

# ИЗПОЛЗВАНЕ НА СЪВРЕМЕННИ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ АВТОМАТИЗАЦИЯТА НА НАУЧНИТЕ ИЗСЛЕДВАНИЯ В РУ „А. КЪНЧЕВ”. МОДЕЛИРАНЕ НА ХИБРИДНИ СИСТЕМИ

ИСПОЛЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЙ В РУСЕНСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ИМ. А. КЫНЧЕВА. МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИБРИДНЫХ СИСТЕМ

USE OF MODERN TECHNOLOGIES IN THE AUTOMATION OF RESEARCH IN THE UNIVERSITY OF RUSE. MODELING OF HYBRID SYSTEMS

Доц. д-р инж. Кръстев Г., Доц. д-р инж. Георгиев Цв.  
Русенски университет „Ангел Кънчев”, Русе, България

**Abstract:** The report gives an overview of the most popular programming environments for numerical modeling. A modeling approach for hybrid system based on the selected environment MATLAB with the appropriate extensions is described.

**KEYWORDS:** HYBRID SYSTEMS, SYSTEM MODELING, AUTOMATION OF SCIENTIFIC RESEARCH

## 1. Въведение

Хибридни системи могат да се срещат в системите за управление в промишлеността, в бита (сложни битови прибори), във военната област (високотехнологични видове оръжия), в областите на транспорта и комуникациите. Всички тези системи се състоят от аналогови и дискретни компоненти. Поради което тези системи са със сложни взаимодействия на дискретна и непрекъсната динамика. Те се характеризират не само с непрекъсната промяна на състоянията на системата но и скокообразни вариации в съответствие с логиката на работа на управляващата подсистема, ролята на което обикновено се изпълнява от изчислително устройство (краен автомат).

В табл.1 са показани някои от широко използваните програмни среди за числено моделиране. Накратко са систематизирани техните функционални възможности, операционната среда, в която работят и фирмата, която ги разработва.

Направения анализ показва че численото моделиране на системи, характеризиращи се със сложно поведение, към които могат да се причислят и хибридните системи, може да се извърши успешно с помощта на комбинацията MATLAB-SIMULINK-STATEFLOW. Ето защо този мощен универсален инструмент е избран в Русенския университет.

## 2. Изложение

Подходите за моделиране на хибридни системи са описани в [1, 2].

Един от разпространените подходи за представяне на такива системи е моделът на Nerode-Kohn [3], в който хибридната система се представя като обединение на непрекъснат обект и дискретен контролер.

Хибридният автомат е удобно да се представи с кортежа  $M=(Q, q_0, V, I, V_{IN}, E, A)$  където  $Q$  – е множество на състоянията,  $q_0 \in Q$  – начално състояние,  $V$  – множество на променливите (определяме също  $T_V$  – множеството на всички възможни стойности на променливите  $V$ ),  $I \in T_V$  – начални стойности на променливите;  $V_{IN}$  – множество на входните променливи (определяме също  $T_{VIN}$  – множеството на всички възможни стойности на променливите  $V_{IN}$ ),  $E$  – множество на събитията (преходите):  $E=(q_1, q_2, g)$ , където  $q_1$  – начално състояние,  $q_2$  – крайно състояние ( $q_1 \in Q, q_2 \in Q$ ),  $g$  – условие ( $g$  – подмножество на множествата  $T_V \times T_{VIN}$ ),  $A$  – изображение  $Q \times T_{VIN} \times T \rightarrow T_V$  – отразяващо промените на променливите при превключване в ново състояние.

Допълнително определяме и множеството на изходните променливи  $V_{OUT}$ , което е подмножество на множеството  $V$ . Също определяме и множеството от стойностите на изходните

променливи  $T_{VOUT}$ . Следва да се отбележи, че входните променливи, принадлежащи на множеството  $V_{IN}$ , могат да се променят както дискретно, така и непрекъснато, за разлика от променливите от множеството  $V$  (и съответствено, множеството  $V_{OUT}$ ), които са променят дискретно в моментите на промяната на състоянието  $q \in Q$  на автомата  $M$ .

По този начин автоматът се представя като звено осъществяващо преобразуване на вектора на входните променливи  $X_{IN}$  във вектор на изходните променливи  $X_{OUT}$ .

В пакета Stateflow автоматът се представя във вид на граф. Върховете на този граф съответстват на състоянията на автомата (множество  $Q$ ). Едно от състоянията е начално ( $q_0$ ).

На всяко ребро на графа се съпоставя условие, което определя множеството  $g$ . За всеки автомат се определя множеството на входните, изходните и локалните променливи. За всяка променлива се задава множеството от стойности. Множество от стойности на всяка променлива включва типа (цяла, реална, логическа и т.н.). Освен това за всяка променлива може да бъде зададен диапазона от стойности (минимална и максимална стойност).

Разглеждаме случая на представяне на ШИМ-формировател като автомат, където: множество на състоянията  $Q=\{on, off\}$ , начално състояние  $q=on(0)$ , множество на променливите  $V=\{Tr, Ts, oldtime, out\}$ , множество на входните променливи  $V_{IN}=\{time, Ton, Tshim\}$ , множество на изходните променливи  $V_{OUT}=\{out\}$ , начални стойности на променливите  $Tr=Ton(0), Ts=Tshim(0), oldtime=time(0), out=1$ , където  $Ton(0), Tshim(0), time(0)$  са стойности на входните променливи  $Ton, Tshim, time$  в началния момент, множество на преходите  $E=\{e_1, e_2\}$ : преход  $e_1$ : начално състояние  $q_1=on$ , крайно  $q_2=off$ , условието  $g$  се определя от условието  $time-oldtime>Tr$ ; преход  $e_2$ : начално състояние  $q_1=off$ , крайно  $q_2=on$ , условието  $g$  се определя от условието  $time-oldtime>Ts$ .

Изображението  $A$  се определя по следния начин:

- при вход в състояние  $off$ :  $out=0$ , останалите променливи не се променят;
- при вход в състояние  $on$ :  $Tr=Ton, Ts=Tshim, oldtime=time, out=1$ .

Променливите имат следния смисъл:  $time$  – време,  $Tshim$  – период на ШИМ,  $Ton$  – работен период,  $oldtime$  – времето изминало от момента на преход в състояние  $on$ . Променливите  $Tr$  и  $Ts$  съхраняват стойностите на променливите  $Ton$  и  $Tshim$  в продължение на един период на ШИМ. Промяната на параметрите на ШИМ е възможно от следващия период.

Времето, периода на ШИМ и работния период се изразяват чрез броя на импулсите на опорната честота.

Даденият автомат във вид на граф е представен на фиг. 1. Автоматът работи по следния начин. В началния момент той е в състояние  $q_0$ , което е състояние  $on$ . При това се променят параметрите определени от  $Tr=Ton, Ts=Tshim, oldtime=time$ ,

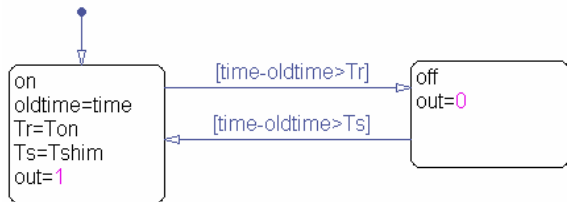
Табл. 1. Сравнение на някои софтуерни среди за числено моделиране

	Разработчик	Цена	Лиценз	Операционна система	Забележка
ADMB	D. Fournier, ADMB Project	Безплатен	BSD	Windows, Linux	Поддържа автоматично диференциране и е подходящ за решаване на сложни минимизационни задачи
Euler Math Toolbox	R. Grothmann	Безплатен	GPL	Windows, Linux	Представява също така и система за компютърно базирана алгебра
FreeMat	Samit Basu	Безплатен	GPL	Windows, Mac OS X, Linux	Връзка външен код на C, C++, и Fortran
GAUSS	Aptech Systems	\$ 70 (комерсиален)	Комерсиален	Windows, Mac OS X, Linux	Основно се използва в икономиката
IGOR Pro	WaveMetrics	\$550 (комерсиален) / \$395 (академичен) / \$85 (студентски)	Комерсиален	Windows, Mac OS X	Интерактивна графика, програмна среда, 2D/3D графики, използва се за научни изследвания и разработки
ILNumerics.Net	H. Kutschbach	Безплатен	LGPL	Windows, Mac OS X, Linux	2D/3D графики
LabVIEW	National Instruments	\$1199 (комерсиален) / \$99.95 (студентски)	Комерсиален	Windows, Mac OS X, Linux	Поддържа графичен (G език) и текстов (.m скрипт) програмен подход
Maple	Maplesoft	\$1895 (комерсиален) / \$99 (студентски)	Комерсиален	Windows, Mac OS X, Linux	Представява също така и система за компютърно базирана алгебра
Mathematica	Wolfram Research	\$1880 (комерсиален) / \$145 (студентски)	Комерсиален	Windows, Mac OS X, Linux	Представява също така и система за компютърно базирана алгебра
MATLAB	The MathWorks	\$1900 (комерсиален) / \$99 (студентски)	Комерсиален	Windows, Mac OS X, Linux	Провеждане на инженерни и научни изчисления с висококачествена визуализация на получените резултати
Mathnium	Mathnium Associates	Безплатен	Безплатен	Windows, Mac OS X, Linux	Java интерфейс и език подобен на Matlab
GNU Octave	John W. Eaton	Безплатен	GPL	Windows, Mac OS X, Linux	В по-голямата си част е съвместим с MATLAB
Origin	OriginLab	\$700 (академичен) / \$50 (студентски)	Комерсиален	Windows	Интерактивна графика, програмна среда, 2D/3D графики, използва се за научни изследвания и разработки
Perl Data Language	Karl Glazebrook	Безплатен	Artistic License	Windows, Mac OS X, Linux	Използва се в астрономията, океанографията, биофизиката и за симулации.
R	R Foundation	Безплатен	GPL	Windows, Mac OS X, Linux	Основно се използва за статистика
S-Lang	John E. Davis	Безплатен	GPL,	Windows, Mac OS X, Linux	Предлага се във версии като самостоятелен интерпретатор или за вграждане

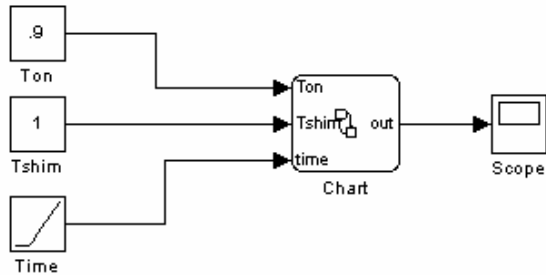
$out=1$ . Автоматът се намира в състояние  $on$  докато броят на импулсите на опорната честота, постъпили от момента на превключване в състояние  $on$  не превишава стойността на работния период  $T_r$ , след което се превключва в състояние  $off$  и се извършва присвояването  $out=0$ . Автоматът остава в състояние  $off$  докато броят на импулсите на опорната честота, постъпили от момента на превключване в състояние  $on$  не превиши стойността на периода на ШИМ  $T_s$ . Следва отново

превключване в състояние  $on$  и променливите  $Tr$  и  $Ts$  се зареждат новите стойности и променливата  $oldtime$  се нулира. На фиг. 2 е показана реализацията на модел на ШИМ в Simulink.

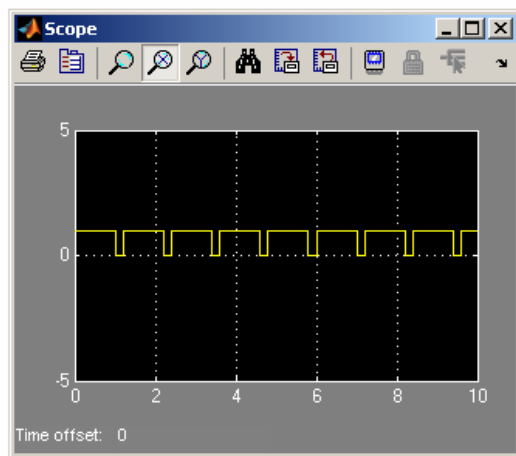
Резултатите от проведеното симулационно изследване при  $T_{on}=0.9$  и  $T_{on}=0.1$  са показани на фиг. 3 и фиг.4.



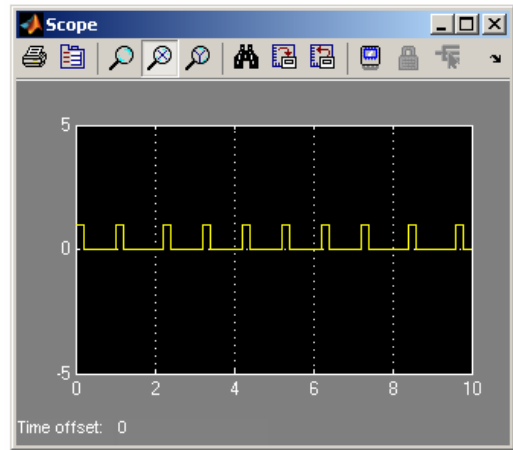
Фиг.1. Модел на ШИМ в програмната среда Stateflow.



Фиг.2. Модел на ШИМ в Simulink.



Фиг.3. Получени резултати при  $Ton=0.9$ .



Фиг.4. Получени резултати при  $Ton=0.1$ .

### 3. Заключение

В статията е разгледан един подход за представяне на хибридни системи, като обединение на непрекъснат и дискретен обект. На негова база се предлага модел на ШИМ. Предложеният модел може да намери широко приложение за получаване на по-точни резултати при моделиране на компютърни системи за управление, както и успешно да се приложи при моделиране на двигатели с вътрешно горене.

### 4. Литература

- [1] Branicky M.S., Borkar V.S., Mitter S.K. A Unified Framework for Hybrid Control: Background, Model, and Theory //Tech. Rep. LIDSP - 2239, Laboratory for Information and Decision Systems, MIT, April 2004.
- [2] Henzinger T. The theory of hybrid automata //Proc. of IEEE Symposium on logic in Computer Science, 2006, P. 278-292.
- [3] Nerode A., Kohn W. Model for Hybrid systems: Automata, topologies, stability. Technical Report 93-11, Mathematical Science Institute, Cornell University, March 2003.
- [4] Lygeros, John. Lecture Notes on Hybrid Systems. Department of Electrical and Computer Engineering, University of Patras, Greece, 2-6/2/2004