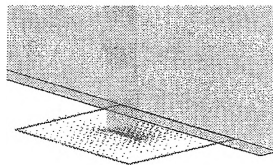


Рис. 6

Подальші дослідження зосередимо на широкосмужкових (частотне покриття 3:1) АР з антен Вівальді з міжелементною відстанню, рівною половині довжини хвилі на верхній частоті. В такій АР відстань між елементами на нижній частоті буде рівною шостій частині довжини хвилі. На нижніх частотах слід очікувати сильну взаємодію між елементами АР та її вплив на характеристики АР. В наступних розрахунках АР із 2-х, 4-х та 5-и елементів міжелементну відстань будемо брати рівною половині довжини хвилі на верхній частоті.

Таблиця 3

$f, ГГц$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
К-сть елем.														
1	-	2.39	3.61	3.8	4.65	5.7	5.92	6.01	6.9	7.56	7.58	-	-	-
2	2.1	3.66	4.67	5.14	6.04	7	7.34	7.72	8.47	8.93	9.22	8.9	-	-
4	3.86	5.55	6.73	7.37	8.35	9.4	9.94	10.5	11.2	11.8	12.3	12.4	-	-

Результати розрахунків коефіцієнтів підсилення окремої антени Вівальді та АР із 2-х та 4-х елементів, розташованих у  $H$ -площині, зведено в табл.3, з якої видно, що за рахунок сильного зв'язку між елементами збільшення елементів АР вдвічі не призводить до збільшення коефіцієнта підсилення на 3 дБ, і лише на верхніх частотах різниця в коефіцієнтах підсилення АР наближається до 3 дБ. В табл.4 наведена інформація щодо ДС при збільшенні кількості елементів в площині  $H$  на частоті 11ГГц.

Таблиця 4

Відомо використання фазованих антенних решіток (ФАР) в радарях для сканування простору. Дослідимо можливості сканування 5-елементної ФАР із живленням кожного елемента Вівальді (рис.1) окремою мікросмужкою (рис.4). Результати розрахунків характеристик випромінювання такої ФАР при зсуві фаз між елементами  $90^\circ$  зведені в табл.5.

Кількість елементів АР	1	2	4
Ширина ДС в площині $H$ ,	116.6	82.6	41.5

Таблиця 5

$f, ГГц$	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\Delta\phi, град.$	44	47	49	48	45	47	48	47	46	47	46	46	-	-
$G, дБ$	5.6	7.2	8.2	9	10.1	10.9	11.5	12.1	12.7	13.1	13.4	12.7	-	-
Рівень бічних пелюсок, мінус дБ	14	9.1	7.1	7	11.4	12.3	11.6	11	11.5	12.2	10.7	9.5	-	-
Ширина ДС, град.	72	60.3	60	55.8	43.6	39.6	39.1	35.5	30.8	28.6	26.5	25.8	-	-

В табл.5 параметр  $\Delta\phi$  – кут сканування АР. Із табл.5 випливає, що кут

сканування АР із елементів Вівальді слабо залежить від частоти і приблизно дорівнює  $45^\circ$  в усьому діапазоні частот. Спостерігається лінійна залежність зміщення ДС від зсуву фаз між елементами. На рис. 7 показана ДС 5-елементної ФАР на частоті 11 ГГц при зсуві фаз між елементами  $90^\circ$ . Саме при зсуві фаз  $90^\circ$  спостерігається максимальне відхилення ДС. При подальшому збільшенні зсуву фаз між елементами АР підвищується рівень бічних пелюсток.

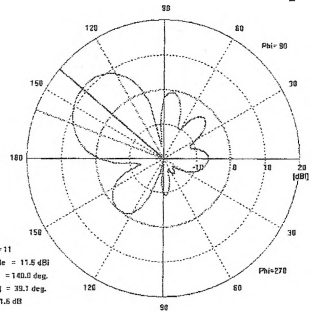


Рис. 7.

**Висновки**

В результаті проведених досліджень антени Вівальді, АР і ФАР на її основі показана можливість побудови ширококутових ФАР (з частотним перекриттям 3:1) із широким кутом сканування ( $45^\circ$ ). Досягнуті параметри не є гранично можливими, вони можуть бути покращенні за рахунок оптимізації узгодження збуджувальної МСЛІ з антеною та розкриття антени з вільним простором. З метою збільшення перекриття по діапазону частот подальші дослідження слід зосередити на області нижніх частот.

**Літератури**

1. Parameter Study and Design of Wide-Band Wide-scan Dual-Polarized Tapered Slot Antenna Arrays. IEEE Transaction on Antennas and Propagation, 2000;
2. Manual for CST Microwave Studio.

<b>Ключові слова:</b> антена, антенна решітка, антена Вівальді	
Дубровка Ф.Ф., Сушко А.Ю.	Dubrovka F.F., Sushko F.J.
Аналіз антени Вівальді і малоелементних антенних решіток на їх основі	Analysis Vivaldi's antenna and of a small elements antenna array on their base
Представлені результати дослідження характеристик согласования і излучения антени Вівальді і малоелементних фазированих антенних решіток на їх основани.	Results of investigation of radiation and matching characteristics of the Vivaldi antenna and a few element phased array antenna based on it are presented.

УДК 621.382

**АНАЛІЗ ТЕПЛОВОГО РЕЖИМУ ЛАВИННО-ПРОЛІТНИХ ДІОДІВ В ГЕНЕРАТОРАХ МІЛІМЕТРОВОГО ДІАПАЗОНУ ДОВЖИН ХВИЛЬ ЩО ПРАЦЮЮТЬ В ІМПУЛЬСНОМУ РЕЖИМІ**

Гуцул А.В., Зоренко О.В.

*Розглянуто вплив конструктивних особливостей генератора та режиму живлення на тепловий режим активної області діода. Показано, що при заданій вхідній потужності визначальними факторами є тривалість імпульсу струму живлення діода та теплові параметри шарів, найближчих до активної області.*

**Вступ. Постановка задачі**

Генератори на кремнієвих лавинно-пролітних діодах (ЛПД), що пра-