

Финитные однородные наблюдатели для линейных систем

Жданов В.А. (ИТМО)

**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент Зименко К.А,
(ИТМО)**

Введение. Проблема проектирования нелинейных наблюдателей остается актуальной областью исследований, особенно в контексте задач оценки состояния за конечное время, критически важных для систем управления с жесткими временными ограничениями. Финитные однородные наблюдатели, обладающие свойствами быстрой сходимости и устойчивости к внешним возмущениям, представляют значительный интерес для современных приложений, таких как управление робототехническими системами, обнаружение неисправностей и распределенные системы. Однако существующие методы анализа устойчивости, основанные на линейных матричных неравенствах (ЛМН), часто оказываются избыточно консервативными[1], что ограничивает их применимость для систем с высокой степенью нелинейности.

Основная часть. Ключевым аспектом работы является устранение избыточной консервативности классических условий устойчивости, сформулированных в ЛМН. Это достигается за счет анализа нелинейных компонентов системы и оптимизации структуры матриц, участвующих в формировании условий устойчивости.

Показано, что использование свойства однородности позволяет учесть робастность наблюдателей к внешним возмущениям и запаздываниям, а также обеспечить конечное время сходимости ошибки оценки состояния. Особое внимание уделено случаям, когда степень нелинейности системы приближается к критическим значениям, что требует более точного учета взаимодействия между структурными параметрами наблюдателя и динамикой ошибки. Для этого использована модификация стандартных ЛМН, включающая введение дополнительных матричных компонент, которые отражают специфику секторных нелинейностей и их влияние на устойчивость.

Выводы. Проведенное исследование позволило разработать новый метод анализа устойчивости наблюдателей, обеспечивающих оценку состояния системы за конечное время. Основной акцент был сделан на снижение избыточных ограничений, характерных для классических подходов, что особенно важно для систем с выраженными нелинейными свойствами. Предложенная методика основана на комбинации принципов однородности и усовершенствованного анализа устойчивости, что обеспечивает более гибкую настройку параметров наблюдателя.

Экспериментальная проверка на примере системы третьего порядка подтвердила эффективность метода: оценка времени сходимости ошибки наблюдения улучшилась в десять раз по сравнению с предыдущими решениями[2]. Это демонстрирует потенциал подхода для задач, где критически важны как скорость, так и робастность оценки состояния.

Список использованных источников:

1. W. Perruquetti, T. Floquet, E. Moulay: Finite-time observers: Application to secure communication. IEEE Trans. Automat. Contr., 53(1), 356–360, (2008)
2. K. Zimenko, D. Efimov, A. Polyakov, and A. Kremlev: On finite-time observers for linear systems. In: 22nd IFAC World Congress, vol. 56, no. 2, pp.1667–1671. IFAC-PapersOnLine (2023)