

АНТЕНА ВІВАЛЬДІ

На сьогоднішній день застосування надкороткоімпульсного режиму вийшло за рамки систем підповерхневого зондування та надкороткоімпульсної радіолокації де він протягом декількох десятиків років досить добре себе зарекомендував. Настільки динамічний розвиток імпульсних систем потребує розробки ефективних широкосмугових та імпульсних радіотехнічних засобів. Важливим функціональним блоком в таких радіотехнічних засобах є антени та антенні системи, дослідження характеристик яких має принципове значення при їх розробці та створенні. У зв'язку з цим підвищений інтерес являє собою розробка антен, характеристики яких задовольняли би вказані вимоги. Крім того, моделі, які розробляються для подібних антен потребують експериментального підтвердження, що є цілком необхідним.

В системах з особливими вимогами на скритність та масу застосування класичних та добре зарекомендованих себе імпульсних антен, таких як ТЕМ-рупори, біконічні вібратори та інші, неможливе. Плоскі конструкції володіють кращими масогабаритними та конструктивними характеристиками, тому доцільно використовувати їх для формування імпульсного випромінювання. Найбільш яскравим представником плоских широкосмугових антен є антена Вівальді. Разом із усіма перевагами плоских структур вона практично не програє об'ємним у своїх електричних характеристиках. Існують роботи, в яких антена даного типу використовується для прийому та випромінювання імпульсного сигналу, однак недоліком даних робіт є відсутність цілісного аналізу антени Вівальді в імпульсному режимі, тобто там не говориться про те, як геометрія випромінювача, довжина та форма імпульсу впливають на його енергетичні характеристики, що суттєво ускладнює проектування систем.

Отже актуальність дослідження антени Вівальді полягає:

- у перспективному використанні антени Вівальді в імпульсних системах;
- у слабкому теоретичному та експериментальному опрацюванні питань впливу параметрів антени на енергетичні та куточасові характеристики;
- у відсутності рекомендацій щодо проектування високоефективних імпульсних антен;
- у дослідженнях антени Вівальді в режимі імпульсного збудження.

Для проведення аналізу характеристик спрямованості антени Вівальді в імпульсному режимі роботи було прийнято рішення скористатися можливостями FIT методу, який реалізовано в програмному продукті «Microwave studio». Використання даного програмного пакету дозволяє реалізувати аналіз антен широкого класу: вібраторних, плоских (друкованих), об'ємних тощо.

Програма має потужні засоби моделювання перехідних процесів в електродинамічних структурах з мінімальними втратами системних ресурсів, складаючи успішну конкуренцію іншим відомим варіантам безпосереднього вирішення аналогічних завдань в тимчасовій області, що реалізують з точки зору обчислювальної ефективності. Завдяки вбудованій мові, можна задавати різні форми збуджуючого сигналу як в аналітичній формі, так і у вигляді дискретних відліків.

Недоліком програми є її орієнтація, в першу чергу, на монохроматичні характеристики і відсутність можливості безпосереднього визначення в рамках інтерфейсу користувача програми всіх необхідних характеристик антен в імпульсному режимі. У зв'язку з чим, необхідно провести додаткові заходи, які виходять за рамки документованих можливостей пакета і дозволяють проводити розрахунок спрямованих властивостей антен в імпульсному режимі.

Однією з найважливіших характеристик спрямованості антени Вівальді в режимі імпульсного збудження є енергетичний коефіцієнт спрямованої дії (ЕКСД). Ця характеристика, як і функції, від яких вона залежить, в явному вигляді відсутні у програмі «Microwave studio», але використовуючи апарат аналізаторів поля, що надається пакетом при подальшій обробці даних, вдається обчислити ЕКСД чисельно. Розставляючи аналізатори поля на сфері великого радіусу (з урахуванням симетрії задачі їх можна розташовувати лише на чверті сфери), отримуємо часові залежності напруженості електричного поля в заданих координатах простору (рис. 1). Потім, здійснюючи чисельне інтегрування, визначаємо ЕКСД. Ця обробка виконувалася засобами вбудованої в пакет "Microwave studio" мови програмування. Такий алгоритм розрахунку володіє цінною перевагою в суворій відповідності з визначенням ЕКСД для передавальної антени будь-якої конфігурації (складність її буде обмежена тільки часом розрахунку, точністю і можливостями топологічного редагування, наданим пакетом), безпосередньо в тимчасовій області можна знайти не тільки ЕКСД, а й всі найважливіші енергетичні та часові характеристики.



Рис. 1. Розташування аналізаторів поля по сфері великого радіусу

Для розрахунку системних характеристик поряд з ЕКНД необхідною є інформація про ефективну енергетичну поверхню (ЕЕП) антени Вівальді. ЕЕП прийомної антени (антена Вівальді) в роботі виконується двома різними способами:

1. Користуючись засобами пакету «Microwave studio» та визначенням ЕЕП.
2. Використовуючи зв'язок між ЕКСД передавальної антени і ЕЕП приймальної.

Перший спосіб полягає в опроміненні приймальної антени плоскою падаючої хвилею з відомою щільністю потоку енергії та аналізі енергії імпульсу, що виділилася в навантаженні приймальної антени, відношення отриманих величин з точністю до коефіцієнта корисної дії, визначатиме ефективну площу приймальної антени.

Використаний в роботі програмний пакет електродинамічного моделювання дозволяє не тільки вирішувати завдання з випромінювання передавальної антени, збудженої зосередженим джерелом, а й завдання про знаходження струмів у приймальній антені при збудженні її плоскою хвилею з довільною тимчасовою залежністю вектора напруженості електричного поля, яка задається користувачем. Після вирішення електродинамічного завдання та визначення тимчасової залежності струму в навантаженні приймальної антени в результаті чисельного інтегрування вдається знайти енергію сигналу в навантаженні приймальної антени. Це дає можливість строго реалізувати визначення для ЕЕП.

Внаслідок того, що наскрізне моделювання каналу є досить вимогливим до системних ресурсів, розрахунок енергії сигналу в навантаженні приймальної антени можна провести в два етапи. Спочатку для передавальної антени визначається напруженість поля в зоні випромінювання, а потім приймальна антена збуджується плоскою падаючої хвилею з законом зміни поля в часі, отриманим на першому етапі.

Другий спосіб заснований на відомому співвідношенні між ЕКСД і ЕЕП ідентичних випромінювачів, які пов'язані через параметри падаючого на антену імпульсу.

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

