

НЕЙРОМЕРЕЖЕВА МОДЕЛЬ НВЧ ПОЛЬОВОГО ТРАНЗИСТОРА З БАР'ЄРОМ ШОТКІ

Каштальян А.С.

Хмельницький національний університет, Україна

E-mail: yantonina@ukr.net

Анотація — Розглянуто побудову моделей напівпровідникових компонентів на основі нейромережевого підходу. Проведено аналіз адекватності нейромережевої моделі НВЧ польового транзистора з бар'єром Шоткі, що відрізняється нелінійними характеристиками.

1. Вступ

Синтез моделей напівпровідникових компонентів, зокрема в НВЧ діапазоні, спряжений з певними труднощами, що зумовлені нелінійністю характеристик таких компонентів. Як наслідок ускладнюється моделювання складних аналогових систем. Основними завданнями моделювання постають: по-перше, створення моделей елементів та систем, яких ще не існує; по-друге, створення більш точних та ефективних моделей існуючих електронних систем та компонентів [1]. Наявність таких моделей пришвидшує процес розробки та зменшує вартість проектування за рахунок зменшення експериментальних досліджень.

2. Основна частина

При розробці чисельної моделі компонента на основі отриманих експериментальних даних для розв'язку задачі апроксимації можуть застосовуватись різні архітектури нейронних мереж: багатопшарові мережі прямого розповсюдження, радіально-базисні нейронні мережі, нейронні мережі із зворотними зв'язками і т.д. В даній роботі розглянуто модель НВЧ транзистора з бар'єром Шоткі, побудовану на основі багатопшарової нейронної мережі прямого розповсюдження, яка може апроксимувати неперервну функцію n змінних з будь-яким рівнем точності [2]. Один або декілька шарів нейронів з нелінійною функцією перетворення дозволяє мережі встановлювати нелінійні зв'язки між вхідними та вихідними векторами.

Розглянемо нейронну мережу прямого розповсюдження, яка містить нульовий вхідний шар та k вихідних шарів, шар k містить N_k нейронів, вектор вказує на врахування всіх нейронів окремого шару. Отже, нейронна мережа має вхідний вектор $\bar{x}^{(0)}$ і вихідний вектор $\bar{x}^{(k)}$. Функція активації y_{ik} одного окремого i -го нейрона k -го шару буде

$$\tau_{2,ik} \frac{d^2 y_{ik}}{dt^2} + \tau_{1,ik} \frac{dy_{ik}}{dt} + y_{ik} = F^{(ik)}(s_{ik}, \delta_{ik}), \quad (1)$$

де $\tau_{2,ik}$ — сталі часу; $F^{(ik)}$ — нелінійна функція із оптимальним перехідним параметром δ_{ik} . Зважена сума s_{ik} результатів попереднього шару далі визначається як

$$\begin{aligned} s_{ik} &= \bar{w}_{ik} \cdot \bar{y}_{k-1} - \theta_{ik} + \bar{v}_{ik} \frac{d\bar{y}_{k-1}}{dt} \\ &= \sum_{j=1}^{N_{k-1}} w_{ijk} y_{j,k-1} - \theta_{ik} + \sum_{j=1}^{N_{k-1}} v_{ijk} \frac{dy_{j,k-1}}{dt}, \quad (2) \end{aligned}$$

де для $k > 1$, включаючи вагові коефіцієнти w_{ijk} та v_{ijk} ; θ_{ik} — параметр зміщення.

В результаті для довільного діапазону вихідних значень у випадку обмеженої функції $F^{(ik)}$ лінійна масштабована зміна додається до вихідного значення

$x_i^{(k)} = \alpha_i y_i K + \beta_i$, повертаючи вихідний вектор нейронної мережі $\bar{x}^{(k)}$.

На рівні пристрою практично завжди можна отримати числові експериментальні дані. З метою моделювання необхідно мати модель, яка може виходити за рамки експериментальних даних, але відповідає роботі досліджуваного пристрою. Модель звичайно складається з множини аналітичних функцій, які в системі визначають модель у постійному вхідному просторі. Функції мають бути згладжені, це означає, що похідні першого та вищого порядків неперервні для множини вхідних змінних. Крім того, для врахування ефекту на зразок затримки розповсюдження сигналу, модель пристрою може бути побудована з декількох квазістатичних моделей. Квазістатична модель складається з функцій, що описують статичну роботу, і доповнена функціями першої похідної, які відображають швидкість зміни вхідного сигналу.

Дослідження було проведено на основі польового транзистора з бар'єром Шоткі MGF1303B. Модель було побудовано на основі нейронної мережі прямого розповсюдження із сигмоїдальною функцією активації $F(s_{ik}) = \tan \text{sig}(s_{ik})$ у прихованому шарі та лінійною функцією активації $F(s_{ik}) = s_{ik}$ у вихідному шарі.

Було розглянуто моделі з різною будовою нейронної мережі, зокрема 2-4-2 (вихідний шар містить 2 нейрони, прихований — 4, вхідний — 2), 2-4-4-2 (мережа містить два прихованих шари), 2-6-2, 2-10-2, 2-6-6-2. Найкращі характеристики були отримані для моделі з архітектурою 2-4-4-2. Були досліджені залежності S параметрів від частоти в діапазоні від 0,5 до 18 ГГц. Середньоквадратична похибка моделювання відносно експериментальних даних складала 2,492e-04, що відображає збіг експериментальних залежностей і залежностей, отриманих в результаті моделювання.

3. Висновки

Складна фізична модель НВЧ транзистора може бути замінена більш простою нейромережевою макромоделлю із збереженням, або навіть підвищенням, точності. Отримані результати моделювання матриці \bar{S} параметрів підтверджують адекватність моделі, оскільки відповідають отриманим експериментально.

4. Список літератури

- [1] Chua L. Linear and Nonlinear Circuit / L. Chua, C. Desoer, E. Kuh. — New York: McGraw Hill, 1987. — 839 p.
- [2] Haykin S. Neural Networks: A Comprehensive Foundation, 2nd Ed. / S. Haykin. — Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1999. — 823 p.

NEURAL NETWORK MODEL OF A MICROWAVE FIELD TRANSISTOR WITH A SHOTTKY JUNCTION

Kashtalian A.S.

Khmelnytskyi National University, Ukraine

Abstract — The synthesis of semiconductor components models, which based on neural networks, is considered. The analysis of the correspondence of a neural network model of a microwave field transistor with Shottky junction was done.