

P. A. Ushakov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

K. O. Maksimov, Applicant, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Development of Genetic Algorithm of Fractal Element Layout Synthesis Based on Resistance-Capacitance Medium with R-C-NR Structure of Layers

The paper considers the problems of coding the information on design, technology and circuitry parameters of a fractal element on the multilayered film basis of the resistor-capacitor medium, providing the performance of genetic operations of a genetic algorithm (GA). The synthesis algorithm of fractal elements layouts based on GA is developed and synthesis results are shown for the synthesis program developed by authors.

Key words: RC-element with distributed parameters, fractal element, genetic algorithm.

УДК 681.518.3+623.546

А. Ю. Вдовин, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

В. С. Казаков, кандидат технических наук, доцент, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

В. В. Коробейников, кандидат технических наук, доцент, Институт механики УрО РАН, Ижевск

В. А. Киселев, магистрант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ MICRO-CAP ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СВЕТОВЫХ ЭКРАНОВ

Приведены результаты моделирования в среде Micro-Cap оптического датчика, применяемого в системах определения внешнебаллистических параметров, и результаты исследования адекватности предложенной модели.

Ключевые слова: модель, датчик, световой экран, внешняя баллистика.

В настоящее время в информационно-измерительных системах для определения внешнебаллистических параметров пуль и снарядов применяются различные типы блокирующих устройств (акустические, соленоидные, оптико-электронные) [2–5]. Наиболее универсальными при этом являются системы на основе световых экранов, каждый из которых образован линейным излучателем и оптическим датчиком (фотоприемником). При пересечении пуль светового экрана часть светового потока от излучателя к фотоприемнику затеняется, в результате чего на выходе датчика формируется электрический импульс (сигнал).

В ряде случаев сигнал с оптического датчика сильно зашумлен, что обусловлено флюктуационными помехами и низкочастотными помехами, возникающими в связи с запитыванием излучателей от источника переменного напряжения. Поэтому в таких системах решающее значение приобретают алгоритмы цифровой обработки сигналов (в частности, применяется селекция по амплитуде и временная селекция длительности импульса для отсеечения ложных срабатываний). Параметры регистрируемого импульса зависят от геометрических размеров и скорости пули, а также других факторов и могут существенно отличаться при стрельбе из различных типов оружия. Поэтому для каждого конкретного типа пули желательно применять индивидуальный алгоритм обработки сигнала [3]. Номенклатура испытываемых

образцов стрелкового оружия (и, соответственно, патронов к ним) постоянно расширяется, причем стоимость выстрела (особенно для современных изделий) достаточно высока. В связи с этим для снижения стоимости проведения предварительных испытаний стрелкового оружия целесообразна разработка модели оптического датчика, на входе которой задается кривая изменения площади тени при пересечении пуль светового экрана, а на выходе снимается искомым импульс. На рис. 1 показана схема оптического датчика в среде Micro-Cap [6], при этом фотодиод заменен эквивалентной схемой из элементов V4, R11, П1 и D5.

На схеме V4 – источник напряжения, позволяющий задавать входные воздействия произвольной формы [7].

Для моделирования процесса пересечения светового экрана пуль сферической формы и получения кривой изменения площади тени в среде Lazarus была разработана программа, интерфейс которой показан на рис. 2.

Программа позволяет задавать диаметр пули и толщину светового экрана в пикселях (10 пикселей соответствуют 1 мм), тангенс угла наклона светового экрана в направлении стрельбы и скорость пули. Площадь тени S_T вычисляется путем статистического моделирования по методу Монте – Карло [6], при этом принято, что весовая функция светового экрана [1] равна константе, скорость пули при пересече-

нии светового экрана не меняется. Результатом работы программы является график изменения площади тени в виде массива изменений разности потенциалов на фотодиоде. Этот массив данных в дальнейшем определяет форму входного воздействия на V4 (рис. 1).

Исследования модели были выполнены при следующих условиях: толщина светового экрана 3 мм,

скорость пули 130 м/с, калибр 4,5 мм. Близкую скорость обеспечивает, например, пневматическая винтовка ИЖ-60, и для таких условий можно провести реальный эксперимент.

На рис. 3 показаны график изменения площади тени (результат работы программы), сигнал с выхода операционного усилителя (ОУ) X1 и реальный сигнал с датчика.

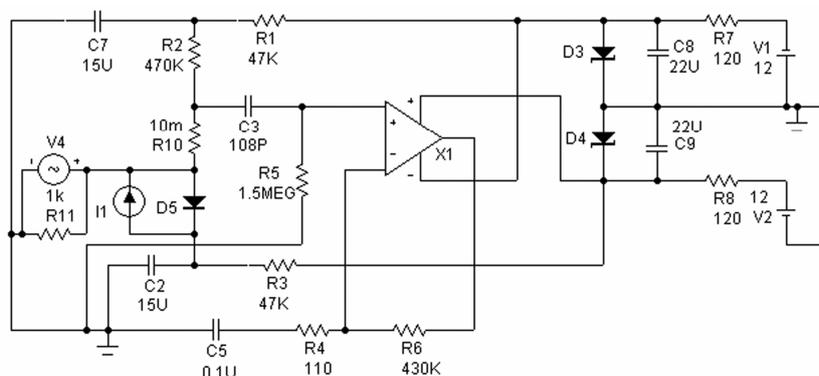


Рис. 1. Схема оптического датчика в Micro-Cap

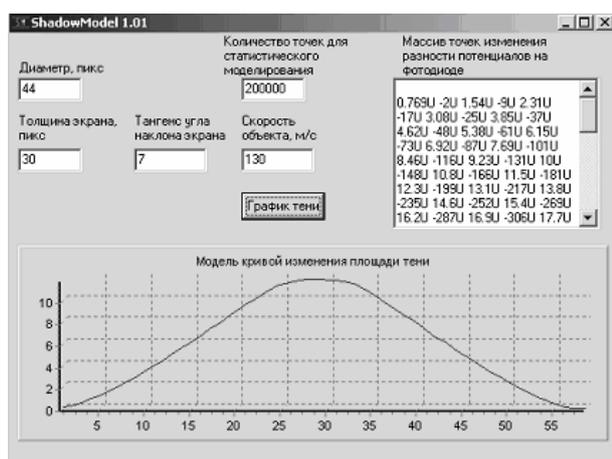
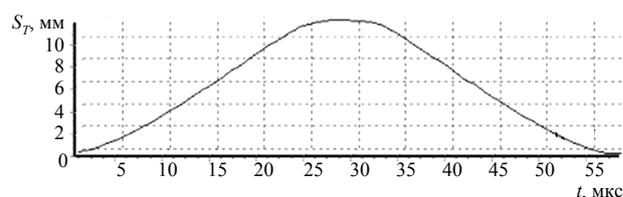


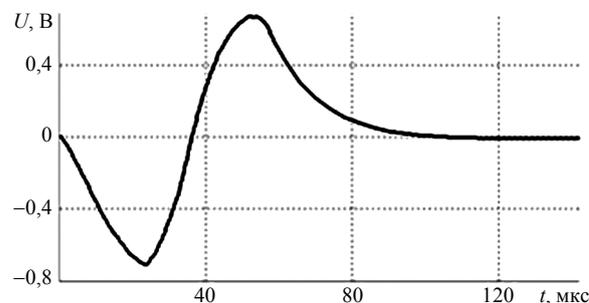
Рис. 2. Интерфейс программы

Для проверки адекватности полученной модели было выполнено три серии выстрелов при различных параметрах элементов фильтра оптического датчика R5 и C3 (элементы этого фильтра оказывают существенное влияние на параметры регистрируемого сигнала). Среди всех выстрелов трех серий были отобраны выстрелы (по одному из серии), у которых точки попадания в мишень были близки (расстояния между пробоинами были минимальны). Параметры сигналов (амплитуда и длительность фронта), полученных с датчика при выполнении этих выстрелов, и сигналов, полученных на модели, сведены в таблицу.

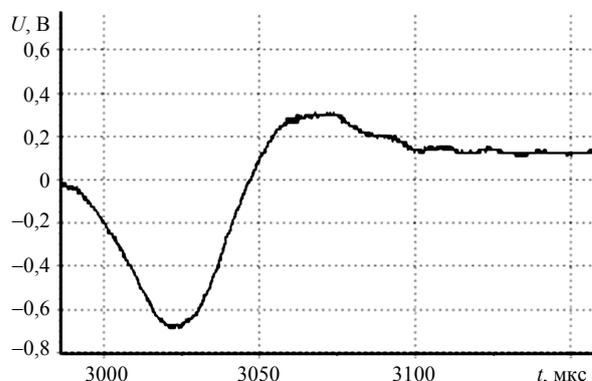
Разница в значениях параметров модельных и реальных сигналов объясняются неидентичностью параметров операционного усилителя и его модели, отклонением значений параметров дискретных компонентов схемы от номинальных, погрешностью в задании толщины светового экрана и др.



а



б



в

Рис. 3. Графики изменения площади тени (а), сигнала с выхода ОУ X1 (б) и реального сигнала (в)

Соответствие результатов моделирования реальному эксперименту

№ серии	R5, кОм	C3, нФ	Амплитуда, В		Длительность фронта, мкс	
			Реальный сигнал	Модель	Реальный сигнал	Модель
1	1500	0,108	0,66	0,71	22,2	17,3
2	95,5	0,108	0,32	0,31	20,2	13,1
3	95,5	11,068	0,95	0,77	21,7	17,3

Исследования показали, что параметры модельных сигналов соответствуют параметрам реальных сигналов на 80–95 %, что позволяет использовать представленную модель для предварительной настройки информационно-измерительной системы под конкретный тип применяемого патрона.

Библиографические ссылки

1. *Афанасьев В. А., Казаков В. С., Коробейников В. В.* Экспериментальное исследование эффективности исполь-

зования взвешенных моментов времени в световой мишени // Интеллектуальные системы в производстве. – 2010. – № 2. – С. 99–103.

2. *Афанасьева Н. Ю.* Информационно-измерительная система на основе световых экранов для испытаний стрелкового оружия : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2003.

3. Баллистические установки и их применение в экспериментальных исследованиях / под ред. Н. А. Златина и Г. И. Мишина. – М. : Наука, 1974. – 344 с.

4. *Вдовин А. Ю.* Разработка системы на основе световых экранов для определения внешнебаллистических параметров : дис. ... канд. техн. наук. – Ижевск, 2010.

5. *Коновалов А. А., Николаев Ю. В.* Внешняя баллистика. – Ижевск : Изд-во ИПМ УрО РАН, 2003. – 191 с.

6. *Мудров А. Е.* Численные методы для ПЭВМ на языках Бейсик, Фортран и Паскаль. – Томск : МП «РАСКО», 1991. – 272 с.

7. *Разевиг В. Д.* Схемотехническое моделирование с помощью Micro-Cap 7. – М. : Горячая линия–Телеком, 2003. – 368 с.

A. Yu. Vdovin, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. S. Kazakov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

V. V. Korobeynikov, PhD in Engineering, Associate Professor, Institute of Mechanics of the Ural Branch of RAS, Izhevsk

V. A. Kiselev, Master's degree student, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Optical Sensor Modeling in Micro-Cap Medium for Information-Measuring System on Basis of Light Screens

The paper presents results of Micro-Cap modeling of the optical sensor applied in systems of external ballistic parameters definition, and investigation results of research of the proposed model adequacy.

Key words: model, sensor, light screen, external ballistics.