

Загорулько О.М., Меланченко О.Г.

**МЕТОДИКА СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ АВТОНОМНОГО УПРАВЛІННЯ
ПОЛЬОТОМ АВТОМАТИЧНОГО КОСМІЧНОГО АПАРАТУ СПОСТЕРЕЖЕННЯ
ЗЕМЛІ**

У статті запропонована узагальнена методика створення системи автономного керування польотом (САКП), що забезпечує простоту проектування системи, надійність реалізації та повноту її перевірок.

Ключові слова: космічний апарат, управління польотом, автономність, відмовостійкість.

Zagorulko O., Melanchenko O.

**METHODS OF CONTROL OF AUTONOMOUS FLIGHT AUTOMATIC SPACECRAFT
REMOTE SENSING**

The paper proposes a generalized method of creating an autonomous flight control system for ease of system design, reliability and completeness of the implementation of its audits.

Keywords: spacecraft, flight control, autonomy, fault tolerance.

УДК 681.516.77:621.314.2

Жиленков А.А.

**РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ
И ИХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПИСАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ В СРЕДЕ MATHCAD**

Даны примеры построения математических моделей, описывающих работу схем полупроводниковых преобразователей с использованием созданных для этого функций решения нелинейных уравнений и их систем. Предлагаемые функции могут быть описаны как непосредственно средствами среды MathCad, так и компилированы в DDL-библиотеки. Интегрирование осуществляется методом Рунге-Кутты четвертого порядка с проверкой на каждом шагу интеграции полученного результата на предмет достижения определенных значений и условий.

При исследовании цепей, содержащих полупроводниковые преобразователи, как правило строятся математические модели, описывающие процессы, происходящие в схеме. Характер таких цепей предполагает изменчивую структуру, которая изменяется либо в заданных точках времени (подача импульсов на переключение ключей инвертора), либо в зависимости от изменения определенных параметров на участках цепей. Так, при моделировании работы выпрямителя, как правило, не учитывают процессы коммутации, которые предполагают контроль токов протекающих через вентили. Но существуют задачи, где пренебрегать такими особенностями схемы нельзя. Система дифференциальных уравнений (ДУ), учитывающая упомянутые особенности полупроводниковых схем, становится нелинейной в том смысле, что на каждом шаге интегрирования этой системы необходимо проверять полученный результат на достижение заданных условий, когда структура электрической

схемы должна измениться, а, следовательно, изменится и структура уравнений [1-5]. Между переключениями вентилей система уравнений может считаться линейной, то есть в общем мы в таком случае имеем дело с квазилинейной системой ДУ. Ввиду наглядности получаемых результатов и сохранения математического вида в настоящее время для построения математических моделей удобно использовать программу MathCad. Однако, встроенные функции данной программы не позволяют решать поставленные задачи.

Первый вид функции был создан для решения ДУ на интервале от заданной точки до точки, в которой происходит достижение определенного условия. Интегрирование происходит методом Рунге-Кутты четвертого порядка, с проверкой на каждом шагу интеграции полученного результата на предмет достижения заданных значений [5-7]. Такая функция, например, может быть использована для решения ДУ, описывающего работу однополупериодного выпрямителя на интервале от задаваемой в начальных условиях точки до закрытия вентиля, которое произойдет в момент достижения током, протекающим через него, нулевого значения. Функция названа $myrungeb(f, x_0, y_0, N, c, h)$, где f – функция описывающая правую часть ДУ; x_0 – начальная точка интервала интегрирования; y_0 – начальное условие; N – максимальное количество точек интегрирования (необходимо для ограничения интервала интегрирования, в случае, когда заданное условие не может быть достигнуто); c – условие окончания процесса; h – шаг интегрирования.

Функция возвращает матрицу, в которой первый столбец содержит номера шагов интегрирования, а второй – соответствующие им значения интегрированной функции. Текст программы представлен на рис.1, результат моделирования представлен на рис.2.

```
t := 0..100

L := 15    R := 1    e1(t) := 10·sin(t·0.1)
x0 := 0    y0 := 0    N := 600    c := 0    h := 1

f(t, y) :=  $\frac{e1(t) - R \cdot y}{L}$ 

z := myrungeb(f, x0, y0, N, c, h)

x := z<0>    y := z<1>    N := rows(z) - 1

i := 0..N
```

Рис.1. Программа, моделирующая работу однополупериодного выпрямителя

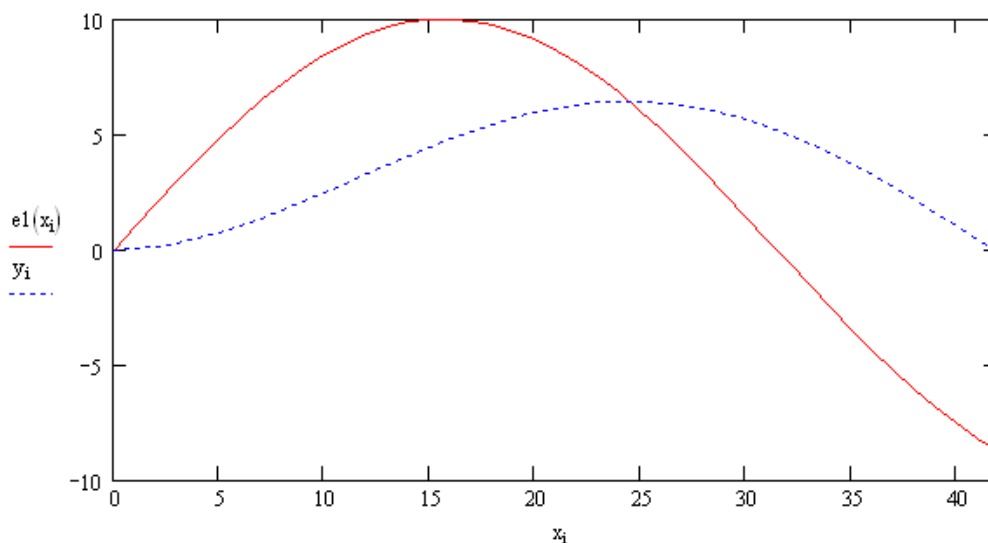


Рис.2. Результат моделирования

Воспользовавшись такой функцией, можно рассчитывать отдельные состояния схемы для разных её структур и затем «склеивать» их один за другим. Такой подход неудобен для анализа поведения исследуемой системы на больших интервалах и, кроме того, требует указания начальных условий для каждого нового интервала линейности. В связи с этим была создана следующая функция, позволяющая решать уравнение на сколь угодно больших интервалах, не заботясь о точности начальных условий. Пример её использования и результаты работы представлены на рис.3.

```
x0 := 0      y0 := 10      N := 200      h := 1
```

$$f(t,y) := \frac{e1(t) - R \cdot y}{L}$$

```
z := myrungek(f,x0,y0,N,h)
```

```
x := z<0>      y := z<1>
```

```
i := 0..N
```

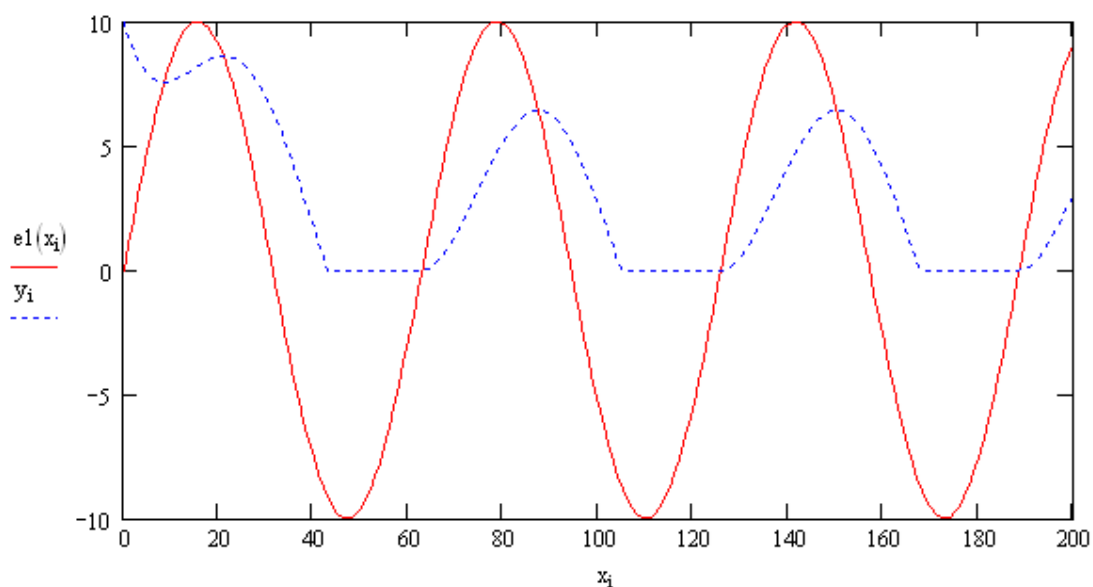


Рис.3. Вариант решения на большом интервале

Следующая функция позволяет решать системы нелинейных ДУ, и называется myrunge2. В качестве примера использования данной функции на рис.4 приведена программа, моделирующая работу однофазной нулевой схемы выпрямителя.

```
t := 0..100      i :=  $\begin{pmatrix} 3 \\ 0 \end{pmatrix}$ 
```

```
L := 20      R := 2      r := 1      x0 := 0      N := 140      h := 1
```

$$f(t) := \begin{bmatrix} \frac{-(R \cdot i_1 \cdot L - e1(t) \cdot L + R \cdot i_0 \cdot L + e2(t) \cdot Ld - Ld \cdot e1(t))}{L \cdot (L + 2 \cdot Ld)} \\ \frac{(e2(t) \cdot L + e2(t) \cdot Ld - R \cdot i_0 \cdot L - R \cdot i_1 \cdot L - Ld \cdot e1(t))}{L \cdot (L + 2 \cdot Ld)} \end{bmatrix} \quad D(t,i) := f(t)$$

```
z := myrunge2(D,x0,i,N,h)
```

```
x := z<0>      y := z<1>      y2 := z<2>      h1 := z<3>      h2 := z<4>
```

```
i := 0..N
```

Рис.4. Решение системы уравнений

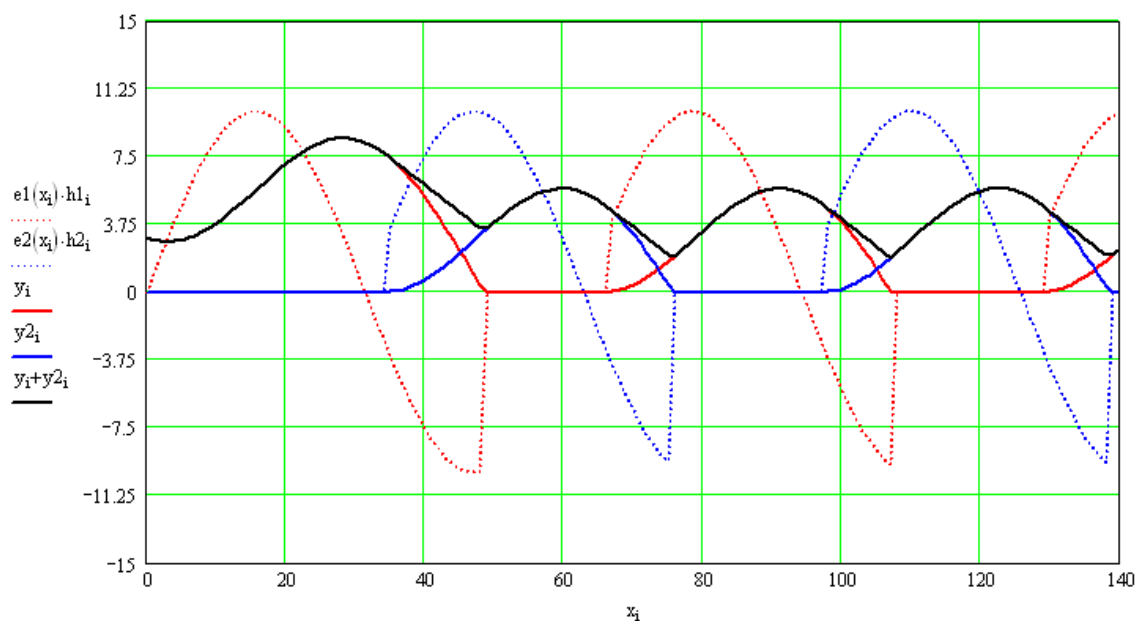


Рис.5. Результаты решения системы нелинейных уравнений

На рис.5 представлены графики, полученные в результате работы программы. Графики y и y_2 соответствуют токам, протекающим через вентили выпрямителя, а их суммарный график $y+y_2$ соответствует току, протекающему через нагрузку.

Из приведенных примеров видно, что с помощью разработанных функций возможно построение математических моделей, описывающих процессы, происходящие в цепях с полупроводниковыми ключами, которые особенно важны при анализе выпрямителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко В.М. Методы и алгоритмы анализа статических и динамических режимов нелинейных цепей. – Киев, 1974. – 105с.
2. Глухивский Л.И. Расчет периодических процессов электротехнических устройств. Львов: Вища школа, 1984. – 164с.
3. Aprille T.I., Triek T.N. A computer algorithm to determine the steady-state response for non-linear oscillator. // IEEE Trans. Circuit theory. 1972. – Vol. ct-19. – P.354-360.
4. Мерабишвили П.Ф., Случанко Е.И. Исследование переходных и установившихся процессов в трехфазных мостовых выпрямителях с помощью коммутационных функций. //Электричество. – 1973. - №4 – с.21-26.
5. Сипайлов Г.А., Лоос А.В. Математическое моделирование электрических машин (АВМ). - М.: Высш. школа, 1980. - 176с.
6. Шейнихович В.В., Климанов О.Н., Пайкин Ю.И., Зубарев Ю.Я. Качество электрической энергии на судах: Справочник/ КЗО-Л.: Судостроение, 1988.-160 с., ил. (Библиотека судового электротехника).
7. Чёрный С.Г. Оптимизация процесса структуризации кода / Чёрный С.Г. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. - № 2/2 (50). – С. 31-34.

Жиленков А.О.

РІШЕННЯ НЕЛІНІЙНИХ ДИФЕРЕНЦІАЛЬНИХ РІВНЯНЬ ТА ЇХ СИСТЕМ ДЛЯ ОПИСУ КЕРОВАНИХ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ У СЕРЕДОВИЩІ МАТНСАД

Дано приклади побудови математичних моделей, що описують роботу схем напівпровідникових перетворювачів з використанням створених для цього функцій вирішення нелінійних рівнянь та їх систем. Пропоновані функції можуть бути описані як

безпосередньо засобами середовища MathCad, так і компілювати в DDL-бібліотеки. Інтегрування здійснюється методом Рунге-Кутта четвертого порядку з перевіркою на кожному кроці інтеграції отриманого результату на предмет досягнення певних значень і умов.

Zhilentov A.

SOLVING OF NONLINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS AND THEIR SYSTEMS TO DESCRIBE THE CONTROLLED SEMICONDUCTOR CONVERTERS BY MATHCAD

Examples are given of the construction of mathematical models that describe the operation of schemes of semiconductor converters with features created for the solutions of the nonlinear equations and their systems. Proposed functions may be described as means directly medium MathCad, and compiled into DDL-library. The integration is carried out by the Runge-Kutta fourth-order with a check for every step of the integration of the result for the achievement of certain values and conditions.

УДК 681

Голиков С.П., Сметюх Н.П.

АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ТРАЛОВОГО ЛОВА КАК ОБЪЕКТА АВТОМАТИЗАЦИИ

В статье проведен анализ процесса тралового лова, определены динамические характеристики процесса как объекта управления. Составлена схема процесса, показана взаимосвязь внутренних параметров и внешних воздействий сложной системы. Представлены основные элементы композиционной схемы процесса тралового лова в структуре взаимосвязи параметров сложной системы.

Ключевые слова: трал, промысел, динамическая характеристика, ваер.

Введение. Среди продуктов питания, необходимых человеческому организму для нормального функционирования, особое место занимают морепродукты. Преобладающая часть мировой продукции рыболовства (70-75 млн.т) состоит из морских рыб, добываемых многочисленным рыболовным флотом (1170 тыс. единиц, тоннаж 25,4 млн.т). К 2025 году прогнозируется увеличение морских уловов до 130 млн. тонн и соответствующее увеличение количества рыболовных судов.

Современный рыбодобывающий флот превратился в мощный инструмент комплексного воздействия на морские экосистемы, что требует усиления мер по контролю и регулированию промысла с целью одновременного повышения промысловой эффективности и сохранения устойчивой сырьевой базы. Создание и внедрение автоматизированных управляющих промысловых комплексов является важнейшим этапом перехода к рациональному использованию биологических ресурсов, сокращению энергетических затрат на добычу объектов лова и улучшению качества добываемого сырья. Основным видом океанического промысла в настоящее время является траловый лов, на долю которого приходится 70% добытых морепродуктов, причем на долю разноглубинного тралового лова – 40%.

Анализ литературных данных и постановка задачи. Как было показано в работах [1,2] для получения полной характеристики процесса тралового лова необходим синтез математической модели системы «объект лова – трал – траловая лебедка – пропульсивный комплекс судна». Существующие математические модели [3,4] не в полной мере