

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МИКРОВОЛНОВЫХ УСТРОЙСТВ

Адаменко В. А., Мирских Г. А.
Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»
г. Киев, 2100 Радиотехнический факультет, 03056, Украина
тел.: +380979117305, e-mail: v.adamenko@kpi.ua

Аннотация — Рассмотрены преимущества применения нейронных сетей для проектирования микроволновых устройств. Обоснована эффективность решения задач, связанных с особенностями аппроксимации характеристик микроволновых устройств, с помощью ансамбля нейронных сетей. Предложено архитектуру ансамбля, который используется для практической реализации металлодиэлектрических микроволновых фильтров, с учетом особенностей их характеристик в полосах заграждения выше и ниже полосы пропускания. Показана целесообразность использования предложенной архитектуры сети при решении задач комплексного проектирования микроволновых устройств.

I. Введение

Одной из основных проблем при проектировании любого микроволнового устройства (МУ) является создание его адекватной математической модели. Сейчас в процессе проектирования МУ используются две методологии, одна из которых базируется на классических методах синтеза [1], а вторая на решении оптимизационных задач. В любом случае в той или иной степени используются результаты аналитического анализа соответствующих электродинамических структур. При этом, как правило, не удается достичь приемлемой точности проектирования, что требует экспериментальной «доводки» устройства. Такую «доводку» можно форматировать как этап обучения разработчика МУ, формирования его профессионального опыта, который активно используется в последующих проектах аналогичных МУ.

Представляет практический интерес использование результатов экспериментального исследования и/или «доводки» МУ для соответствующей коррекции исходной расчетной математической модели. То есть, эффективность проектирования можно было бы существенно повысить, используя процедуру «обучения» модели. Для решения задачи такого «обучения» предлагается использовать искусственную нейронную сеть как универсальный аппроксимирующий инструмент, который позволяет создавать «интеллектуальные модели», обучаемые по результатам математического исследования устройства и, в дальнейшем подучивающиеся на основании данных полученных в результате «доводки» или целенаправленного эксперимента [3].

В настоящей работе рассмотрены особенности построения и использования искусственных нейронных сетей для решения указанной задачи.

II. Особенности архитектуры

Базовой характеристикой искусственной нейронной сети является ее архитектура, которая формируется на основании анализа входных и выходных данных. От правильного выбора архитектуры зависит не только скорость, но и сама возможность обучения нейронной сети [2]. В большинстве случаев проблемы обучения характерны исключительно для сложных функций со значительным (десяtkи дБ) диапазоном изменения выходных параметров и ме-

няющимся характером поведения в зависимости от входных данных. К подобным функциям можно, например, отнести характеристики частотных фильтров, особенно тех, структура которых приводит к резкой асимметрии в области затухания выше и ниже полосы пропускания.

Для решения поставленных задач предлагается использовать предложенную модификацию архитектуры ансамбля нейронных сетей [3], которая позволяет наиболее гибко реагировать на изменения входных и выходных данных, как во время первичного обучения, так и в процессе дополнительного обучения на основании получаемых экспериментальных данных. На рис.1 показан ансамбль, разработанный для решения задачи аппроксимации характеристики полосно-пропускающих металлодиэлектрических фильтров (МДФ) в процессе их синтеза. Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) таких фильтров обладает указанными особенностями асимметрии.

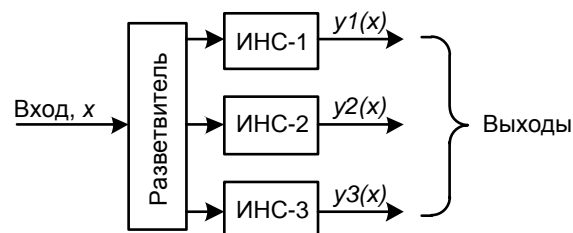


Рис. 1. Модифицированный ансамбль нейронных сетей.

Fig. 1. The modified neural network ensemble

К особенностям этого ансамбля относится наличие разветвителя, который распределяет входной сигнал x (критерием распределения является значение граничной частоты полосы пропускания) между искусственными нейронными сетями (ИНС-1, ИНС-2, ИНС-3). После соответствующего обучения (основного и дополнительного) на выходах этих сетей можно получить значения затухания как в полосе пропускания ($y_1(x)$), так и в полосе заграждения выше ($y_2(x)$) и ниже ($y_3(x)$) полосы пропускания. Такое распределение выходных сигналов позволяет значительно упростить архитектуру отдельных нейронных сетей и избежать проблем с ее обучением и эксплуатацией.

III. Результаты испытаний

Нейронная сеть предложенной архитектуры в качестве испытания была обучена на аппроксимацию классической характеристики Чебышева для фильтра с тремя и четырьмя резонаторами. В дальнейшем сеть была подучена на основании данных полученных в ходе экспериментов с реальными конструкциями МДФ. Эти данные существенно отличались от расчетных, особенно, в полосе заграждения выше и ниже полосы пропускания.

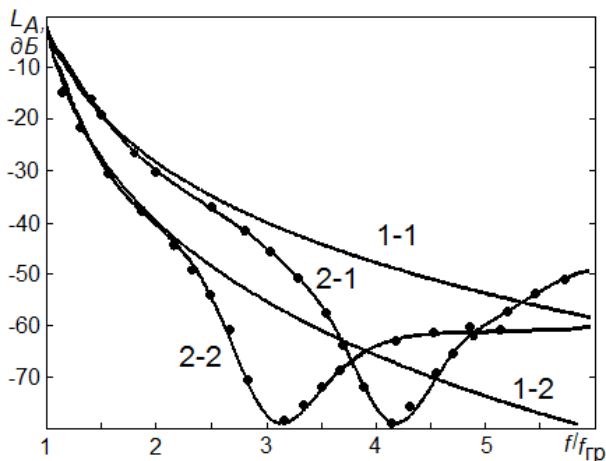


Рис. 2. Характеристика частотных фильтров с 3-мя (кривые 1-1, 2-1) и 4-мя (кривые 1-2, 2-2) резонаторами.

Fig. 2. Frequency filters characteristics with 3 (curves 1-1, 2-1) and 4 (curves 1-2, 2-2) resonators

На рис. 2 показаны отличия расчетных характеристик (кривые 1-1 и 1-2), от экспериментальных данных (точки) в полосе заграждения. В результате нейронная сеть с достаточной точностью отобразила характер поведения функции в полосе заграждения (кривые 2-1, 2-2). Это позволяет в дальнейшем во время проектирования МДФ с большей точностью рассчитывать количество резонаторов и учитывать особенности АЧХ при проектировании МДФ для конкретных целей (построение диплексеров, дополнительное подавление заданных полос и т.п.).

IV. Заключение

Использование искусственных нейронных сетей в задачах разработки МУ позволяет создавать универсальные математические модели, с элементами «интеллекта», направленное на имитацию «опыта разработчика», приобретаемого в результате обработки данных, полученных во время производства или направленных экспериментов.

Предложенная архитектура ансамбля нейронных сетей позволяет избежать многих проблем, которые возникают во время использования отдельных нейронных сетей в процессе, как первичного, так и дополнительного обучения.

Эксплуатация разработанной нейронной сети показывает целесообразность ее дальнейшего развития, в частности, в направлении учета и регулирования наличия порожденной конструктивными особенностями МУ взаимной связи между отдельными его функциональными характеристиками.

V. Список литературы

- [1] Маттей Д. Л., Янг Л., Джонс Е. М. Т. Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи в 2 т. / пер. с англ. под ред. Алексеева Л. В., Кушира Ф. В. М.: Связь, 1971. т. 1. 248 с.
- [2] Адаменко В. О., Мірських Г. О. Штучні нейронні мережі в задачах реалізації матеріальних об'єктів. Частина 1. Принципи побудови та класифікація // Вісник НТУУ "КПІ". Серія — Радіотехніка. Радіоапаратобудування, 2011. № 47. С. 176—189.
- [3] Адаменко В. О., Мірських Г. О. Штучні нейронні мережі в задачах реалізації матеріальних об'єктів. Частина 2. Особливості проектування та застосування // Вісник НТУУ "КПІ". Серія — Радіотехніка. Радіоапаратобудування, 2012. №48. С. 213—221.

USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR DEVELOPMENT OF MICROWAVE DEVICES

Adamenko V. A., Mirskikh G. A.
NTUU "KPI"

Radioengineering faculty
Kyiv, 03056, Ukraine

Ph.: +380979117305, e-mail: v.adamenko@kpi.ua

Abstract — The advantages of neural networks application for the development of microwave devices are considered. Expedience of problems solution related to the approximation peculiarities of the microwave devices characteristics using neural networks ensemble is validated. Ensemble architecture for characteristics approximation is proposed.

I. Introduction

The main problem in designing of microwave devices (MD) is the creation of its adequate mathematical model. Now process of MD designing uses the results of the analytical analysis of the electrodynamics' structures, though without acceptable precision of engineering. Efficient precision increase is possible with a prompt of a mathematical model. To solve the problem of such "training" it is proposed to use an artificial neural network as a universal approximating tool that allows creating an "intelligent model". The features of artificial neural networks construction and usage to solve this problem are described in this paper.

II. Architecture's Specifics

The basic characteristic of an artificial neural network is its architecture. In most cases, the training problems are characterized by extremely complex functions with a significant (tens of dB) variation range of output parameters, and the changing behavior depending on the input data.

Usage of the proposed modification of the neural networks ensemble architecture is proposed for problem solving. Figure 1 shows the ensemble, designed for approximating of the metal-dielectric bandpass filter (MDBF). The specifics of this ensemble are the presence of a splitter, which divides the input signal x (the distribution criterion is the value of bandwidth cutoff frequency) between the artificial neural networks (ANN-1, ANN-2, ANN-3).

This distribution of the output signals can significantly simplify the architecture of individual neural networks and avoid problems with its training and maintenance.

III. Experimental Data

The neural network architecture proposed as the test has been trained in the classical Chebyshev characteristics approximation of the filter with three and four resonators. The network was prompt on the basis of obtained data during the experiments with the real MDBF constructions.

Fig. 2 shows the differences between the calculated characteristics (curves 1-1 and 1-2), from the experimental data (points) in the stop band. As the result, the neural network with sufficient accuracy displayed the behavior of functions in the stop band.

IV. Conclusion

Using artificial neural networks for development of MD allows creating universal mathematical models, with the elements of «intelligence», directed on the imitation of «developer's experience», gained as a result of data processing during production or directed experiments.

Offered neural networks ensemble architecture allows avoiding many problems which arise up during the use of separate neural networks in the process of primary and additional training.

Operation of the developed neural network shows the expediency of its further development, particularly in the area of accounting and regulation interconnection between separated functional characteristics of MD.