

Задачи синхронизации динамических систем с импульсным управлением в коммуникационных системах

А.М. Ковалев¹, В.Н. Неспирный¹

Аннотация – The method of impulsive synchronizing control design for autonomous dynamical systems of transmitter-receiver type is developed. Synchronization schemes are proposed for Lorenz, Chua and Rössler systems.

Ключевые слова – Динамические системы, синхронизация, импульсное управление.

Синхронизация траекторий пары хаотических динамических систем, предложенная впервые в работе [1], открыла возможность использования сигналов, генерируемых хаотическими системами, в качестве несущих в системах передачи информации. Поскольку хаотические системы очень чувствительны к начальным данным, траектории двух систем могут существенно отличаться. В связи с этим для декодирования сигнала возникает необходимость использования управляющих воздействий, обеспечивающих решение задачи синхронизации.

В общем случае задача синхронизации заключается в синтезе управляющего воздействия u для принимающей системы, при котором гарантируется асимптотическое сближение траекторий передающей и принимающей систем:

$$\begin{cases} \dot{x} = f(x), \\ y = h(x), \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} \dot{z} = F(z, y, u), \\ u = u(z, y). \end{cases} \quad (2)$$

Здесь x – фазовый вектор передающей системы, y – ее выход, z – фазовый вектор принимающей системы, u – управление, которое может зависеть от полного фазового вектора z принимающей и лишь от некоторой части переменных (выхода) y передающей системы.

Предполагается, что система (2) имеет схожую с системой (1) структуру и при попадании на траекторию системы (1) не требует управления для того, чтобы далее двигаться вдоль нее, то есть

$$u(z, h(z)) \equiv 0, F(z, h(z), 0) \equiv f(z)$$

При использовании импульсных управлений [2,3]

система (2) принимает вид

$$\begin{cases} \dot{z} = F(z, y, u) & \text{при } (y, z) \notin S, \\ \Delta z = G(z, y, \Delta U) & \text{при } (y, z) \in S. \end{cases} \quad (3)$$

Полученная система обладает более богатой динамикой, поскольку может иметь даже разрывные траектории. При решении задачи синхронизации могут выбираться подходящим образом не только управления u и ΔU , но и поверхность S .

Задачу синхронизации можно свести к задаче стабилизации системы ошибок. Введем вектор ошибок $e = z - x$, изменение которого с течением времени описывается системой

$$\dot{e} = F(z, h(z - e), u) - f(z - e).$$

Такое сведение позволяет для задачи синхронизации использовать качественные результаты о стабилизируемости систем по всем или по части переменных, в частности условие Брокетта.

В работе предложен метод построения импульсных синхронизирующих управлений для автономных динамических систем. Показано, что такие управления имеют большую устойчивость по отношению к помехам в сравнении с непрерывным управлением и имеют меньшее время выравнивания. В классе импульсных управлений найдены управления для синхронизации систем Лоренца, Чуа и Реслера с одной наблюдаемой переменной. Несмотря на то, что импульсные воздействия задаются в фиксированные моменты времени, выбор начального момента времени может быть произвольным.

СПИСОК ССЫЛОК

- [1] L.M. Pecora, T.L. Carroll, "Synchronization in chaotic systems," *Phys. Rev. Lett.*, vol. 64(8), pp. 821-824, 1990.
- [2] А.М. Ковалев, В.Н. Неспирный, "Импульсно-разрывная стабилизация интегратора Брокетта," *Изв. РАН. Теория и системы управления*, №5, С. 5-15, 2005.
- [3] T. Yang, "A survey of chaotic secure communication systems," *Int. J. of Comp. Cognition*, vol. 1, № 1. pp. 1-41, 2002.

¹ Институт прикладной математики и механики НАН Украины, ул. Р. Люксембург, 74, Донецк, 83114, УКРАЇНА, E-mail: kovalev@iamm.ac.donetsk.ua