

Ладогубец В.В., Крамар А.В., Финогенов А.Д.

УНК «ИПСА» НТУУ «КПИ»

Анализ эффективности выбора порядка в неявном методе численного интегрирования на основе разностей высших порядков

Математическая модель объекта может быть представлена совместной системой нелинейных алгебро-дифференциальных уравнений

$$f(\dot{x}, x, t) = 0, \quad (1)$$

где f и x – векторы. Современные модели электронных компонентов содержат большое число нелинейностей, что не дает возможности получить систему (1) в аналитическом виде и делает неприменимыми методы решения, использующие разделение переменных. Поэтому в современных пакетах САПР используются в основном неявные разностные методы, в том числе и на основе высших порядков [1]. При этом выбор порядка метода K осуществляется на основе прогноза погрешности $\varepsilon^1, \varepsilon^2, \dots, \varepsilon^k$, $1 \leq k \leq 6$ каждой составляющей вектора переменных x для методов 1, 2, ..., $(k+1)$ порядков, где

$$\varepsilon^k = \frac{h}{t_{n+1} - t_{n-k}} (x_{n+1} - x_{n+1}^0) \quad (2)$$

– ошибка формулы дифференцирования. Среди вычисленных погрешностей выбираются погрешности, соответствующие наименее точным компонентам вектора x : $e_i = \max(\varepsilon^i)$, $i = 1, 2, \dots, k+1$, и порядок метода выбирается равным порядку, при котором величина e_i минимальна. Для оценки корректности формулы (2) использовались схемы из тестового набора пакета Allted [2]. В отличие от базового алгоритма, на каждом временном шаге проводился расчет точного значения e_i с использованием базового алгоритма, но на каждом временном шаге определялось наличие отказа шага при всех порядках метода (табл. 1).

Таблица 1. Сравнение количества отказанных шагов при различных порядках метода

№	Схема	Отказанные шаги (из них успешные шаги при других порядках)				
		Leff ^a				
		1e-2	1e-3	1e-4	1e-5	1e-6
1	Fadd32	300(143)	230(97)	362(123)	580(188)	1355(704)
2	FHV	2723(1608)	76851(75729)	126213(123820)	– ^b	67854(57721)
3	ECL	12(1)	16(12)	20(10)	17(5)	23(3)
4	HDIG	147(28)	724(619)	373(61)	357(36)	442(46)

^a локальная точность решения по Ньютону

^b срыв процедуры интегрирования

Выводы. Результаты анализа показали, что в 10–90% случаев отказа шага при базовом порядке K , шаг был успешен при использовании других порядков. Устранение погрешности оценки (2), за счет расчетов на всех доступных порядках метода, позволит увеличить надежность решения, при этом, в виду независимости вычислений при различных порядках, могут быть эффективно использованы мультипроцессорные вычислительные системы.

Список литературы

1. Петренко А.И., Власов А.И., Тимченко А.П.: «Табличные методы моделирования электронных схем на ЭЦВМ», Киев, издательское объединение «Вища школа», 1977.
2. Petrenko A., Ladogubets V., Tchkalov V., Pudlowski Z. ALLTED – a computer-aided engineering system for electronic circuit design. (монографія) Melbourne: UICEE, 1997.