

ДОСЛІДЖЕННЯ АМПЛІТУД ПОЛЯ, ЗБУДЖЕНОГО ЛІНІЙНОЮ РЕШІТКОЮ РУПОРНИХ ОПРОМІНЮВАЧІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ СУМІСНОСТІ СУСІДНІХ АНТЕННИХ ПРИСТРОЇВ ТА АНТЕННИХ РЕШІТОК

Необхідність суттєвого поліпшення параметрів радіотехнічних систем досить часто диктує вимоги до побудови їх антенних систем, які не виконуються за традиційних підходів. У зв'язку із цим виникає необхідність пошуку нових шляхів створення класичних антен або антенних решіток для підвищення якості їх функціонування.

Якісні характеристики антен зазвичай залежать від їх узгодження з вільним простором та антенно-фідерним трактом. При задовільному узгодженні антенного тракту максимальна кількість енергії приймається антеною та передається далі радіотехнічним пристроям. Проте, як показує практика, значна частина такої енергії втрачається. Вона розсіюється у просторі, або перевипромінюється на інші джерела електромагнітного випромінювання і суттєво впливає на сусідні, розташовані у ближній зоні антенні системи. Особливо гостро ця проблема стоїть в антенних решітках, що складаються з n -ї кількості опромінювачів, кожний з котрих розсіює частину падаючої енергії. Таким чином окрім втрат енергії на приймання виникає ще одна з важливих проблем сучасної радіоелектроніки – забезпечення електромагнітної сумісності сусідніх антенних пристроїв та антенних решіток.

Однак рішення задач електромагнітної сумісності у випадку антенних решіток, окремі елементи яких розсіюють падаючу електромагнітну хвилю, не знайшли свого повного відбиття та аналізу. Останнє пов'язано із тим, що дані питання розглядаються на рівні спрощених моделей. При цьому існуючі явища розсіювання електромагнітних хвиль на елементах лінійної решітки вимагають суворих підходів для знаходження амплітуд хвиль, збуджених у розкриві кожного випромінювача та ґрунтуються на рішенні краєвих задач електродинаміки з використанням методу інтегральних рівнянь.

Рішення задачі розсіяння від лінійної решітки рупорів можна отримати лише наближеними методами оскільки точні методи, відомі на теперішній час, дозволяють отримати розв'язки лише для простих математичних моделей, наприклад для нескінченних решіток з плоских хвилеводів. В інших джерелах надаються експериментальні характеристики амплітуд полів збуджених у розкривах та поля розсіяного такими решітками, однак теоретичних розрахунків не наводиться.

Таким чином виникає необхідність розробки методики розрахунку амплітуд поля, збудженого у розкриві n -го випромінювача решітки при падінні на неї плоскої електромагнітної хвилі, нормально поляризованої до площини падіння від довільно заданих джерел. Такі дослідження необхідні для проектування нових антенних систем з метою забезпечення електромагнітної сумісності сусідніх антенних пристроїв та антенних решіток.

Для визначення електромагнітного поля, розсіяного лінійною решіткою, що наведена на рис. 1. проведено дослідження амплітуди поля, збудженого у розкриві кожного випромінювача (рис. 2). Для цього у доповіді було використано результати досліджень дифракції електромагнітної хвилі на одиночному випромінювачі пірамідальної форми. Параметри хвилеводу такого випромінювача наведено на рис. 2.

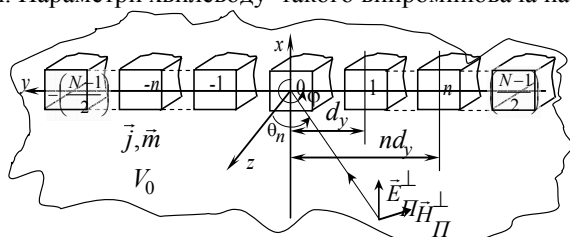


Рис. 1 Параметри лінійки рупорних випромінювачів для розрахунку поля, розсіяного від такої решітки за умови падіння плоскої електромагнітної хвилі, нормально поляризованої до площини падіння

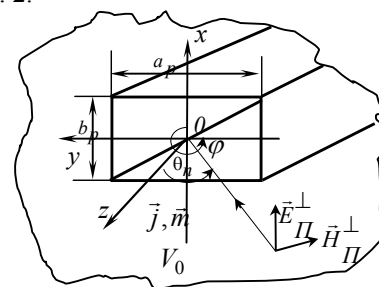


Рис. 2 Параметри випромінювача для розрахунку розсіяного поля, при падінні хвилі, нормально поляризованої до площини падіння

Поставлену задачу вирішено у такій послідовності.

Спочатку отримано вираз для поля, розсіяного n -м випромінювачем при падінні на нього плоскої електромагнітної хвилі, а поле розсіяне від лінійної решітки поле визначено, як сума полів, що розсіяні окремими випромінювачами. У роботі необхідно було з'ясувати, чи є правомірним такий підхід і чи забезпечить він необхідну точність розрахунку.

Було з'ясовано що, за наведеного на рис. 1 та 2 випадку падіння електромагнітної хвилі на кожному опромінювані, а отже й на решітці, збуджуються лише хвилі магнітного типу $\hat{A}_{+0m_0}^{\perp}$.

Випадок падіння електромагнітної хвилі, якщо площина її падіння і площина поляризації співпадають, у даній роботі не розглядався.

У роботі отримано вираз для амплітуд хвиль, що збуджені у розкритті n-го випромінювача, який відрізняється від виразу для центрального (нульового) лише множником $\exp(inkd_y \sin \theta_i)$. Де n – кількість випромінювачів решітки, k – хвильове число, d_y – відстань між випромінювачами, θ_i – кут падіння електромагнітної хвилі, що є нормально поляризованою до площини падіння.

За допомогою програмного пакету MATCAD проведено математичне моделювання залежності максимальних значень амплітуд хвиль магнітного типу \dot{A}_{+0n}^{\perp} від кута падіння хвилі θ_i та наведено на рис. 3.

Досліджувалось збудження: 1 - хвилі \dot{A}_{+01}^{\perp} ; 2 - хвилі \dot{A}_{+02}^{\perp} ; 3 - хвилі \dot{A}_{+03}^{\perp} ; 4- хвилі \dot{A}_{+04}^{\perp} ; 5- хвилі \dot{A}_{+05}^{\perp} . З рис. 3 видно, що хвилі більш вищих типів, починаючи з \dot{A}_{+05}^{\perp} і далі, збуджуватись практично не будуть.

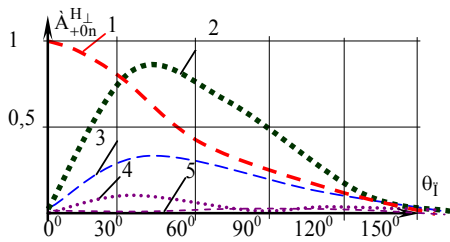


Рис. 3. Залежність нормованих значень амплітуд збуджених хвиль магнітного типу \dot{A}_{+0n}^{\perp} від кута падіння хвилі θ_i

Розроблено методику визначення амплітуди електромагнітного поля, розсіяного від розкриття решітки рупорних випромінювачів при падінні електромагнітної хвилі нормально поляризованої до площини падіння від довільно заданих джерел. Методика ґрунтується на результатах досліджень дифракції електромагнітних хвиль на одиночному випромінювачі пірамідальної форми.

В результаті досліджень з'ясовано, що вираз для амплітуд, збуджених у розкритті n-го випромінювача, відрізняється від виразу для центрального (нульового) лише множником $\exp(inkd_y \sin \theta_i)$.

Проте в результаті моделювання доведено, що амплітуда хвиль n-го випромінювача практично не відрізняється від амплітуди центрального, навіть з урахуванням відстані d_y між ними. Таким

чином поле, розсіяне такою решіткою, буде довіювати суперпозиції, тобто сумі полів розсіяних кожним випромінювачем решітки.

Доведено, що у випадку, якщо площина падіння електромагнітної хвилі перпендикулярна до її поляризації, то хвилі електричного типу на лінійній решітці рупорів збуджуватись не будуть. Проте будуть збуджуватись лише хвилі магнітного типу – $\dot{A}_{+0m_6}^{\perp}$.

Для більш точного визначення електромагнітного поля необхідно враховувати струми, які затікають за розкриття кожного випромінювача та взаємний вплив елементів антенної решітки.

Наведені результати досліджень амплітуди поля, розсіяного від розкриття лінійної решітки рупорних випромінювачів у подальшому можна використати для більш складних прямокутних антенних решіток, що складаються з n-ї кількості лінійних.

Подальші дослідження полягатимуть у використанні отриманої методики для проектування нових антенних систем з метою покращення електромагнітної сумісності сусідніх антенних пристроїв та антенних решіток.