

ДОСЛІДЖЕННЯ ДІЕЛЕКТРИЧНОЇ АПЛІКАТОРНОЇ АНТЕНИ

Однією з основних тенденцій розвитку сучасної радіоелектроніки СВЧ є мікромініатюризація радіоелектронної апаратури (РЕА). Значні успіхи в цьому напрямку отримані при самому широкому використанні мікроелектроніки як в частині низькочастотних блоків РЕА, так й її СВЧ модулів. Відомо, що якісні характеристики РЕА значною мірою визначаються властивостями і конструктивно-електричними параметрами її антенно-фідерного пристрою (АФУ). Особливо помітний вигравш в масо-габаритних параметрах РЕА досягається при переході в СВЧ модулях від планарних інтегральних схем (ІС) СВЧ до об'ємних інтегральних схем (ОІВ). Застосування інтегральної технології дозволяє з успіхом вирішувати завдання зі створення АФУ при досить жорстких і суперечливих вимогах до електродинамічних, аеродинамічних, габаритних, вагових, вартісних, конструктивних та інших параметрів. Особливо це відноситься до бортових АФУ, де нерідко граничні можності РЕА визначаються інженерно-технічним рівнем розробки антенної структури. Дійсно, штучні супутники Землі і пілотовані космічні кораблі 60–70-х рр. мали від 15 до 120 антен зі складною і розгалуженою фідерною системою. При цьому АФУ займало приблизно 20 % площі об'єкта. Очевидно, що виконати численні і жорсткі вимоги до АФУ можна за наявності друкованих конформних антенних структур малої товщини.

Мікросмугові антени (МПА), що виготовляються за технологією ІС, забезпечують високу повторюваність розмірів, низьку вартість, габаритні розміри та масу. МПА здатні випромінювати електромагнітні хвилі з лінійною, круговою і еліптичною поляризацією, допускають зручні конструктивні рішення для забезпечення роботи в двох або багаточастотних режимах, легко дозволяють об'єднати багато випромінювачів в антенні решітки і розмістити їх на поверхнях складної форми. Крім того, МПА мають високі аеродинамічні, механічні і температурні характеристики. Мікросмугові випромінювачі як самостійні МПА та як випромінювачі антенних решіток (у тому числі і фазованих) мають велику різноманітність і відрізняються за принципом роботи, конструктивною реалізацією, характеристиками випромінювання, наявністю гібридних сполук з іншими пристроями ІС НВЧ. Ознаки, які можуть бути покладені в основу класифікації МПА, вельми різноманітні. За конструктивними особливостями й підходом до аналізу МПА можна виділити площинні антени типу резонатора і антени, які складаються з криволінійних мікросмугових структур, до них належать антени спірального і вібраторного типів, а також антени, що мають складові і навантажені мікросмугові структури.

Типова конструкція МПА являє собою тонку (порядку десятків мікрон) пласку провідну пластину тієї чи іншої форми, розміщену на діелектричному шарі-підкладці товщиною $h = (0,003 \dots 0,08) \lambda$, обмежену знизу провідною екранною площиною. Тут λ – довжина хвилі у вільному просторі. За підкладку зазвичай використовуються матеріали з відносною діелектричною проникністю $\epsilon = 2 \dots 10$, але, залежно від додатків, можливий та широкий спектр значень ϵ . Основна вимога до матеріалу підкладки – малі втрати, що характеризуються тангенсом кута діелектричних втрат $\text{tg} \delta$. Підкладки зі стільникового матеріалу з $\epsilon = 1,05$ або МПА з повітряним зазором мають найменші втрати і забезпечують найбільшу ефективність випромінювання антени. Збільшення величини ϵ використаної підкладки дозволяє створити антену менших габаритних розмірів з більш широкою ДН. Пластини МПА найчастіше мають прямокутну або круглу форму, однак принципово можлива довільна форма з відомою резонансною частотою. Вибором форми пластини можна як істотно поліпшити узгодження МПА з фідерною лінією, так і реалізувати кругову поляризацію випромінювання антени.

Збудження МПА здійснюється як прямим гальванічним контактом з мікросмуговою лінією або коаксіальним зондом, так і неконтактним методом – електромагнітної зв'язком через отвір в екранній площині або взаємодією за рахунок близькості з несучими СВЧ енергією ланцюгами. Використання неконтактного збудження МПА дозволяє виявити більшу гнучкість і свободу вибору на стадії відпрацювання розмірів антени і визначення взаємного положення її окремих елементів.

Переваги МПА пояснюються зручностями реалізації сучасними засобами друкованої технології наведених типових конструкцій, завдяки чому порівняно легко забезпечуються вельми важливі при масовому виробництві повторюваність розмірів і низька вартість. Застосування інтегральної технології дозволяє також значно – на порядок і більше – знизити масо-габаритні характеристики антенно-фідерних пристроїв (АФП) і виготовляти їх в одному технологічному циклі разом з іншими пасивними і активними компонентами у вигляді закінчених модулів або функціональних вузлів, що відповідає сучасній тенденції розвитку мікроелектроніки і потребам промисловості в мікромініатюризації РЕА.

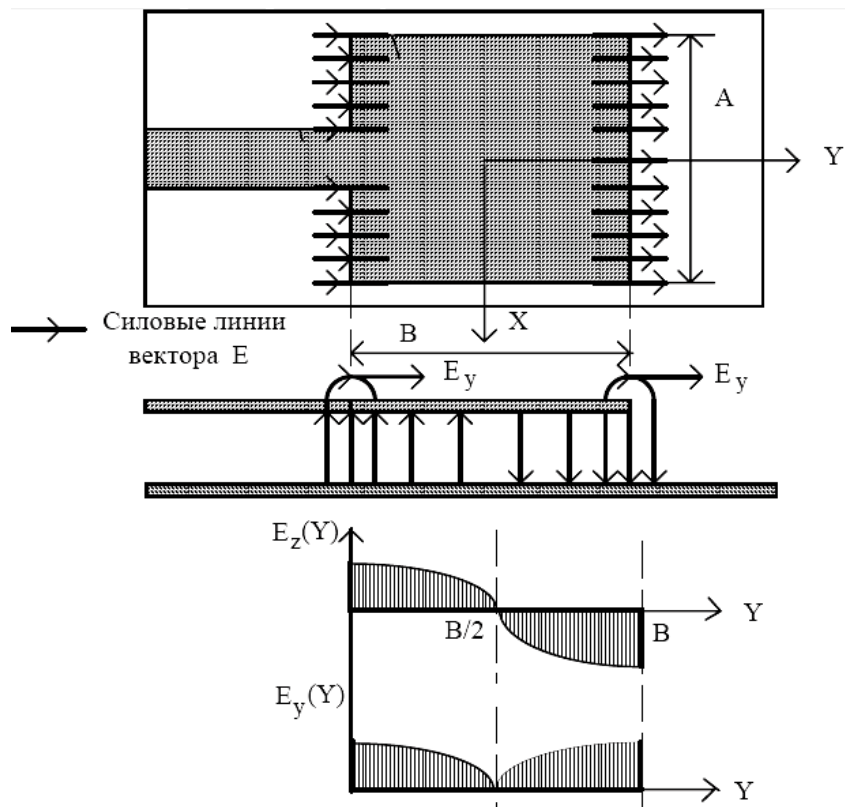


Рис. 1. Мікросмуговий випромінювач прямокутної форми

Зазначені переваги МПА особливо важливі для космічних і бортових радіотехнічних комплексів, вимоги до технічних і конструктивних параметрів яких є жорсткими і суперечливими. Мала вага і габаритні розміри актуальні також і для портативної апаратури. Мікросмугові антени при порушенні відповідного розподілу струму на пластині відповідної форми дозволяють реалізувати досить широкий клас ДН для довільного типу поляризації випромінювання. Додавання в конструкцію МПА варакторних або рпн-діодів, що розміщуються у визначених місцях між пластиною і екранної площиною, дозволяє порівняно просто – управлінням напругою зміщення на цих діодах оперативно змінювати в процесі роботи не тільки тип поляризації і форму ДН, а й резонансну частоту або вхідний імпеданс антени. Конструкції МПА характеризуються також високою механічною міцністю і стабільністю характеристик.

Практична значимість проведення дослідження діелектричної аплікаторної антени полягає у розробці рекомендацій щодо вибору геометрії випромінювача, які забезпечать необхідну тривалість, енергію та поляризаційні властивості випромінюваного антеною сигналу, порівняння енергетичних характеристик діелектричної аплікаторної антени з іншими типами імпульсних антен.