

УДК 621.372

ПРАКТИЧНІ АСПЕКТИ ЗАСТОСУВАННЯ МАТРИЧНОЇ ЕЛЕКТРОДИНАМІКИ В МОДЕЛЮВАННІ НВЧ-ПРИЛАДІВ

Білоцерківська А.І.

Науковий керівник – д.ф.-м.н., проф. Грицунов О.В.

Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. МЕЕПІ,
м. Харків, Україна

тел. +38(057) 702-13-62, e-mail: anzhela.bilotserkivska@nure.ua.

Some practical aspects of the matrix electrodynamics application to solving the computational problems in electronics are considered. The main specificity of the new method consists in the treatment of electrodynamic systems (ESs) of microwave electron devices as oscillatory systems with a finite number of the degrees of freedom. ES is considered as a lattice of spatially localized partial oscillators (oscillets). The eigenfrequencies and eigenfunctions of the ES can be calculated basing on the matrix theory of oscillatory systems with lumped elements. The advantage of this approach is substitution of the partial derivative differential equations with the linear algebra problems.

Елементи теорії векторних просторів давно використовуються у електродинаміці. Наприклад, розкладання електромагнітних коливань за власними функціями електродинамічної системи (ЕС) – не що інше, як найпростіший варіант матричної електродинаміки. Зазвичай як базис у векторному просторі застосовуються власні функції ЕС. У такому разі матричний підхід дає мало переваг з точки зору економії обчислень, оскільки головну складність становить саме розрахунок власних функцій та власних чисел ЕС з довільною геометрією [1].

Як альтернативу локалізованим в області хвильових чисел власним функціям ЕС, в [2, 3] запропоновано базис парціальних функцій ЕС (парціальних осциляторів, осцилетів). Це локалізовані у просторі лінійні комбінації власних функцій ЕС. З фізичної точки зору їх можна вважати «хмарами» безперервної хвильової функції, що коливаються як єдине ціле (в однаковій фазі). Тому до них можна застосувати матричну теорію коливальних систем з N ступенями свободи, інтерпретуючи ЕС загалом як «решітку» електродинамічно зв'язаних між собою парціальних осциляторів. Перевагою цього підходу, крім заміни диференційних рівнянь у часткових похідних задачами лінійної алгебри, є просторова локалізація впливу граничних умов (ГУ) та заповнення ЕС на електродинамічні параметри й характеристики найближчих осциляторів [4].

На прикладі одновимірної розподіленої коливальної системи в роботі досліджено одну з проблем матричної електродинаміки – забезпечення фінітності осцилетів у просторовій області. Визначено оптимальний метод для цього – усічене гаусове нормування (рис. 1). Амплітудне нормування з подальшим віконним зважуванням (рис. 2) визнано неефективним. Серед

напрямів подальших досліджень можна зазначити розробку методів врахування ГУ у дво- та тривимірних ЕС з довільною формою меж, а також створення «інтелектуальних» алгоритмів розміщення осцилетів, на кшталт тих, які розроблено для метода кінцевих елементів.

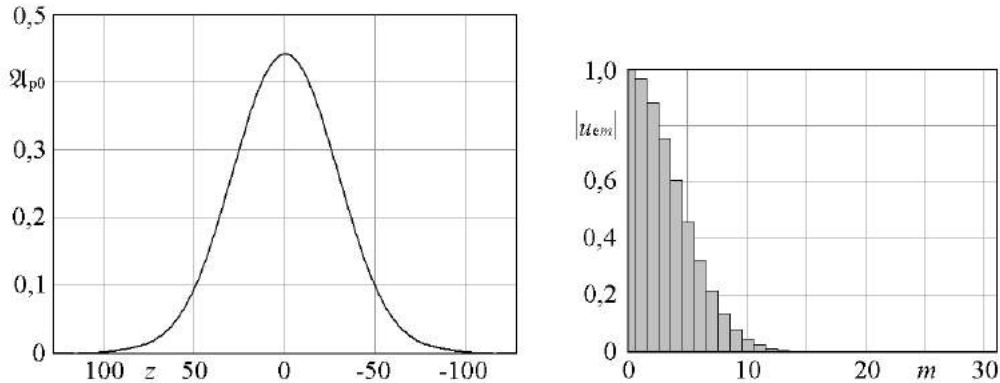


Рисунок 1 – Одновимірний осцилет з усіченим гаусовим нормуванням та його спектр у базисі власних функцій коливальної системи

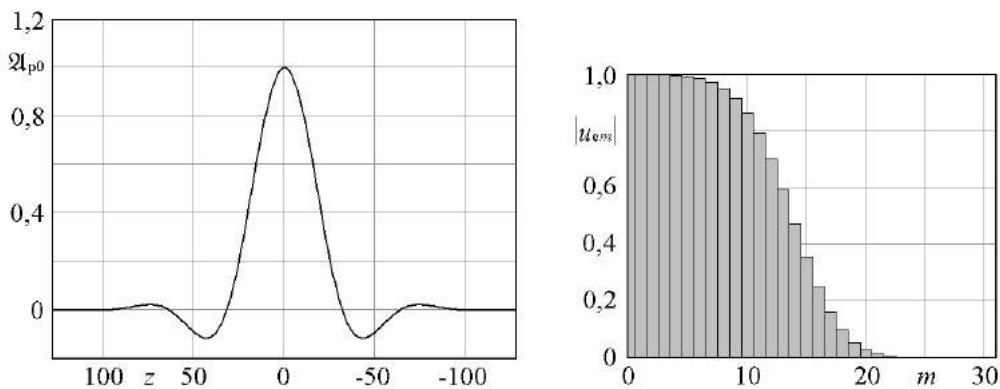


Рисунок 2 – Осцилет з амплітудним нормуванням, зважений гаусовим вікном, та його спектр у базисі власних функцій коливальної системи

Список використаних джерел:

1. Sadiku, M. N. O. Numerical Techniques in Electromagnetics. Boca Raton, FL, 2001. 750 p.
2. Грицунов, А. В. Методы расчета нестационарных негармонических полей в направляющих электродинамических системах // Радиотехника и электроника, 2007, т. 52, № 6. С. 645-661.
3. Грицунов, А. В. Разложение нестационарных электромагнитных потенциалов по парциальным функциям электродинамической системы // Известия ВУЗов. Радиоэлектроника, 2006, т. 49, № 7. С. 10-20.
4. Bilotserkivska, A., Bondarenko, I., Gritsunov, A., *et al.* Decomposition of EM potential in partial modes of irregular electrodynamic systems // 2022 2nd Ukrainian Microwave Week (UkrMW-2022). Kharkiv, Ukraine. P. 263-268.