

параметрів навантаження при використанні цих вузлів в системах

Література

1. Фуско В. СВЧ цепи. Анализ и автоматизированное проектирование: пер. с англ.- М.; Радио и связь, 1990. - 288 с.
2. Черкесов Г.Н. Надежность аппаратно-программных комплексов. "Питер", СПб.: 2005, 479 с.

<p>Костенко И.Н., Рубан В.Н., Мирских Г.А. Методика обобщения влияния параметров нагрузок на характеристики СВЧ узлов. Приведена методика обобщения влияния параметров нагрузок на характеристики СВЧ узлов, которая даёт возможность прогнозировать изменения указанных характеристик при включении СВЧ узлов в радиоэлектронные системы.</p>	<p>Kostenko I.M., Ruban V.M., Miskykh G.O. Method of generalization of influence of the parameters of loadings on the characteristics of UHF units. The method of generalization of influence of parameters of loadings on the characteristics of UHF units that enables to predict changes of the characteristics at inclusion of UHF units in the radioelectronics systems is given.</p>
---	---

УДК 621.396.61

СУЧАСНІ ТВЕРДОТІЛЬНІ НВЧ ПІДСИЛЮВАЧІ ПОТУЖНОСТІ

Козачук О.В., Мрачковський О.Д., Кудінов Є.В.

Показана можливість створення твердотільних підсилювачів із використанням сучасної технології просторового складання потужності. Наведені характеристики підсилювача, побудованого за даною технологією

Вступ. Постановка задачі

При проектуванні підсилювача потужності основною проблемою є забезпечення заданого підсилення у робочій смузі частот. Існує два підходи до побудови схеми підсилювача потужності, в одному з яких використовується електровакуумний пристрій, а в другому - напівпровідниковий елемент. В якості електровакуумних активних елементів як правило використовуються клістри [1], іноді лампи біжучої хвилі (ЛБХ) [2]. Такі підсилювачі мають суттєві недоліки: наявність високої напруги 1000В і вище; високі вимоги до стабільності цієї високої напруги; малий термін експлуатації (200÷250 годин безперервної роботи); низька надійність; ексклюзивне виконання.

Методи вирішення задачі

Останнім часом привертають увагу транзисторні підсилювачі потужності надвисоких частот (НВЧ)[3]. Їх структурна схема суттєво відрізняється від підсилювачів, побудованих з використанням електровакуумних приборів. На даний момент не існує НВЧ напівпровідникових елементів, які на частотах понад 1ГГц дали б можливість отримати вихідну потужність понад 45 Вт [4], але відома структурна схема паралельного включення транзисторних підсилювачів (рис.1). Після блоку попереднього підсилення, сигнал через подільник

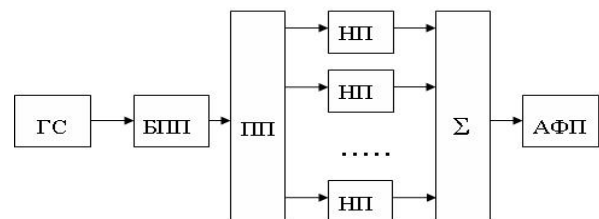


Рис.1. ГС—генератор сигналу; БПП—блок попереднього підсилення; ПП, Σ—подільник, суматор потужності, НП—підсилювач;

потужності, подається на окремі напів- АФП-антенно-фідерний пристрій провідникові підсилювачі, потужність кожного з яких сягає 5...45 Вт. Максимальна кількість активних елементів у такій конструкції може досягати 64. Підсилений сигнал складається і підводиться до антени. До переваг цієї схеми відносять: підвищені надійність (вихід з ладу одного з підсилювачів не призводить до виходу з ладу всього пристрою) та коефіцієнт корисної дії (ККД - до 57...70%), напруга живлення – в межах 10...20 В [3]. Але ця схема має і недоліки - необхідність ідентичності параметрів складових, значні втрати при поділі та складанні потужності, які за звичай здійснюються за схемою рис. 2. Ефективність складання потужності становить 20...40%, що робить практично неможливим отримати вихідну потужність кілька сот ватт.

Значний прогрес в області просторового складання потужності напівпровідникових підсилювачів був здійснений зусиллями компаній *Defense Advanced Research Projects Agency* і *Department of Defense Multidisciplinary University Research Initiative*. Їх увага була зосереджена на дослідженні та розробці просторових широкосмугових суматорів потужності, розташованих у хвилеводі. Була побудована система у X - та K -діапазонах на розташованих у хвилеводі мікросмужках з вихідною потужністю 120 Вт [5]. В цій структурі використані монолітні інтегральні активні модулі (*Monolith Microwave Integrated Circuits - MMICs*), здатні генерувати потужність до сотень ватт в смузі частот S -, X - та на нижніх частотах K -діапазону. Використання *MMICs* є економічно вигідним; результати проведених робіт показують, що такі модулі в майбутньому можуть повністю замінити електровакуумні прилади.

Метод просторового складання потужності використовує безпроводовий розподіл та складання електромагнітної енергії в пристроях. На сьогодні це єдиний метод, здатний з високою ефективністю об'єднати велику кількість силових пристроїв. Спрощена модель просторового складання показана на рис. 3. Існує два варіанти реалізації даного методу:

метод "секції" та метод "підкладинки". При використанні методу "секції" хвиля проходить перпендикулярно через площину активних елементів (рис.4а). Така схема легко реалізується при монолітному проектуванні. Але смуга частот обмежена, проблематичне й охолодження даної конструкції. При побудові просторового суматора за методом "підкладинки", він має

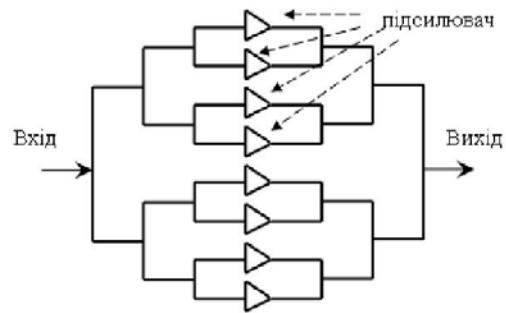


Рис.2

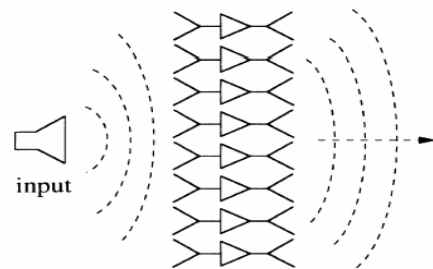


Рис.3

широкосмугові властивості, досить просто підвести живлення до кожного підсилювача; відвід тепла також просто реалізується.

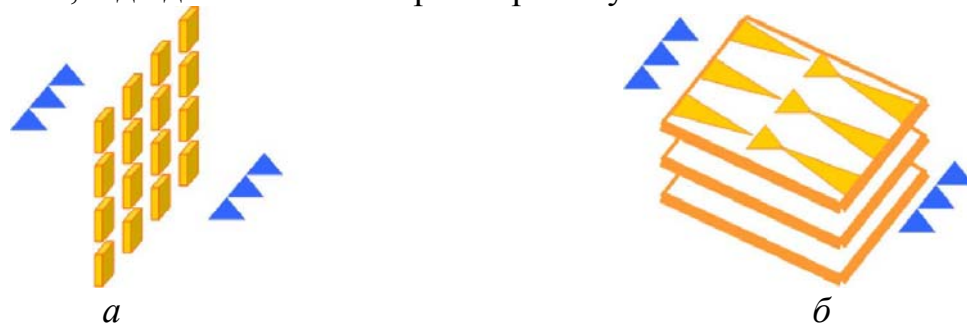


Рис. 4

Лабораторія *University of California Santa Barbara* запропонувала технічне рішення по розміщенню просторових суматорів в хвилеводі з використанням великої кількості приймальних антен - рис.5. Хвилевід обмежує енергію, що розповсюджується для збільшення ефективності вхідного та вихідного зв'язку, і забезпечує зручний спосіб відводу тепла від підкладинок з активними елементами.

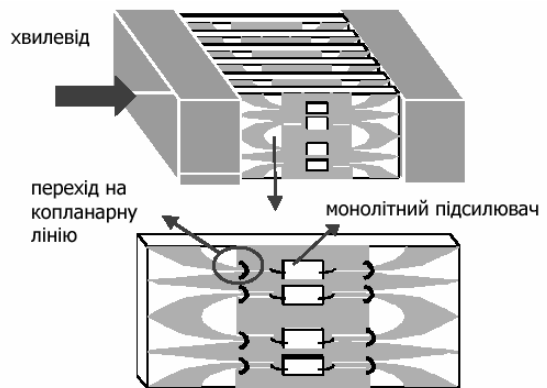


Рис. 5

Перевагою методу просторового складання є те, що елементи масиву можуть бути щільно розташовані. Ці елементи мають електричну довжину вздовж напрямку поширення хвилі, що використовується для відведення тепла та розміщення габаритних елементів.

Системи, основані на використанні хвилеводів та широкосмугових підкладинок з антенною структурою, розташованих у хвилеводі, працюють переважно на хвилях типу *TE*. Кожна з таких антен, по суті, є лінією передачі між звичайним хвилеводом і активним елементом. Антени можна розташувати дуже щільно, забезпечивши збільшення густини потоку. Контроль температурного режиму конструкції спрощений, завдяки модульній архітектурі підкладинки та металевим стінкам хвилеводу, які забезпечують відвід тепла.



Рис. 6

Розроблена структурна схема суматора розрахована на 6 підкладинок, на кожній з яких розташовується по 4 активних елементи, тобто всього 24

активних пристрої (рис. 6). Це вимагає апертури хвилеводу, приблизно в 3 рази більшої в порівнянні з апертурою стандартного хвилеводу K -діапазону. У випадку симетричного збудження на робочій частоті можуть розповсюджуватись хвилі типів TE_{10} і TE_{20} . Але при не симетричному збудженні, хвилі типу TE_{20} не розповсюджуються. Оскільки на вході та виході системи маємо лише один тип хвилі – TE_{10} , задача розподілу енергії та її складання спрощується, підвищується ефективність використання смуги частот [5]. Структура дає високу ефективність складання потужності, низький рівень фазових шумів, велику надійність, яка пов'язана з використанням монолітних інтегральних модулів та високою точністю виготовлення конструкції. Все це робить привабливим такі підсилювачі для використання у надчутливих системах радіолокації.

Результати дослідження

Була запропонована [6] конструкція просторового суматора з використанням коаксіального хвилеводу зі збільшеними розмірами (рис. 7).

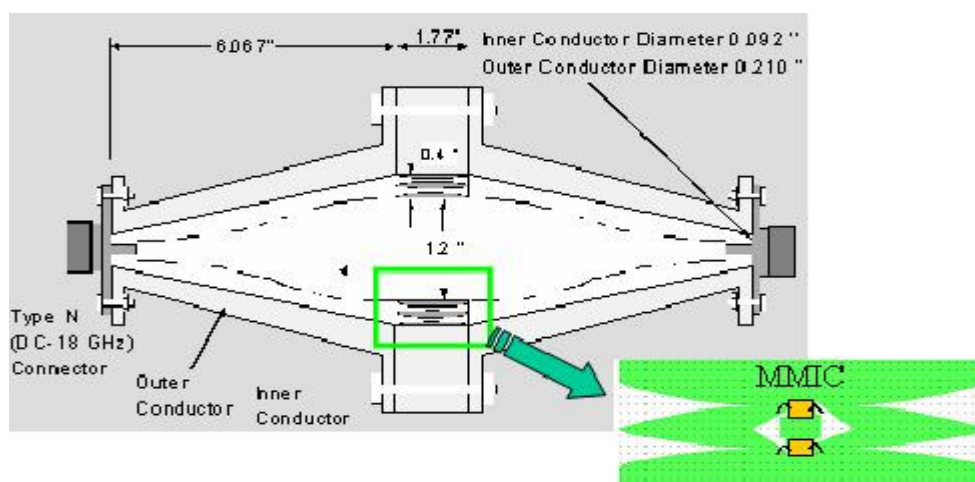


Рис.7

Ця конструкція може бути використана для суттєвого збільшення смуги частот та кількості активних елементів. Використання структури, яка працює на хвилях типу TEM означає відсутність граничної частоти роботи приладу, що і розширює смугу частот. Крім того, поле в області збудження більш рівномірне, що дозволяє збільшити ККД складання потужності до 70%. Симетрія вздовж осі обертання значно спрощує моделювання, оскільки аналіз всієї структури зводиться до аналізу лише однієї підкладки. Дослідження підсилювача розташованого у граничному коаксіальному хвилеводі були спрямовані на дослідження широкосмугових властивостей і ефективності складання потужності. Визначення максимально можливої потужності на виході підсилювача потребують додаткових досліджень. Результати моделювання практично збігаються з результатами вимірювання (рис. 8,9). Як показали дослідження система працює у діапазоні 4...18ГГц, має низький рівень фазових шумів та високий ККД.

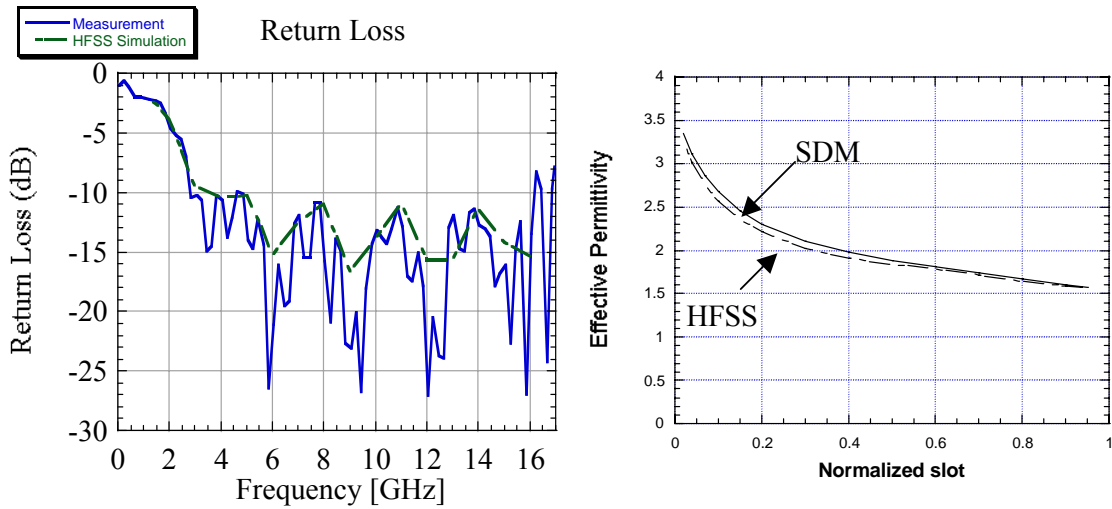


Рис. 8

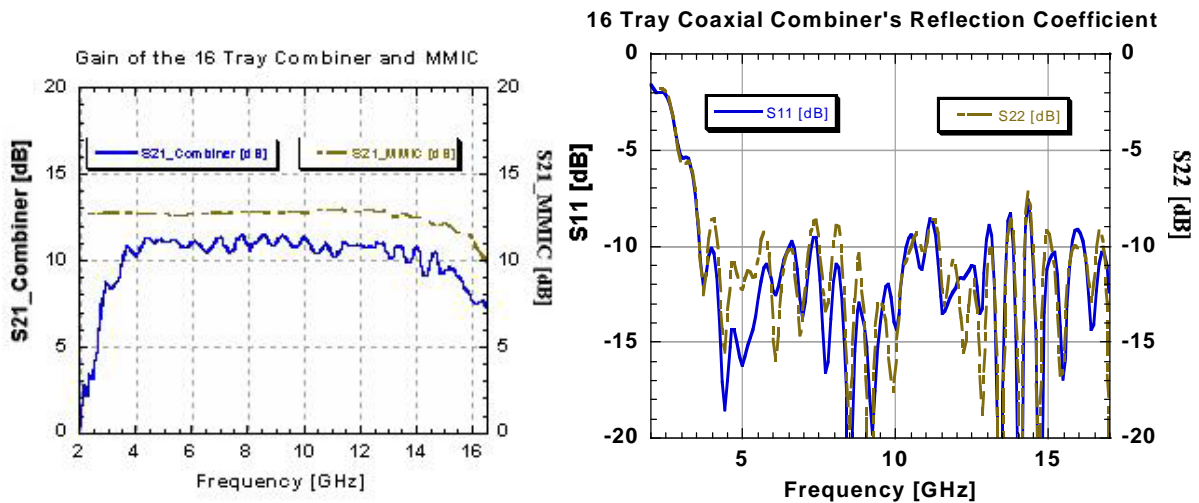


Рис. 9

Автори висловлюють подяку ст.викладачу кафедри радіотехнічних пристроїв і систем НТУУ "КПІ" М. Омеляненку за консультативну допомогу.

Література

1. Вамберский М.В., Казанцев В.И., Шелухин С.А. Передающие устройства СВЧ, М.; Высшая школа, 1984.
2. Трошанов Н.А., Радиоаппаратура на лампах бегущей волны. Л.; Судпромгиз, 1961.
3. Крыжановский В.Г. Транзисторные усилители с высоким КПД. Донецк, 2004г.
4. <http://www.us.eudyna.com>
5. Vicki Chen, PengCheng Jia, Robert A. York "K-band Spatial Power Combiner Using Active Array Modules" PA Workshop, San Diego 2002.
6. Pengcheng J., Jane J., Robert A. Coaxial Waveguide Power Combiner UCSB 2006.

<p>Козачук О.В., Мрачковский О.Д., Кудинов Е.В., Современные твердотельные СВЧ усилители мощности Показана возможность создания твердотельных усилителей с использованием технологии пространственного сложения мощностей. Приведены характеристики усилителя, построенного по данной технологии.</p>	<p>Kozatchuk O.V., Mratchkovsky O.D., Kudinov E.V. Modern solid-state microwave power amplifiers The opportunity of creation of solid-state amplifiers with use of modern technology of spatial addition of capacities is shown. The characteristics of the amplifier, building on this technology are given.</p>
--	--