

Далее применяется правило (5) для определения наилучшего решения. Величины $F_i^{\min}(\mathbf{x})$, $F_i^{\max}(\mathbf{x})$, $i = \overline{1, m}$ являются экстремальными оценками по всем проведенным итерациям, т. е. стремятся к соответствующим глобальным экстремумам по каждому критерию. Вид критерия (8) не требует специальной записи при $F_i^{\min}(\mathbf{x}) = 0$, что необходимо при использовании записи (4).

Список литературы

1. Пупков, К. А. Методы робастного, нейро-нечеткого и адаптивного управления / К. А. Пупков, Н. Д. Егупов, А. И. Гаврилов и др. – М. : Изд-во МГТУ, 2002. – 744 с.
2. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский ; пер. с польского И. Д. Рудинского. – М. : Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
3. Тенев, В. А. Применение генетических алгоритмов с вещественным кроссовером для минимизации функций большой размерности // Интеллектуальные системы в производстве. – 2006. – № 1 (7). – С. 93–107.

УДК 621.37/39

А. Ю. Печенкин, аспирант

Ижевский государственный технический университет

ОБ ОДНОМ СПОСОБЕ ЗАДАНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ОПЕРАТОРОВ В ГЕНЕТИЧЕСКОМ АЛГОРИТМЕ СИНТЕЗА РС-ЭЛЕМЕНТОВ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

В работе рассмотрен способ задания вероятностей выполнения операций изменения размеров и расположения контактных площадок по периметру резистивного слоя РС-элемента, основанный на определении оценки априорной вероятности улучшения целевой функции за счет изменения размеров и расположения контактных площадок.

РС-элементы с распределенными параметрами (РС-ЭРП) являются перспективной элементной базой функциональной микроэлектроники, позволяющей на основе определенным образом организованной материальной среды, представляющей из себя систему чередующихся резистивных, диэлектрических и проводящих слоев, выполнять функции аналоговой обработки сигналов высшего порядка (например, дробное интегрирование и дифференцирование, дробное преобразование Лапласа и др.) [1].

В работах [1; 2] предложено синтезировать конструкции двумерных однородных РС-ЭРП (ДО РС-ЭРП) по заданным частотным характеристикам, используя конечно-элементные модели ДО РС-ЭРП и генетический алгоритм оптимизации. Для повышения точности расчетов необходимо увеличивать число конечных элементов. В этом случае при числе конечных элементов $m = 100$ (при сетке 10×10) точность расчета составляет порядка 1 %; с увеличением m точность увеличивается пропорционально m , а время вычислений растет пропорционально $m^{3,8}$ [3]. Ясно, что решение задачи оптимизации, даже при использовании генетических алгоритмов, становится достаточно длительным уже при числе конечных элементов более 200.

В данной работе предлагается способ увеличения скорости сходимости алгоритма синтеза введением правил задания вероятностей выполнения операций изменения размеров и расположения контактных площадок по периметру резистивного слоя РС-ЭПП, основанный на определении оценки априорной вероятности улучшения целевой функции за счет изменения размеров и расположения контактных площадок РС-ЭПП, отражающий специфику объекта синтеза.

При многократном синтезе ДО РС-ЭПП было замечено, что положение и размер контактных площадок меняются только в начале синтеза. Через некоторое время, когда генетическим алгоритмом формируется более сложная топология, положение и размер контактных площадок практически не меняются, несмотря на то, что вероятности изменения их размеров и положения постоянны в течение всего времени синтеза. Для иллюстрации этой особенности на рис. 1 приведены топологии ДО РС-ЭПП, соответствующие различным стадиям процесса синтеза, полученные с помощью программы синтеза, описанной в работе [3]. Видно, что контактные площадки (нумерованные ячейки по периферии прямоугольной области элемента) зафиксировали свое положение после 20 циклов генетического алгоритма и не изменили его до конца синтеза.

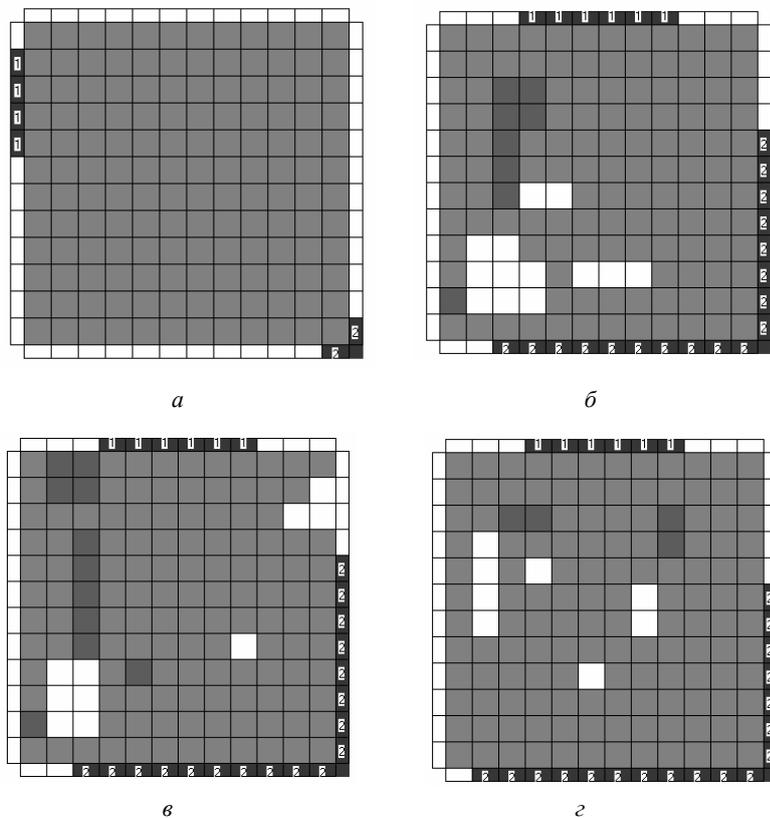


Рис. 1. Изменение топологии в процессе синтеза ДО РС-ЭПП: а – исходная; б – после 20 циклов ГА; в – после 80 циклов ГА; г – результат синтеза (160 циклов)

Для количественной характеристики замеченной закономерности была произведена оценка соотношения времени синтеза до фиксации положения и размеров контактных площадок и после фиксации до конца синтеза.

Исследования проводились при синтезе ДО РС-ЭРП по заданной крутизне АЧХ коэффициента передачи элемента, включенного по схеме ФНЧ, и при заданном постоянстве фазы ФЧХ входного сопротивления ДО РС-ЭРП при том же включении. В обоих случаях синтез проводился для двух значений критериев: для АЧХ – это крутизна, равная -50 и -24 дБ/дек., для ФЧХ – это значение постоянной фазы – $38 \pm 1^\circ$ и $-60 \pm 1^\circ$ в пределах декады частотного диапазона. Значения вероятностей изменения топологии слоев при синтезе АЧХ и ФЧХ возьмем оптимальными [4]. Для каждого значения критерия производилось 10 запусков программы синтеза при одинаковой топологии особой исходной популяции. Поскольку разница во времени выполнения циклов пренебрежимо мала, то процент времени, затраченного на синтез после фиксации контактных площадок, определялся из соотношения

$$k = \frac{n_{п.ф}}{n_{д.ф} + n_{п.ф}} \cdot 100 \%,$$

где $n_{п.ф}$ – количество циклов генетического алгоритма после фиксации контактных площадок; $n_{д.ф}$ – количество циклов генетического алгоритма до фиксации контактных площадок.

При проведении эксперимента была замечена интересная закономерность, заключающаяся в том, что момент фиксации параметров контактных площадок сопровождается резким изменением целевой функции *Fit* (рис. 2). Эта закономерность и была использована для регистрации момента фиксации положения и размеров контактных площадок.

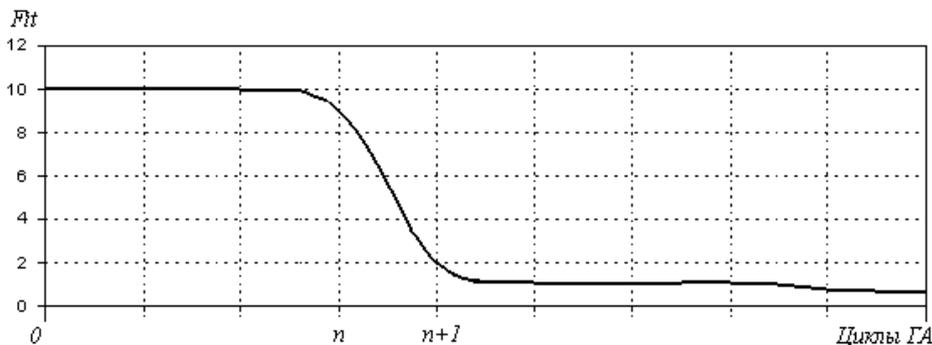


Рис. 2. Характер зависимости значения целевой функции при синтезе ДО РС-ЭРП от числа циклов генетического алгоритма вблизи момента фиксации параметров контактных площадок

Проведенные оценки показали, что в среднем 58 % (для АЧХ) и 56 % (для ФЧХ) времени размер и положение контактных площадок неизменны до конца синтеза ДО РС-ЭРП. Зная заданную вероятность изменения параметров контактных площадок и долю времени, в течение которого положение их остается неизменным,

можно найти долю времени работы генетического алгоритма, связанную с изменением топологии слоя контактных площадок без улучшения целевой функции.

Например, для синтеза АЧХ были выбраны вероятности изменения, соответственно, ширины и положения контактных площадок $w = 0,8$ и $p = 0,4$, а для синтеза ФЧХ – $w = 0,8$ и $p = 0,6$. В этом случае общая вероятность изменения слоя контактных площадок, как при синтезе АЧХ, так и при синтезе ФЧХ будет равна $0,8$, так как операции изменения положения и размера контактных площадок являются независимыми. Поскольку положение и размер контактных площадок остаются неизменными, то можно сделать вывод, что особи с измененными параметрами контактных площадок отбрасываются, не пройдя отбор. То есть приблизительно 80 % времени синтеза после фиксации контактных площадок оказывается бесполезным.

Таким образом, можно существенно уменьшить время синтеза за счет сокращения времени работы генетического алгоритма при фиксированных размерах и положении контактных площадок введением функциональной зависимости вероятности изменения топологии слоя контактных площадок.

Такая функциональная зависимость была реализована следующим образом:

$$w = \begin{cases} w_0, & \text{если } a > Fit, \\ \frac{Fit}{a} w_0, & \text{если } a \leq Fit, \end{cases} \quad p = \begin{cases} p_0, & \text{если } a > Fit, \\ \frac{Fit}{a} p_0, & \text{если } a \leq Fit, \end{cases}$$

где p и w – текущие вероятности изменения, соответственно, положения и ширины контактных площадок; p_0 и w_0 – заданные (исходные) вероятности изменения, соответственно, положения и ширины контактных площадок; a – задаваемое пороговое значение целевой функции, до которого вероятности изменения положения (ширины) контактных площадок неизменны; Fit – текущее значение целевой функции.

Функциональные зависимости вероятности изменения положения и размеров контактных площадок начинают работать с момента значения $Fit = a$. Причем вероятности p и w не становятся равными нулю, а уменьшаются пропорционально уменьшению значения целевой функции. Такой подход не исключает возможности улучшения популяции за счет параметров контактных площадок, но с ростом сложности топологии вероятность такого улучшения становится все меньше.

Результаты работы алгоритма синтеза с введенной функциональной зависимостью вероятности изменения топологии слоя контактных площадок показали, что при синтезе ДО РС-ЭРП по критерию крутизны АЧХ доля времени работы генетического алгоритма после фиксации контактных площадок снизилась в среднем с 58 до 24 %, а при синтезе по критерию постоянства фазы – с 56 до 39 %.

Список литературы

1. Гильмутдинов, А. Х. Резистивно-емкостные элементы с распределенными параметрами: анализ, синтез и применение / А. Х. Гильмутдинов. – Казань : Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2005. – 350 с.
2. Печенкин, А. Ю. Генетический алгоритм структурного синтеза РС-элементов с распределенными по поверхности параметрами / А. Ю. Печенкин // Надежность и качество : тр. Междунар. симпозиума ; под ред. Н. К. Юркова. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2005. – С. 204-205.
3. Печенкин, А. Ю. Разработка математической модели и программы анализа двумерных РС-элементов с распределенными параметрами типа R-C-G-0 / А. Ю. Печенкин, П. А. Уша-

ков. – Ижевск, 2006. – 24 с. : ил. – Библиогр. : 5 назв. – Рус. – Деп. в ВИНТИ 23.03.2006 № 303-В2006.

4. Печенкин, А. Ю. Способы повышения скорости сходимости генетического алгоритма синтеза топологии РС-элементов с распределенными параметрами по заданным частотным характеристикам / А. Ю. Печенкин, П. А. Ушаков // Приборостроение в XXI веке. Интеграция науки, образования и производства : тр. III науч.-техн. конф. (Ижевск, 14-15 апреля, 2006 г.). – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2006. – С. 81–85.

УДК 666.3-13

Ф. А. Уразбахтин, доктор технических наук, профессор;
Ф. Ф. Шайхразиев, ст. преподаватель;
А. Р. Хабиров, соискатель

Ижевский государственный технический университет (Воткинский филиал)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КАЧЕСТВА ОБЫКНОВЕННОГО КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА (КАМНЯ)

Предложена математическая модель качества керамического кирпича, основанная на количественной оценке предельных состояний. Предельное состояние считается наступившим, если нарушается хотя бы одно требование стандарта ГОСТ 530–95. Представлены числовые расчеты, проведенные на ЭВМ с помощью данной модели.

Большая часть зданий в нашей стране возводится из керамических кирпичей и камней. Это связано, во-первых, с выполнением ручной кладки стен без использования мощного грузоподъемного оборудования; во-вторых, кирпичи и камни с малыми габаритами дают большие возможности выбора эффективного архитектурного решения здания; наконец, в-третьих, мелкоштучные камни и кирпичи делают фактуру поверхности стен зданий более выразительной и масштабной [1]. В этих условиях керамические кирпичи и камни как стеновые строительные материалы должны соответствовать ряду требований. Для строящихся зданий эти требования столь важны, что оформлены в государственном стандарте [2] в виде ограничений и требований на ряд характеристик.

В данной работе, в отличие от работы [4], предложена математическая модель, позволяющая количественно оценить качество керамического кирпича или камня по всем требованиям, представленным в стандарте. Такая модель особенно необходима при производстве кирпича и состоит из набора оценок, каждая из которых определяет степень выполнения требования или ограничения ГОСТ 530–95 [3].

Все требования и ограничения разделены на четыре группы качества по внешнему виду, сопротивляемости наличию известковых включений, прочности и теплотехническим свойствам. Все эти свойства керамического кирпича (камня) количественно оцениваются отдельным показателем Y_i . Предполагая равнозначными все требования и ограничения, представленные в ГОСТ 530–95, совместно эти показатели дают общую оценку качества керамического кирпича или камня:

$$Y = \frac{1}{4} \sum_{i=1}^4 Y_i . \quad (1)$$