

Таким образом, был изучен принцип построения цифрового осциллографа, изготовлен USB осциллограф для исследования низкочастотных сигналов.

Литература

1. Фомичёв Ю.М., Сергеев В.М., Электроника. Элементная база, аналоговые и цифровые функциональные устройства // Учебное пособие – Томск, ТПУ, 2011.

2. Б.П. Хромой, Ю.Г. Моисеев. Электрорадиоизмерения. // Учебное пособие – М: издательство «Радио и связь», 1985.

3. Белов А.В., Конструирование устройств на микроконтроллерах // СПб: наука и техника 2005.

4. Техническая документация Atmel Tiny 45-20SU. Режим доступа: <http://datasheet.su/datasheet/Atmel/ATtiny45-20SU>.

ПРОГРАММА ДЛЯ РАСЧЕТА ИНДЕКСОВ КАУЗАЛЬНОСТИ ЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Рыбаков Е.А., Кочеткова Е.А., Мальшенко А.М.

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: Evgrybakov@gmail.com

Введение

Ряд фундаментальных свойств динамических систем, таких как устойчивость, управляемость, наблюдаемость, достижимость и другие давно являются объектом исследований многочисленных публикаций. Но в свою очередь каузальность начала приобретать свою значимость сравнительно недавно.

Каузальность (от англ. слова causality-причинность) характеризует вход-выходную взаимозависимость и инерционность процессов в управляемых объектах и системах. Связанные с каузальностью публикации в основном фиксируют наличие этого свойства у управляемого объекта или системы [1].

В качестве количественной меры каузальности для одномерных по входу и выходу динамических систем предложено использовать величину, названную характеристическим числом системы и определенную как момент времени t , при котором выход системы возбуждается входом, поступившим в момент $t=0$.

Для определения индексов каузальности для многомерных по входу и/или выходу динамических систем, имеющих уравнения динамики:

$$\begin{cases} x(t+1) = g(x(t), u(t), f(t)), \\ y(t) = h(x(t), u(t), f(t)). \end{cases} \quad (1)$$

С начальными условиями:

$$\begin{cases} x(0) = 0; \\ y(0) = 0. \end{cases} \quad (2)$$

где $x \in R^n$ – вектор состояния системы; $y \in R^p$ – вектор выхода системы; $u \in R^m$, $f \in R^r$ – вектор управляемого и неуправляемого входа системы.

Полагаем, что

$$g: R^n \times R^m \times R^r \rightarrow R^n; h: R^n \times R^m \times R^r \rightarrow R^p -$$

гладкие вектор-функции, причем

$$g(0, 0, 0) = 0;$$

$$h(0, 0, 0) = 0.$$

Введем обозначения:

$$x_0 = x(0); u_\nu = u(\nu); f_\nu = f(\nu);$$

$$g^\nu = g(g(\dots(g(g(x_0, u_0, f_0), u_1, f_1), u_2, f_2)\dots), u_{\nu-1}, f_{\nu-1})).$$

$h \circ g^\nu$ – однозначное вход-выходное отображение системы на интервале $0 \leq t \leq \nu$. Таким образом индекс каузальности $k_{ij}^u(k_{ij}^f)$ системы (1) по выходу $y_i, i \in \overline{1, p}$ и управления $u_j, j \in \overline{1, m}$ (возмущения $f_j, j \in \overline{1, r}$) – это наименьшее целое t , для которого при начальном состоянии (2).

$$\frac{\partial}{\partial u_j} (h_i \circ g^t) \neq 0 \left(\frac{\partial}{\partial f_j} (h_i \circ g^t) \neq 0 \right),$$

где $h_i(\cdot)$ – i -я строка вектор-функции $h(\cdot)$.

Способ определения индексов каузальности

Процедура вычисления индексов каузальности для линейных динамических систем, описываемых моделью «вход-состояние-выход» может быть проведена по диграфу системы (что эффективно лишь при относительно небольшой суммарной размерности ее векторов u, x, y). В противном случае она может быть заменена вычислением этих показателей по матрицам достижимости $S_N, N = \overline{1, n}$, которые для рассматриваемого класса систем определяются как

$$S_N = [s_{ij}]_{\alpha\alpha} = ([I_1 + E]^N)^* = ([S_1]^N)^*, \quad (4)$$

где I_1 – единичная $\alpha \times \alpha$ матрица; $\alpha = n + m + r$ – раз-

мерность матрицы; n – размерность вектора состояния; m – размерность вектора управления (возмущения); r – размерность вектора выхода; символ «*» – соответствующие преобразования выполняются по правилам булевой алгебры.

Используемая в (4) матрица смежности системы:

$$E = \begin{bmatrix} \overline{A}_{nn} & \vdots & \overline{B}_{nm} & \vdots & 0_{np} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0_{mn} & \vdots & 0_{mm} & \vdots & 0_{mp} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \overline{C}_{pn} & \vdots & \overline{D}_{pm} & \vdots & 0_{pp} \end{bmatrix}$$

Последняя для систем класса (1) представляет собой квадратную булеву матрицу размера $n \times n$ и формируется по матрицам параметров A, B, C, D системы (1) путем замены этих матриц на эквивалентные им (0,1)-матрицы \overline{A}_{nn} , \overline{B}_{nm} , \overline{C}_{pn} , \overline{D}_{pm} , отличающихся от A, B, C, D тем, что в них заменены единицами все их ненулевые элементы. Индексы указывают на размерность соответствующих блочных матриц.

Индексы каузальности системы могут быть определены и непосредственно по матрице смежности, точнее по множеству

$$SN = ([S_1]^N)^*, N \in \overline{1, n} \quad (5)$$

Если представить SN как блочную матрицу вида:

$$SN = \begin{bmatrix} SN_{nn} & \vdots & SN_{nm} & \vdots & 0_{np} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0_{mn} & \vdots & I_{mm} & \vdots & 0_{mp} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ SN_{pn} & \vdots & SN_{pm} & \vdots & I_{pp} \end{bmatrix},$$

то индексы каузальности системы будут определяться блочными матрицами SN_{pm} , $N = 1, 2, 3, \dots, n$. В частности, индекс каузальности системы по входу u_j и выходу y_i определяется как $k_{ij} = q - 1$, где q – наименьшая степень в ряду (5), при которой в матрице $Sq_{pm}(i,j)$ -ый элемент равен единице. Индексом каузальности k_i системы по выходу y_i будет уменьшенное на единицу значение q , при котором в i -й строке Sq_{pm} впервые появится единица, а индексом каузальности всей системы в целом – уменьшенное на единицу значение q , при котором в ряду Sq_{pm} впервые появится отличный от нуля элемент.

Алгоритм

Программный продукт работает по следующему алгоритму (рис. 1):

1. При запуске программы необходимо выбрать относительно чего (возмущения или управления) будут рассчитываться индексы каузальности.
2. Далее необходимо выбрать соответствующие вектора и вписать их размерности.
3. После этого требуется выбрать необходимые матрицы и внести их значения с клавиатуры.
4. Нажать на кнопку расчет.

Расчет производится следующим образом:

1. Рассчитываются скелетные матрицы.
2. Составляются матрицы смежности, и вычисляется выходная матрица индексов каузальности.

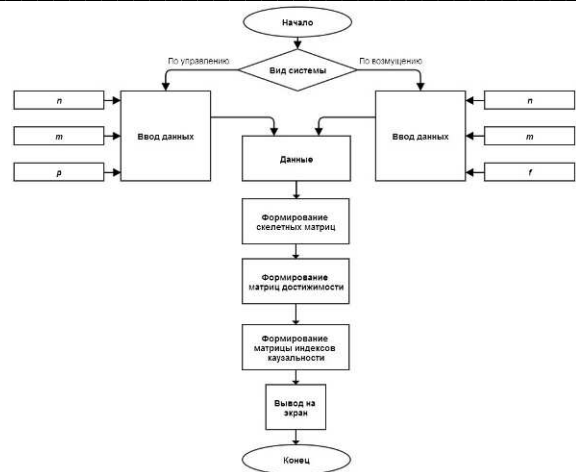


Рис. 1. Алгоритм работы программного продукта

В программе так же предусмотрен вывод промежуточных результатов, для этого необходимо кликнуть на кнопку: «Показать промежуточные результаты».

Пример работы

Выберем режим расчета индексов каузальности по управлению и введем случайные в числа в матрицы A, B, C, D соответственно (рис. 2).

Матрица состояния системы A:				Матрица управления B:			
	x1	x2	x3		u1	u2	u3
x1	11	0	0	x1	10	0	0
x2	57	22	0	x2	0	22	0
x3	3	0	0	x3	0	0	4

Матрица выхода C по состоянию:				Матрица выхода D по управлению:			
	x1	x2	x3		u1	u2	u3
y1	10	0	55	y1	0	2	3
y2	4	5	0	y2	1	0	5
y3	0	0	0	y3	0	0	3

Рис. 2. Введенные матрицы

Нажав на кнопку «Расчитать» получили результат, изображенный на (рис. 3).

Матрица K индексов каузальности системы:			
	u1	u2	u3
y1	1	1	1
y2	0	1	1
y3	∞	∞	1

Рис. 3. Результат выполнения

Если кликнуть по кнопке «Промежуточные результаты», то можно увидеть все матрицы смежности, по которым был произведен расчет (рис. 4).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
2	1	1	0	1	1	0	0	0	0
3	1	0	1	1	0	1	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0	0	0
7	1	0	1	1	1	1	1	0	0
8	1	1	0	1	1	1	0	1	0
9	0	0	0	0	0	1	0	0	1

Рис. 4. Промежуточный результат

Если проверить данную матрицу по методу ди-графа, то результаты совпадут.

Заключение

В настоящее время программа была подана на регистрацию программных продуктов. В программе используются алгоритмы предложенные Малышенко А.М. [1]. В настоящее время планируется разработка следующей версии программного продукта, в котором будут рассчитываться индексы каузальности для нелинейных систем, а так же интеграция с MS Office.

Литература

1. Малышенко А.М. Системы автоматического управления с избыточной размерностью вектора управления. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 302 с.
2. Lee H.G., Aropostathis A., Markus S.I. Linearisation of discrete-time systems // International Journal of Control. – 1987. – V. 45. – № 5. – P. 1803–1822.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛИНИИ В СРЕДЕ MexBIOS™ DEVELOPMENT STUDIO

Садыков И.Р., Мамонова Т.Е.

Томский политехнический университет
634050, Россия, г. Томск, пр-т Ленина, 30
E-mail: irsdkv@gmail.com

Введение

В настоящее время технологические процессы можно встретить на любом производстве. Для их внедрения в производство и обеспечения программной, а также информационной поддержки зачастую требуется выполнить множество дополнительных расчетов. Для ускорения процесса программного обеспечения технологических процессов применяется метод его визуального моделирования с использованием различных программных сред.

Моделирование любого технологического процесса позволяет проводить испытания и исследования с использованием модели объекта (процесса) в режиме реального времени, получить статическую информацию об объекте (процессе), выполнить подбор оборудования.

Целью представляемой работы является построение модели технологического процесса автоматизированной конвейерной линии для ее дальнейших исследований и внедрения на предприятии. Построение модели выполнено в среде MexBIOS Development Studio.

MexBIOS Development Studio – визуальная среда разработки и моделирования встроенного программного обеспечения систем управления электродвигателями, технологическими комплексами, программируемыми логическими контроллерами [1]. Используемая визуальная среда разработана компанией ООО «НПФ Мехатроника-ПРО». На рисунке 1 представлен интерфейс программы MexBIOS Development Studio.

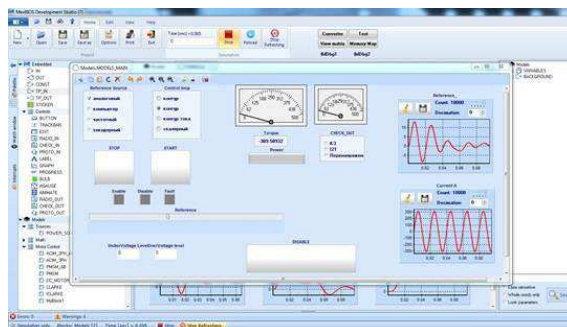


Рис. 1. Интерфейс программы MexBIOS Development Studio

Визуальная среда MexBIOS Development Studio предоставляет пользователю следующие возможности [1]:

- создавать собственные программы управления электродвигателями, технологическими комплексами, ПЛК;
- выполнять моделирование работы программы и электромеханических объектов и систем;
- производить отладку программы загруженной в микроконтроллер.

Функциональные возможности системы MexBIOS Development Studio

Система MexBIOS является программной платформой для создания программного обеспечения микроконтроллеров. Поддерживаются следующие способы разработки программного обеспечения [2]: