**Гавва Дмитро Сергійович. Проводові антени довільної конфігурації з нелінійними характеристиками поверхневого імпедансу: дис... канд. техн. наук: 05.12.07 / Харківський національний ун-т радіоелектроніки. - Х., 2004.**

|  |  |
| --- | --- |
| |  | | --- | | **Гавва Д.С. Проводові антени довільної конфігурації з нелінійними характеристиками поверхневого імпедансу.** – Рукопис.  Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.12.07 – антени та пристрої мікрохвильової техніки. – Харківський національний університет радіоелектроніки, м. Харків, 2003.  В дисертації наведено нове вирішення актуальної для подальшого розвитку теорії антен з НЕ задачі – створення методу аналізу проводових АНПІ довільної конфігурації при періодичному і майже-періодичному режимі їх роботи. Це рішення одержано на основі загальновідомого методу нелінійних інтегральних рівнянь для тіл з нелінійними граничними умовами, які записані в просторово-часовій області. Принципово важливий внесок роботи в теорію антен з НЕ полягає в доведенні можливості використання при аналізі АНПІ тонкопроводового наближення. Це дозволило у рамках загальної моделі антен з розподіленою нелінійністю створити більш просту модель АНПІ, яка являє собою систему одновимірних нелінійних інтегральних рівнянь для тонкопроводових АНПІ та удосконалений метод числового аналізу нелінійних інтегральних рівнянь.  На основі розробленої моделі тонкопроводових АНПІ створені алгоритм і програма, яка сертифікована. За їх допомогою вперше досліджені характеристики АНПІ при збудженні їх джерелами різних типів, при різному рівні стороннього збудження та різному ступені нелінійності поверхневого імпедансу. Виявлено ефекти значної зміни вхідного опору антени та форми розподілу струму і ДС на частотах вищих гармоніках, „перекачування” енергії гармонік і резонанс струму при збудженні АНПІ падаючою хвилею. Показано, що характеристики однотипних симетричних та несиметричних (розміщених над екраном) антен з НПІ слід розраховувати окремо, так як принцип дзеркального відображення для таких антен виконується тільки за певних умов їх збудження.  В дисертації доведена достовірність розробленої теорії і програми та можливість їх використання при практичних розробленнях АНПІ. | |
| |  | | --- | | Основними результатами роботи є такі.   1. Показано, що відома в теорії АНЕ модель антени з розподіленою не лінійністю, що базується на двовимірних НІР є занадто складною для практичного використання. З цієї причини вона не може застосовуватись при розрахунках проводових антен з НПІ довільної конфігурації, нелінійні властивості яких обумовлені або появою в процесі експлуатації розподілених нелінійних контактів, або високотемпературною надпровідністю, що створюється цілеспрямовано для зменшення втрат. Для досягнення мети дисертації прийнята ідея спрощення загальної моделі антен з розподіленою нелінійністю за рахунок переходу від двовимірних НІР до одновимірних. 2. Доведена можливість використання тонкопроводового наближення при аналізі АНПІ. Воно частково виконано на етапі одержання системи НІР (показано, що незалежно від конфігурації поперечного перерізу проводників АНПІ в лінійній частині НІР допустимо використання поняття еквівалентного радіусу), а частково – на етапі вирішення системи НІР (одержані вирази нелінійної частини НІР в вигляді одновимірного інтегрального оператора, що адекватно описує нелінійні властивості провідників). 3. Створена більш проста математична модель АНПІ, яка дозволяє проводити практичні розрахунки проводових антен утворених, довільним з’єднанням провідників поверхневий імпеданс яких має нелінійні характеристики. Створена модель вміщує: виведену в дисертації нову систему одновимірних НІР на основі нелінійних граничних умов, що сформульовані в просторово-частотній області; удосконалений метод числового аналізу НІР. 4. Суть введених удосконалень полягає в наступному.   а). Запропоновано модифікацію методу моментів, що використовується на одному з етапів вирішення НІР. Це дозволило підвищити ефективність числового алгоритму і програми аналізу антен із НПІ. Новизна полягає в тому, що для апроксимації струму в лінійній і нелінійній частинах інтегральних рівнянь використовуються різні системи базисних і вагових функцій.  б). Розроблено алгоритм числового аналізу майже-періодичного режиму тонкопроводових антен з нелінійними властивостями поверхневого імпедансу, що, на відміну від відомих, дозволяє досліджувати нелінійні ефекти як при «слабкій», так і «сильній» нелінійності поверхневого імпедансу в антенах складної конфігурації. Останнє досягнуто за рахунок опису властивостей поверхневого імпедансу провідників нелінійним оператором довільного виду і використання запропонованого в роботі простого й однозначного способу опису геометрії проводової структури, включаючи розгалуження проводів з нелінійними властивостями. У роботі вперше запропоновано кілька способів врахування розгалужень з НПІ.  в). З метою підвищення ефективності методу Ньютона, який використовується при визначенні нелінійного режиму АНПІ, отримано аналітичні вирази елементів матриці Якобі для двополюсних НЕ, що моделюють НПІ антени.   1. Створена модель застосована для одержання нових знань про поводження нелінійних ефектів в АНПІ.   а). Вперше досліджене збудження тонкопроводових антен з НПІ сторонніми джерелами різного типу – джерелом ЕРС, джерелом струму, джерелом постійної потужності і збудженням полем пласкої хвилі. Показано, що й у режимі «слабкої» і в режимі «сильної» нелінійності вхідний опір випромінювача, а також розподіл струму уздовж його провідників на частотах гармонік істотно залежать від типу джерела. При цьому, у випадку збудження антен з НПІ джерелом струму розподіл його на частотах гармонік принципово відрізняється від розподілу струму антени, збудженої джерелом ЕРС або джерелом постійної потужності.  б). Для випромінювачів з поверхневим імпедансом, що має індуктивний характер, показано, що при переході від режиму «слабкої» до режиму «сильної» нелінійності розподіл струму на основній частоті (частоті стороннього джерела) набуває сильно осцилюючий характер. Таке поводження струму не властиве антенам з лінійними властивостями поверхневого імпедансу, для яких значне зростання величини імпедансу приводить до різкого зменшення амплітуди струму вздовж провідника.  в). Досліджено зовнішні характеристики антен з НПІ залежно від величини поверхневого імпедансу і рівня збудження. Показано, що форма ДС на частотах гармонік значно залежить від рівня збудження, у той час як ДС на основній частоті залишається практично незмінною.  г). Показано, що параметри проводової структури, що містить зосереджені або розподілені НЕ і розташована над ідеально провідним нескінченним екраном (несиметрична структура), у загальному випадку не можна розрахувати, знаючи параметри відповідної їй симетричної структури, розташованої у вільному просторі, як це робиться на основі методу дзеркального зображення для антен, що мають лінійні характеристики. Моделювання несиметричних і симетричних антенних структур з НЕ необхідно проводити окремо, тому що їхні параметри не піддаються прямому перерахуванню.  д). Досліджено розсіювачі у вигляді тонкопроводових структур, збуджених полем пласкої хвилі. Виявлено явище резонансу, що полягає в різкому зростанні амплітуди струму вищих гармонік при визначеному значенні амплітуди збуджуючого поля або величини нелінійності розподіленого поверхневого імпедансу. У роботі показано, що таке явище відсутнє у розсіювачів, що містять НЕ з зосередженими параметрами.  е). Виявлено нелінійні ефекти: зміна вхідного опору АНПІ та форми її ДС на частотах гармонік (причому ці зміни суттєво залежать від величини нелінійності поверхневого імпедансу); “перекачування” енергії між вищими гармонійними складовими струмів антени. Отримані нові знання є основою для досліджень у напрямку створення нових функційних пристроїв на основі АНПІ.   1. Основну увагу при одержанні результатів, що являють собою практичну цінність, було приділено розробці комплекту прикладних програм “Wire 1.1” для аналізу характеристик АНПІ. Запропоновано способи підвищення швидкодії алгоритму аналізу за рахунок побудови послідовності базисних функцій у вигляді двох підпослідовностей, врахування симетрії матриці узагальнених імпедансів, обчислення взаємних опорів за отриманими аналітичними виразами. Вірогідність результатів розрахунку оцінювалася за відомими теоретичними або експериментальними даними інших авторів. Розроблений КПП сертифікований.   Таким чином, можна зробити висновок, що мета дослідження тонкопроводових антен довільної конфігурації з НПІ досягнута і всі поставлені задачі цілком вирішені. | |