

СИНТЕЗ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ПРИ ОДНОСТОРОННИХ ОГРАНИЧЕНИЯХ НА УПРАВЛЯЮЩИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ¹

А.В. Уткин, В.А. Уткин

Аннотация. Отмечено, что в практических приложениях теории автоматического управления часто встречаются ситуации, когда управляющие воздействия ограничены некоторой областью значений, в частности, могут принимать только неотрицательные значения. В таких случаях популярные методы синтеза такие, как например, методы синтеза модального и оптимального управления, неприменимы. Предложены методы стабилизации выходных (регулируемых) переменных в линейных стационарных системах с одним входом и одним выходом при неотрицательных (однополярных) ограничениях на управления. Основная идея состоит в реализации управляющих воздействий в виде линейных функций с насыщением, постоянные значения которых совпадают с ограничениями на управления. В качестве иллюстрации разработанных алгоритмов рассмотрен импульсный преобразователь напряжения постоянного тока, в котором управление имеет ключевую природу с состояниями «включено – выключено». Приведены результаты моделирования в среде Matlab Simulink.

Ключевые слова: стабилизация, односторонние ограничения на управления, инвариантность, преобразователь напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Shtessel, Y., Edwards, C., Fridman, L., Levant, A.* Sliding mode control and observation. – Boston: Birkhauser, 2012. – 356 p. – URL: <https://www.springer.com/gp/book/9780817648923>
2. *Utkin, V.I., Guldner, J., Shi, J.* Sliding Mode Control in Electro-Mechanical Systems. – New York: CRC Press, 2009.
3. *Sabanovic, A., Sabanovic, N., Ohnishi, K.* Sliding Mode in Power Converters and Motion Control Systems // *Int. J. Control.* –1993. – Vol. 57, no. 5. – P. 1237–1259.
4. *Shtessel, Y.B., Zinober, A.S.I., and Shkolnikov, I.A.* Sliding Mode Control of Boost and Buck-boost Power Converters Using Method of Stable System Center // *Automatica.* – 2003. – Vol. 39. – P. 1061–1067.
5. *Краснова С.А., Уткин В.А., Уткин А.В.* Блочный подход к анализу и синтезу инвариантных нелинейных систем слежения // *Автоматика и телемеханика.* – 2017. – № 12. – С. 26–53. [*Krasnova, S.A., Utkin, V.A., Utkin, A.V.* Block Approach to Analysis and Design of the Invariant Nonlinear Tracking Systems // *Automation and Remote Control.* – 2017. – Vol. 78, no. 1. – P. 2120–2140.]
6. *Kapat, S.* Improved Time Optimal Control of a Buck Converter Based on Capacitor Current // *IEEE Trans. on Power Electron.* – 2012. – Vol. 27, no. 3. – P. 1444–1454.
7. *Stefanutti, W., Mattavelli, P., Saggini, S., and Ghioni, M.* Autotuning of Digitally Controlled DC-DC Converters Based on Relay Feedback // *IEEE Trans. on Power Electronics.* – 2007. – Vol. 22. – P. 199–207.
8. *Wonham, W.F.* Linear Multivariate Control: A Geometric approach. – N.-Y.: Springer-Verlag, 1985.
9. *Уткин В.А., Уткин А.В.* Задача слежения в линейных системах с параметрическими неопределенностями при неустойчивой нулевой динамике // *Автоматика и телемеханика.* – 2014. – № 9. – С. 62–81. [*Utkin, V.A., Utkin, A.V.* Problem of Tracking in Linear Systems with Parametric Uncertainties under Unstable Zero Dynamics // *Automation and Remote Control.* – 2014. – Vol. 75, no. 9. – P. 1577–1592.]
10. *Уткин В.А.* Метод разделения движений в задачах наблюдения // *Автоматика и телемеханика.* – 1990. – № 3. – С. 27–37. [*Utkin, V.A.* A Method for the Separation of Motions in Observation Problems // *Automation and Remote Control.* – 1990. – Vol. 51, no. 3. – P. 300–308.]

¹ Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Программы фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определяемым Президиумом РАН, № 7 «Новые разработки в перспективных направлениях энергетики, механики и робототехники».

11. *Comanescu, M.* Speed and Rotor Position Estimation of the PMSM by SM Observers with Compound Manifolds and Linear Feedback // 9th International Conference on Compatibility and Power Electronics (CPE), 2015.
12. *Yang, Z., Zhang, D., Sun, X., and Ye, X.* Adaptive Exponential Sliding Mode Control for a Bearingless Induction Motor Based on a Disturbance Observer // IEEE Access. – 2018. – Vol. 6. – P. 35425–35434.

Статья представлена к публикации членом редколлегии В.Н. Афанасьевым.

Поступила в редакцию 18.07.2019, после доработки 13.02.2020.

Принята к публикации 4.03.2020.

Уткин Антон Викторович – д-р техн. наук, ✉ utkin-av@rambler.ru,

Уткин Виктор Анатольевич – д-р техн. наук, ✉ vicutkin@ipu.ru,

Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва.

THE SYNTHESIS OF STABILIZATION SYSTEMS UNDER ONE-SIDED RESTRICTIONS ON CONTROL ACTIONS

A.V. Utkin, V.A. Utkin

V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

✉ utkin-av@rambler.ru, ✉ vicutkin@ipu.ru

Abstract. In practical applications of automatic control theory, situations are often encountered where control actions are limited to a certain range of values, in particular, they can only take non-negative values. In this case, such popular synthesis methods as modal and optimal control are not applicable. In this paper, the methods are proposed for stabilizing output (controlled) variables in linear stationary SISO systems under non-negative (unipolar) control constraints. The main idea is to implement control actions in the form of linear functions with saturation, constant values of which coincide with the restrictions on the controls. As an illustration of the developed algorithms, a pulsed DC/DC voltage converter is considered, in which the control has a switching nature with the «on – off» states. The simulation results in Matlab Simulink are presented.

Keywords: stabilization problem, one-sided control restrictions, invariance, DC/DC voltage converter.

Funding. The work was partially supported by the Fundamental Research Program in priority areas determined by the Presidium of the Russian Academy of Sciences (no. 7 «New Developments in Promising Areas of Energy, Mechanics, and Robotics»).