Об оценивании дискретной компоненты состояния кусочно-линейной системы

Царёв Михаил Дмитриевич

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: d9ld9lmisha@gmail.com

Рассматривается гибридная система с двумя режимами:

$$\begin{cases} \dot{x}(t) = A_i x(t) + B_i u(t) \\ y(t) = C_i x(t) + D_i u(t) \\ x(\tau_0) = x_{i0}, \end{cases} \tag{1}$$

— на некотором интервале времени $[\tau_0, \tau_1]$, на котором происходит не более одного переключения. Под переключением понимается мгновенная смена действующей подсистемы.

В работе решается задача идентификации действующего режима $i(t)$, а также исследуются условия, при которых такая идентификация возможна. Для этого используется понятие различимости систем.

Определение 1 (различимости)**.** *Две линейные подсистемы S_1 и S_2 называются различимыми на $[\tau_0, \tau_1]$, если для любого ненулевого $(x_{10}, x_{20}, u(\cdot))$ выходы $y_1(\cdot, x_{10}, u(\cdot))$ и $y_2(\cdot, x_{20}, u(\cdot))$, соответствующие подсистемам S_1 и S_2, не равны друг другу почти всюду на $[\tau_0, \tau_1]$.*

Факт различимости двух подсистем говорит о применимости алгоритма определения активного режима функционирования системы 1.

Из формулы Коши и уравнения наблюдения следует:

$$y(t) - \int\limits_{\tau_0}^{t} C_i e^{A_i(t-s)} B_i u(s) ds - D_i u(t) = C_i e^{A_i(t-\tau_0)} x_0 \tag{2}$$

На основании формулы 2 строится алгоритм отыскания функционирующего режима на заданном отрезке времени, заключающийся в разбиении отрезка $[\tau_0, \tau_1]$ на более короткие отрезки и решении уравнения 2 в обратном времени на каждом таком отрезке для каждой подсистемы. Ответом будет служить либо номер единственно активного режима, либо номера обоих режимов, если для каждой из подсистем существует совокупность решений уравнения 2 относительно x_0 в разные моменты времени.

При решении аналогичной задачи для гибридной системы с N режимами и конечным отрезком времени произвольной длины алгоритм применяется для каждой пары режимов на достаточно коротких промежутках времени, после чего составляются последовательности, элементы которых являются номерами возможно активных на этих промежутках режимов системы. Совокупность таких последовательностей является решением обобщённой задачи поиска активных режимов.

Иллюстрации

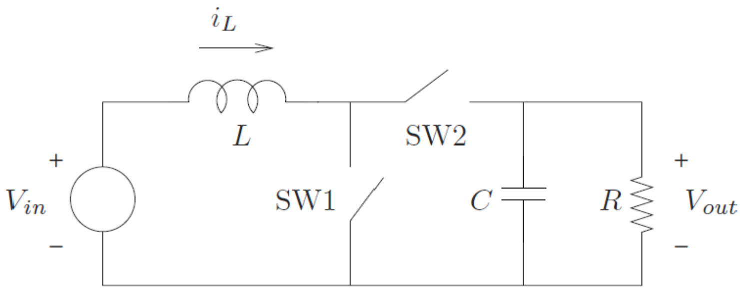

Схема цепи в DC-DC booster.

В качестве примера была разобрана система с двумя возможными режимами функционирования, соответствующими положениям переключателей в цепи. Применяя полученные в работе теоретические результаты к данной системе с разными матричными коэффициентами в уравнениях наблюдения, было продемонстрировано влияние вида уравнения наблюдения на возможность восстановления активного режима на каком-либо отрезке времени.

Литература

1. Куржанский А. Б. Лекции по курсу «Динамическое программирование и процессы управления». Кафедра системного анализа факультета ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова. 2014-2015.

2. Куржанский А. Б., Варайя П. Задачи динамики и управления в гибридных системах // Третий международный семинар «Динамическое программирование и процессы управления», Екатеринбург, 2005, С. 21–37.
3. Куржанский А. Б., Точилин П. А. Слабо инвариантые множества гибридных систем // Дифференциальные уравнения. Т. 44, № 11. С. 1523–1533.
4. Van der Schaft A., Schumacher H. An introduction to hybrid dynamical systems // Lecture Notes in control and information sciences (Book 251). 1999.
5. Lou H., Yan,R. Conditions for distinguishability and observability of switched linear systems // Nonlinear Analysis: Hybrid Systems. 2011. T. 5,№ 3. P. 427–445.
6. Motchon K. M. D., Pekpe K. M., Cassar J–P., De Bièvre S., Cocquempot V. Operating modes distinguishability condition in switching systems. In Proceedings of the 52nd IEEE Annual Conference on Decision and Control (CDC), Firenze, Italy, 2013, P. 79–84.
7. Senesky M., Eirea G., Koo T. J. Hybrid modelling and control of power electronics // Lecture Notes in Computer Science. 2003. № 2623. P. 450–465.