

УПРАВЛЕНИЯ ПО ВЫХОДУ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ С НЕОДНОРОДНЫМИ ВХОДНЫМИ ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ

Чан Х. К.¹

Научный руководитель – доктор. техн. наук, профессор Пыркин А. А.¹

¹Университет ИТМО

werkaiaye@gmail.com, pyrkin@itmo.ru

Введение

Задача управления объектами с входным запаздыванием остается актуальной, особенно для неустойчивых объектов. В работе [1] впервые получены условия на допустимую величину запаздывания, сохраняющие устойчивость. Для устойчивых систем с произвольным запаздыванием предложен предиктор Смита [2], а для неустойчивых — его расширение в виде предиктора Манитиуса–Олброта [3]. В [4] выявлена проблема скрытой неустойчивой динамики при использовании предикторов типа [3], однако их реализация требует сложных вычислений. В [5, 6] предложен более простой и надежный алгоритм на основе модифицированного предиктора Смита с корректирующим членом и периодическим сбросом, доказана его экспоненциальная устойчивость. В настоящей работе данный подход распространяется на неустойчивые многомерные системы с различными запаздываниями по каждому входному каналу. В отличие от [6], снимается ограничение на одинаковую величину задержки во всех каналах, что позволяет синтезировать закон управления по выходу для многомерных объектов с неоднородными входными запаздываниями.

Основная часть

В работе рассматривается задача управления по выходу для класса неустойчивых линейных многомерных систем, характеризующихся различными запаздываниями по каждому каналу управления. Предложенный алгоритм базируется на комбинации наблюдателя Люенбергера и модифицированного предиктора Смита, дополненного корректирующим членом и механизмом периодического сброса. Структура регулятора строится таким образом, чтобы компенсировать неоднородные запаздывания во входных каналах, что позволяет эффективно стабилизировать многомерный объект. Проведен анализ замкнутой системы и доказана ее экспоненциальная устойчивость. Показано, что применение модифицированного предиктора Смита в МИМО-систем с различными запаздываниями не только сохраняет простоту реализации, но и обеспечивает снижение вычислительной сложности по сравнению с известными подходами, а также улучшает динамические характеристики переходных процессов.

Выводы

В работе предложен новый алгоритм управления по выходу для класса неустойчивых линейных многомерных систем с различными запаздываниями по каждому входному каналу. Алгоритм основан на комбинации наблюдателя состояния и модифицированного предиктора Смита, отличающегося простотой и надежностью благодаря использованию корректирующего члена и механизма периодического сброса. Теоретически доказана и численно подтверждена экспоненциальная устойчивость замкнутой системы.

Литература

1. Цыпкин Я.З. Устойчивость систем с запаздывающей обратной связью // Автоматика и телемеханика. 1946. Т. 7. № 2, 3. С. 107–129.

2. Smith O.J.M. Closer control of loops with dead time // Chem. Eng. Prog. 1957. N 53. P. 217–219.
3. Manitius A.Z., Olbrot A.W., Finite spectrum assignment for systems with delays // IEEE Transactions on Automatic Control. 1979. V. 24. P. 541–553.
4. Nikiforov V.O. and Gerasimov D.N. Robust closed-loop state predictor for unstable systems with input delay // in 2023 62nd IEEE Conference on Decision and Control (CDC). IEEE, 2023. P. 5708–5713.
5. Пыркин А.А., Калинин К.Ю. Модифицированный предиктор Смита для неустойчивых линейных систем // Изв. ВУЗов. Приборостроение. 2025. Т. 68. № 9. С. 753–761.
6. Пыркин А.А., Калинин К.Ю., Чан Х.К. Управление с предиктором по выходу для неустойчивых линейных систем с входным запаздыванием // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2025. Т. 25, № 6, С. 1098–1106.

Автор _____ Чан Х.К.

Научный руководитель _____ Пыркин А.А.