
РАДІОЕЛЕКТРОНІКА ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ

РАДІОЕЛЕКТРОНІКА И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

RADIO ELECTRONICS AND TELECOMMUNICATIONS

УДК 621.396.6

Артюшенко Б. А.¹, Ільяшенко М. Б.², Головатий А. І.³¹Канд. техн. наук, старший викладач Запорізького національного технічного університету²Канд. техн. наук, доцент Запорізького національного технічного університету³Канд. техн. наук, старший викладач Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ ВІДХИЛЕНЬ ПАРАМЕТРІВ АНТЕНИ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДІАГРАМИ НАПРЯМЛЕНОСТІ МЕТОДОМ ПАРАЛЕЛЬНОГО АНАЛІЗУ ГРАНЕЙ

Запропоновано новий метод паралельного аналізу впливу допусків для вібраторних антен – аналіз граней. Метод базується на властивостях антени: невеликій величині відхилень, їх взаємозалежності, монотонності залежності характеристик діаграми напрямленості від параметрів в межах допускової області. Розроблений метод аналізу граней базується на методі бісекцій, але обчислює значення вихідних функцій лише на вершинах допускової області. З метою зменшення часу обчислень розроблено процедуру розпаралелення.

Ключові слова: допусковий аналіз, багатопараметричний аналіз, діаграма напрямленості, паралельні обчислення, антени.

ВСТУП

Проектування випромінюючих пристроїв неможливе без використання комп'ютерних засобів моделювання. Але недоліком існуючих програмних засобів моделювання є обмеженість використання виключно номінальних значень параметрів конструкції виробу. Виготовлення (та експлуатація) антен не може не призвести до всіляких похибок та відхилень параметрів від номінальних значень. Здебільшого для аналізу впливу цих відхилень використовують методи статистичної теорії антен, метод Монте-Карло, обчислення гіршого випадку. На жаль, використання цих методів обмежене лише певними класами антенних пристроїв (статистична теорія), потребує великої кількості обчислень та людського втручання і, як наслідок, є ускладненим при використанні автоматизованих за-

собів проектування і оптимізації (і, зокрема, з використанням методів випадкового пошуку) [1]. Актуальною задачею є розробка методу аналізу впливу допусків на параметри дротових антен довільної форми та фракталоподібної антени. Цей метод має бути обчислювально легким та дозволяти отримувати дані з прийнятною точністю. Для розв'язання цієї задачі можуть бути застосовані методи випадкового пошуку, аналізу вершин, метод бісекцій, метод коефіцієнтів, інтервальні методи [2–3]. Недоліками цих методів є обчислювальна складність, або низька точність (метод коефіцієнтів, інтервальні методи).

Метою статті є розробка методу допускового аналізу фракталоподібної та дротової антени з використанням існуючих засобів комп'ютерного моделювання антен.

© Артюшенко Б. А., Ільяшенко М. Б., Головатий А. І., 2010

Для вирішення поставленої задачі необхідно:

- дослідити найбільш поширені та ймовірні відхилення параметрів антени;
- розробити засоби представлення допускових значень фракталоподібної та дротової антен;
- розробити засіб допускового аналізу антени;
- розробити засоби розпаралелення допускового аналізу.

ПРЕДСТАВЛЕННЯ ДОПУСКІВ ДРОВОВИХ ТА ФРАКТАЛОПОДІБНИХ АНТЕН

При допусковому аналізі антен приймемо такі припущення: відхилення параметрів вважатимемо взаємозалежними, відхилення не призводять до розривів, відхилення є незначними у масштабах конструкції в цілому. Для дротової та фракталоподібної антени мають місце такі відхилення: випадкові повороти провідників, їх неточна довжина, неточність виготовлення провідників (неточний радіус, нерівності поверхні, матеріал з іншими параметрами) тощо. За чисельного моделювання фракталоподібних та дротових антен зазвичай використовують метод моментів, згідно з яким антена представляється як сукупність провідників. Ці провідники розбиваються на лінійні сегменти. Тому опрацювання нерівностей поверхні є неможливим (та й непотрібним для більшості відомих авторам випадків), хоча якщо відомі місця можливих порушень, то в цьому випадку дріт можна представляти як складений з інших. Для простоти нами будуть розглянуті лише відхилення кутів нахилу дротів та їх довжини. Відомі САПР задають провідники набором координат їх кінців, для нашого ж випадку, задля спрощен-

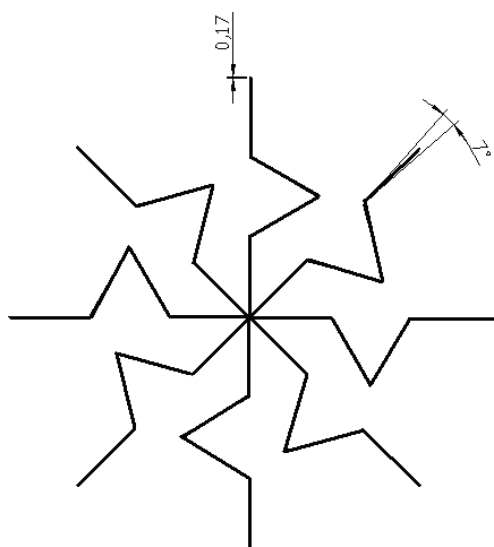


Рис. 1. Фракталоподібна антена фон Коха на першому кроці трансформації

ня було обрано таке представлення: вказівник на попередній провідник або координати початкового провідника, довжина провідника, кути нахилу в горизонтальній та вертикальній площинах. При цьому слід дотримуватись матриці зв'язності, отже, початковий провідник має задаватись користувачем, для решти, в залежності від складності задачі, зв'язок із попереднім провідником обирається користувачем або автоматично (наприклад, для фракталоподібних антен фон Коха, коли кожен «виходить» один з іншого). При флуктуації кутів нахилу одного провідника автоматично забезпечується зміна координат, з ним зв'язаних. Приклад показано на рис. 1.

МЕТОД ГРАНЕЙ

Найповніший допусковий аналіз забезпечують інтервальні методи зовнішнього оцінювання значень функції, але ці методи є досить складними в обчисленнях та їх неможливо сумістити в повному обсязі з методом моментів. Фактично ці методи базуються на методі бісекцій, тобто потребуватимуть до $2^{n \times C}$ обчислень (n – кількість параметрів, C – константа). Разом з тим, у більшості існуючих літературних джерел для задачі допускового аналізу використовується метод коефіцієнтів впливу, отже вважається достатнім перевірити значення функції при максимальних/мінімальних значеннях кожного з параметрів окремо (при номінальних значеннях решти), а потім взяти або коефіцієнти впливу, або значення в умовно найгіршій вершині. Ці методи потребують до $2n + 1$ обчислень. Тобто вважається, що вихідна функція у межах допускової області має лінійний характер. З іншого боку, при випуклій області роботопридатності достатньо перевірити вершини (аналіз вершин), що потребує до 2^n операцій. З метою зменшення обчислювальних витрат нами були поєднані метод бісекцій, метод коефіцієнтів та аналіз вершин – розроблено метод аналізу граней.

При використанні методу аналізу граней верхня та нижня границі значень вихідної функції обчислюються окремо.

На поточному кроці опрацьовуються m неопрацьованих параметрів (на першому кроці всі параметри неопрацьовані). Обчислюється значення при максимальному позитивному та негативному відхиленні кожного з неопрацьованих параметрів та центральних значеннях решти (на першому кроці центральними є номінальні значення). Обирається параметр, відхилення якого призводить до максимізації (мінімізації) вихідної функції. Якщо три точки вихідної функції на прямій зміни цього параметру є монотонно зростаючою (спадаючою) послідовністю,

то центральне значення цього параметра набуває максимального або мінімального значення (у відповідності до значень вихідної функції), цей параметр помічається як опрацьований і, за результатами перевірки критерію зупинки, робиться перехід на наступний крок. Якщо ж ці значення не сумісні з монотонністю функції, це свідчить про можливо неточні результати і слід переходити до процедури завершення.

Процедура завершення обирає найбільше (найменше) значення з отриманих раніше та виводить його користувачеві.

За критерій зупинки можливо обирати: кількість кроків (не може перевищувати кількість параметрів), час роботи, точність.

На рис. 2, а, б наведено схему роботи та розподіл часу (приблизно) запропонованого алгоритму у вигляді автомата зі станами: S0 – ініціалізація даних; S1 – вибір наступного параметра для дослідження; S2 – присвоєння обраному параметру максимального значення; S3 – обчислення діаграми напрямленості (ДН) при максимальному значенні параметра: S3.1 – підготовка даних для моделювання методу аналізу граней, S3.2 – сегментація дротів, S3.3 – обчислення матриць напруг та струмів, S3.4 – проміжні дії, S3.5 – обчислення ДН; S4 – присвоєння мінімального значення параметру та обчислення ДН; S5 – вибір найбільш впливового параметра та присвоєння найгіршого значення; S10 – завершення.

В табл. 1 представлено результати роботи запропонованого методу для аналізу впливу допусків на квадратичну характеристику діаграми напрямленості для антени, показаної на рис. 1 (допуски на всі кути – 1°, на довжини – 1 %).

Таблиця 1. Результати роботи на різних кроках

Номер кроку	Відхилення вихідної функції (%)	Номер кроку	Відхилення вихідної функції (%)
1	$1,72 \cdot 10^{-4}$	6	0,113
2	$9,26 \cdot 10^{-4}$	7	0,114
3	0,103	8	0,116
4	0,108	9	0,118
5	0,111	10	0,119

РОЗПАРАЛЕЛЕННЯ МЕТОДУ

Незважаючи на переваги методу, він потребує розпаралелення з метою зменшення часу обчислень. Можливо використовувати такі підходи: розпаралелення методу чисельного моделювання (метод моментів) та розпаралелення методу аналізу граней.

Перший підхід досить широко представлений в літературі та реалізований в існуючих САПР, але його недоліком для задачі допускового аналізу є відносно велика частина нерозпаралелених обчислень. Це видно з рис. 2, б, де наведено недетерміновані цифрові автомати різних способів [4] розпаралелення (на рис. 2 S6, S7 – відправлення та отримання даних з процесорів).

Розпаралелення аналізу граней може відбуватися таким чином: крок алгоритму складається з $ns/np/nt$ підкроків. На кожному з підкроків кожному з np процесорів відсилається по nt різних точок для аналізу, процесори відсилають результати (значення вихідної функції) і підкрок повторюється. Для паралелізації алгоритму аналізу слід визначитись з такими питаннями: кількість точок для аналізу на підкроці, чи має серверна гілка також виконувати моделювання (або виключно відсилати-приймати дані з інших, рис. 2, в та 2, г), оптимальна кількість процесорів для аналізу.

Вибір кращого засобу розпаралелення можливий лише за допомогою оцінки часових витрат на обчислення (їх наведено в табл. 2). З цих даних та з рис. 2 видно, що кращим є розпаралелення аналізу граней, при якому на підкроці мають обчислюватись всі наявні точки, а кількість процесорів має наближатись до кількості параметрів (на останньому кроці).

Таблиця 2. Розподіл часових витрат на обчислення

Стани	Час обчислень
S0 + S10	0,11
S2 + S3 + S4	$199,5 \times nt$
S6 = S7	$5,79 \cdot 10^{-5}$

Роботу було виконано у рамках науково-дослідної роботи ДБ04110 «Об'єктно-орієнтовані методи проектування радіоелектронних апаратів» (2010-2012) за програмою «Перспективні інформаційні технології, прилади комплексної автоматизації, системи зв'язку». При обчисленнях використовувався кластер НАНУ Інституту Кібернетики ім. В. Глушкова.

ВИСНОВКИ

Було розроблено метод допускового аналізу дрових антен, що дозволяє суттєво скоротити час обчислень при достатній для задачі оптимізації точності. Також досліджено можливості розпаралелення методу та розроблено засоби розпаралелення обчислень. Показано, що паралельний режим доцільно проводити за принципом зменшення частоти обміну даними між процесорами, за умови кратності кількості процесорів кількості елементів.

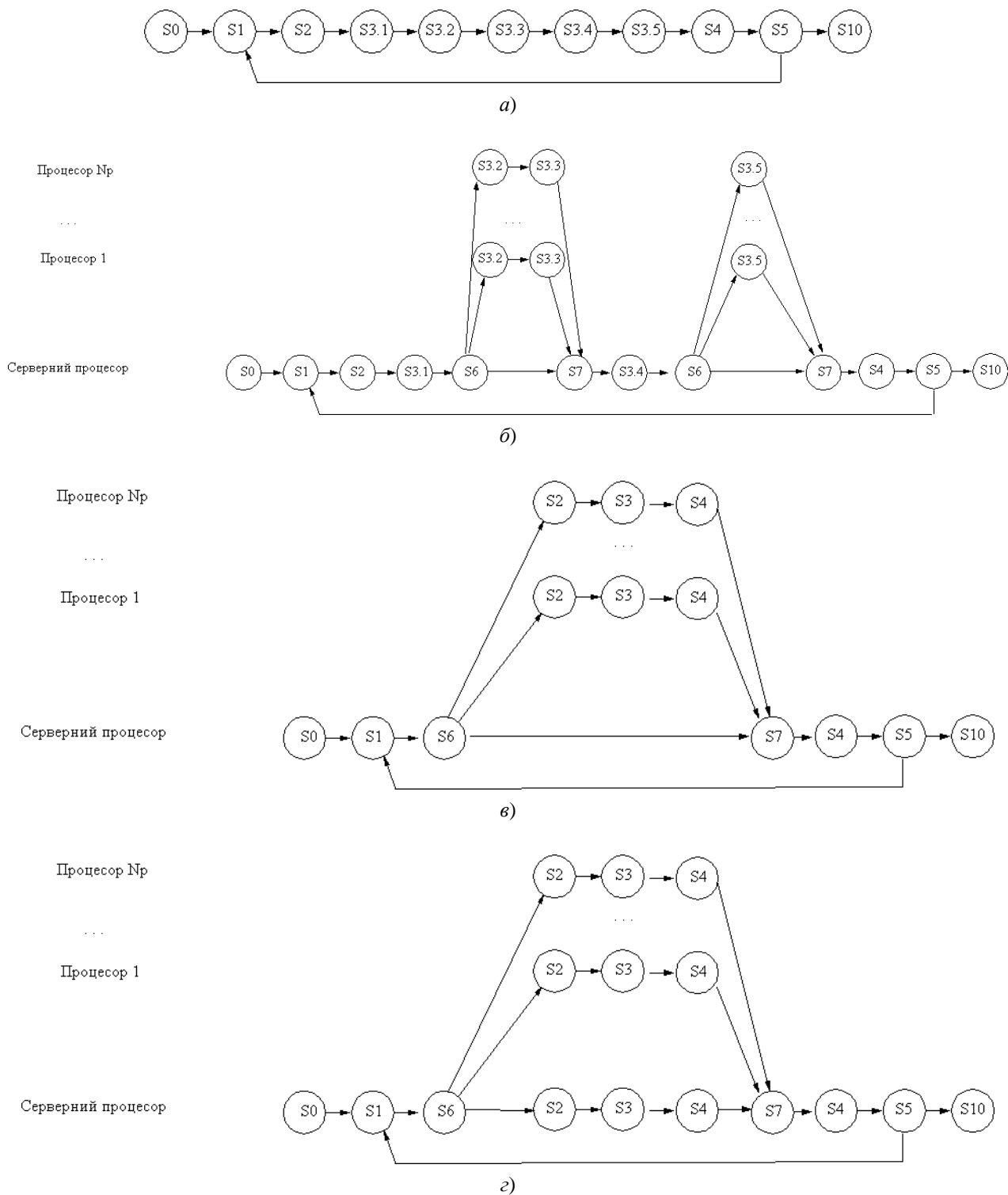


Рис. 2. Цифровий автомат роботи алгоритму аналізу граней:

a – на однопроцесорній машині; *б* – при розпаралеленні методом моментів; *в* – при розпаралеленні розподілом точок варіант 1; *г* – при розпаралеленні розподілом точок варіант 2

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Шифрин Я. С. Вопросы статистической теории антенн / Я. Шифрин. – М. : Сов. радио, 1970. – 384 с.
2. Вычислительные методы в электродинамике / под ред. Р. Митры – М. : Мир, 1977. – 243 с.
3. Артюшенко Б. А. Допусковый анализ фракталоподобной антенны с применением метода моментов / Артюшенко Б. А., Шилов Г. Н., Кришук В. Н., Романенко С. Н. // Матеріали 17-ї Міжнародної Кримської конференції «СВЧ техніка і телекомунікаційні технології» (КрыМиКо2007). – Севастополь, 2007. – С. 402–403.
4. Антонов А. Н. Эффективная организация параллельных распределенных вычислений на основе кластерных технологий: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.15 / Антонов А. Н. – Пенза, 2005. – 243 с.

Надійшла 20.01.2010
Після доробки 11.03.2010

Артюшенко Б. А., Ильяшенко М. Б., Головатый А. И.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ОТКЛОНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ АНТЕННЫ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИАГРАММЫ НАПРАВЛЕННОСТИ МЕТОДОМ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО АНАЛИЗА ГРАНЕЙ

Предложен новый метод параллельного анализа влияния допусков на параметры вибраторных антенн – анализ граней. Метод базируется на свойствах антенн: небольшой величине допусков, взаимонезависимости, монотонности зависимости характеристик диаграммы направленности от

одного из параметров в пределах допускной области. Разработанный метод анализа граней базируется на методе бисекций, но вычисляет значения выходных функций лишь на вершинах допускной области. С целью снижения времени вычислений разработана процедура распараллеливания.

Ключевые слова: допусковый анализ, многопараметрический анализ, диаграмма направленности, параллельные вычисления, антенны.

Artyushenko B. A., Ilyashenko M. B., Holovatyj A. I.

DETERMINATION OF ANTENNA PARAMETERS DEVIATION INFLUENCE ON ANTENNA PATTERN CHARACTERISTICS USING THE METHOD OF PARALLEL BOUNDS ANALYSIS

A new parallel analysis method is proposed for determining the influence of tolerances on the dipole antenna parameters. The method is based on antennas characteristics: small tolerances, interdependence and monotone dependence of radiation pattern on one of the parameters within the tolerance domain. The bound analysis method is based on the bisection method, but it computes output functions only at the vertexes of the tolerance domain. To reduce the time of calculation, a parallelization procedure is developed.

Key words: tolerance analysis, polyvalent analysis, radiation pattern, parallel computation, antenna.

УДК 621.372.001.24:78

Гулин С. П.¹, Гулин А. С.², Дмитренко В. П.¹, Пиза Д. М.³

¹Канд. техн. наук, доцент Запорожского национального технического университета

²Аспирант Запорожского национального технического университета

³Д-р техн. наук, профессор Запорожского национального технического университета

КОНЦЕПЦИЯ УПРАВЛЯЕМОГО ДИНАМИЧЕСКОГО НАСЫЩЕНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ МНОГОЧАСТОТНЫХ УСТАНОВИВШИХСЯ РЕЖИМОВ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ, СТРУКТУР И УСТРОЙСТВ

На основе математического аппарата функциональных рядов Вольтерры – Гаусса (ФРВГ) и функций динамического насыщения (ФДН) предложена концепция управляемого динамического насыщения, реализующая обобщенный подход при исследовании и моделировании микроэлектронных нелинейных инерционных цепей и систем (НИЦС) в условиях многочастотного полиамплитудного воздействия. На ряде примеров состоятельность предложенной концепции подтверждена как с математической, так и с физической точки зрения.

Ключевые слова: нелинейные инерционные цепи и системы, концепция управляемого динамического насыщения, функциональные ряды Вольтерры – Гаусса, обобщенная мгновенная динамическая характеристика, установившийся отклик, многочастотное полиамплитудное воздействие.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В процессе разработки микроэлектронных (и других) систем в целом часто возникает необходимость

всесторонне исследовать поведение отдельных их компонентов, структур и устройств в условиях многочастотных полиамплитудных воздействий в режимах,

© Гулин С. П., Гулин А. С., Дмитренко В. П., Пиза Д. М., 2010