

аэродинамического сопротивления, по крайней мере, вдвое больше, чем в статическом режиме [3]. Ни к какому нарушению закона сохранения энергии это, однако, не приводит. Потери энергии в основном создаются периферийной областью вращающейся плоскости. В величину силы аэродинамического сопротивления существенный вклад вносит область, близкая к оси вращения,

где линейная скорость минимальна. Это основной вывод настоящей работы. Без него пришлось бы смириться с завышенным значением мощности двигателя, необходимой для поддержания вращения с постоянной угловой скоростью. При этом реальность создания летательного аппарата с вращающимися плоскими крыльями [4] оказалась бы под угрозой.

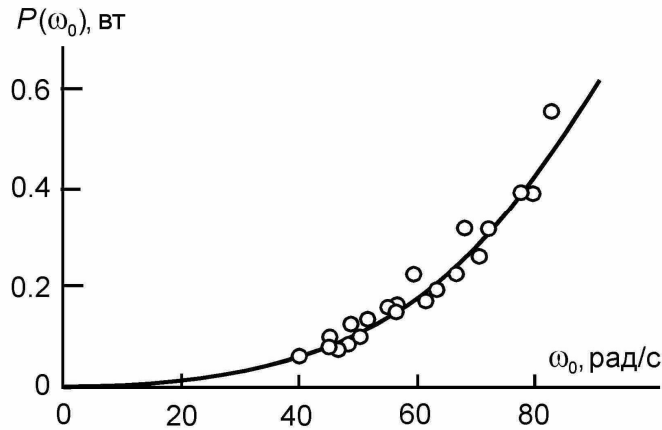


Рис. 2. Потери энергии как функция частоты

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Герасимов С.А. Эпициклоидное и поперечное вращение плоского крыла. // *Фундаментальные исследования*. 2007. № 5. С. 16-19.
2. Sovran G., Morel T., Mason W.T. *Aerodynamic Drag Mechanisms of Bluff Bodies and Road Vehicles*. – New York: Plenum Press, 1978. – 360 p.
3. Благодарный В.В. Маятник Максвелла в опытах по аэродинамике. // *Учебная физика*. 2007. № 1. С. 103-106.
4. Герасимов С.А. Летательный аппарат с полупериодным экранированием вращающегося крыла. // *Техника и технология*. 2007. № 1. С. 8-10.

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ ДЛЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СТРУКТУРЫ МОДУЛЯРНЫХ СПЕЦПРОЦЕССОРОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

Калмыков И.А., Воронкин Р.А., Тимошенко Л.И., Резеньков Д.Н., Емарлукова Я.В.
*Ставропольский военный институт связи
 Ракетных войск
 Ставрополь, Россия*

Современный этап развития спецпроцессоров (СП) цифровой обработки сигналов (ЦОС) характеризуется разработкой и применением параллельных вычислительных устройств. В работах [1-3] показана целесообразность реализации ортогональных преобразований сигналов с использованием математических моделей, обладающих свойством кольца и поля, в частности, полиномиальной системы классов вычетов (ПСКВ). В данной системе в качестве модулей непозиционной системы используются неприводимые минимальные многочлены поля Галуа $p_1(z), p_2(z), \dots, p_n(z)$, что позволяет задать следующее отображение

$$(X_1(l), \dots, X_n(l)) = \left(\sum_{j=0}^{d-1} x_1(j) \beta_1^{jl}, \dots, \sum_{j=0}^{d-1} x_n(j) \beta_n^{jl} \right), \tag{1}$$

$$x_i(j) \equiv x(j) \bmod p_i(z); \beta_i^{\pm jl} \equiv \beta^{\pm jl} \bmod p_i(z);$$

где $X_i(l) \equiv X(l) \bmod p_i(z)$

Приравнивая соответствующие координаты, получаем n пар преобразования аналогичного ДПФ

$$\begin{cases} X_1(l) = \sum_{j=0}^{d-1} x_1(j) \beta_1^{jl} \bmod p_1(z) \\ \vdots \\ X_n(l) = \sum_{j=0}^{d-1} x_n(j) \beta_n^{jl} \bmod p_n(z) \end{cases}, \quad (2)$$

Применение ПСКВ позволяет свести вычисление ортогональных преобразований сигналов в поле Галуа над кольцом $M(z)$ к n независимым вычислениям, проводимым по модулям $p_i(z)$. При этом вычисления организуются параллельно, помодульно и независимо друг от друга.

Характерной чертой всех арифметических устройств, функционирующих в ПСКВ, является необходимость выполнения суммирования по модулю 2. Следовательно от реализации данной операции во многом будет зависеть эффективность работы всего СП ЦОС. Качественным скачком в обеспечении реального масштаба времени является использование нейросетевого ло-

гического базиса (НЛБ). Структура алгоритма обработки данных, представленных в модульной ПСКВ, как и структура НЛБ обладает естественным параллелизмом, что позволяет эффективно использовать нейронные сети (НС) при реализации СП ЦОС [2,3].

Проведенный анализ известных алгоритмов реализации многовоковых сумматоров по модулю 2 показал, что они обладают рядом недостатков, основным из которых является невозможность обучения нейронной сети. Для решения данной проблемы предлагается изменить треугольную функцию активации на активационную функцию:

$$f(x) = \begin{cases} 1, x = 0 \\ 0, x \neq 0 \end{cases} \quad (3)$$

Данная функция может быть также определена с помощью предельного перехода

$$f(x) = \lim_{\sigma \rightarrow 0} \exp\left(-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

Предлагается для обучения НС использовать генетические алгоритмы, которые обладают следующими преимуществами [5,6]:

- малочувствительность к нерегулярностям поведения целевой функции;
- высокая эффективность в поиске глобальных минимумов адаптивных рельефов;
- достаточно высокая скорость обучения;
- возможность оперировать дискретными значениями параметров НС, что упрощает аппаратную реализацию нейронных сетей.

При обучении нейросетевого сумматора использовался мажоритарный генетический алгоритм с выделенной доминантой [6], что позволи-

ло оценивать степень приспособленности особи не только положительными значениями.

Для вычисления значения функции приспособленности формировались 2^n , где n – число входов нейросетевого сумматора, двоичных

векторов $\vec{x}^k, k = 1, \dots, 2^n$ соответствующих различным стоянием входов сети. Далее для каждого двоичного вектора \vec{x}^k определялось значение на

выходе нейронной сети $y(\vec{x}^k)$ и сумма по модулю 2 элементов двоичного вектора.

$$S(\vec{x}^k) = x_1^k \oplus x_2^k \oplus \dots \oplus x_n^k$$

Модуль разности $\left| y(\vec{x}^k) - S(\vec{x}^k) \right|$ определяет ошибку в вычислении суммы по модулю 2 для двоичного вектора \vec{x}^k . Тогда как отрица-

тельное значение суммы модулей разности для всех двоичных векторов использовалось для определения функции приспособленности особей популяции генетического алгоритма, иными словами

$$\mu(W^1, B^1, W^2, B^2) = - \sum_{k=1}^{2^n} \left| y(\vec{x}^k) - S(\vec{x}^k) \right| \rightarrow \max$$

где μ - степень приспособленности особи в популяции; W^1, W^2 - матрицы весовых коэффициентов нейронов скрытого и выходного слоев соответственно; B^1, B^2 - вектор-столбец смещений нейронов скрытого и выходного слоя НС. Очевидно, что глобальным максимумом функции приспособленности является значение $\mu=0$, когда

для всех двоичных векторов \vec{x}^k выполняется

$$\left| y(\vec{x}^k) - S(\vec{x}^k) \right| = 0$$

При обучении нейросетевого сумматора по модулю 2 удалось изменить его архитектуру таким образом, что весовые коэффициенты и смещения нейронов стали принадлежать трехэлементному множеству $\{-1;0;1\}$. На рисунке 1 представлена структура обученного четырехвходного сумматора по модулю 2.

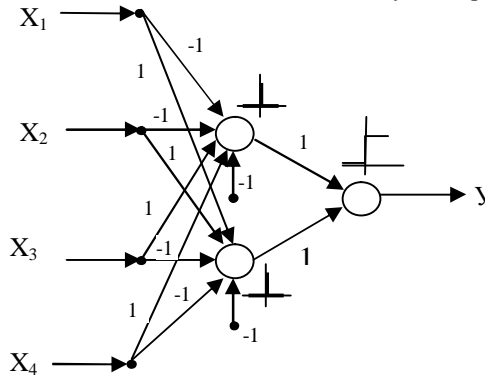


Рис. 1. Сумматор по модулю 2

В результате обучения получены следующие параметры нейронной сети

$$\left\{ \begin{array}{l} W^1 = \begin{pmatrix} -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \end{pmatrix}; \\ W^2 = (1 \quad 1); \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} B^1 = \begin{pmatrix} -1 \\ -1 \end{pmatrix} \\ B^2 = (0) \end{array} \right.$$

Таким образом, очевидно, что применение генетических алгоритмов позволило улучшить структуру нейросетевого сумматора по модулю 2 за счет уменьшения динамического диапазона значений параметров НС. Кроме того, за счет анализа аргументов функции активации удалось упростить активационную функцию нейронов скрытого слоя НС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Вариченко Л.В. Абстрактные алгебраические системы и цифровая обработка сигналов. - Киев: Наука думка, 1986. - 247 с.
2. Элементы компьютерной математики и нейроинформатики /Червяков Н.И., Калмыков И.А. и др.; Под ред. Н.И. Червякова. – М.: Физматлит, 2003. – 216 с.
3. Калмыков И.А. Математические модели нейросетевых отказоустойчивых вычислительных средств, функционирующих в полиномиальной системе классов вычетов/Под ред. Н.И. Червякова – М: Физматлит, 2005.-276 с.
4. Калмыков И.А., Резеньков Д.Н., Тимошенко Л.И. Непозиционное кодирование для отказоустойчивых СП ЦОС //Инфокоммуникационные технологии, 2007, № 3 – С.36-38.

5. Каллан Р. Основные концепции нейронных сетей.: Пер. с англ.: Изд. дом «Вильямс», 2001.

6. Чипига А.Ф., Воронкин Р.А. Реализация элитного отбора в математической модели мажоритарного генетического алгоритма //Системы управления и информационные технологии №2(19). – Москва-Воронеж, Научная книга, 2005.

**АЛГОРИТМЫ РЕЖЕКЦИИ
УЗКОПОЛОСНЫХ ПОМЕХ АДАПТИВНЫМ
ВЫРАВНИВАТЕЛЕМ**

Пак А.А.

*Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)
Москва, Россия*

Одним из наиболее распространенных видов структурных помех являются узкополосные помехи, воздействие которых приводит к существенному снижению помехоустойчивости приема.

Эффективным методом борьбы со структурными помехами является применение адаптивных выравнивателей (АВ) частотной характеристики канала связи. АВ представляет собой