

СИНТЕЗ АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ПО ВЫХОДУ ДЛЯ ЗАДАЧИ СЛЕДОВАНИЯ ПО ПУТИ КВАДРОКОПТЕРА

Нгуен С. К.¹

Научный руководитель – д.т.н, профессор Пыркин А. А.¹

¹Университет ИТМО

nguyenkhanh.hvktqs@gmail.com

Введение

В последние годы задача управления движением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) привлекает активное внимание. В большинстве работ рассматривается задача слежения за траекторией во времени. Однако у этих методов есть некоторые недостатки, такие как риск насыщения исполнительных механизмов при возникновении больших ошибок рассогласования и необходимость точного соблюдения временного графика, что может быть небезопасно в сложной среде [1,2]. Альтернативным подходом является задача следования по пути, где приоритетом является геометрия движения, а не время. В существующих исследованиях часто предполагается наличие измерений полного вектора состояния. В настоящем докладе предлагается алгоритм согласованного управления по выходу, который решает задачу движения вдоль кривой без использования датчиков скорости [3,4].

Основная часть

Предложен алгоритм управления нелинейным объектом, который основывается только на выходном сигнале (положении) и учитывает ограничения на управление. Для описания динамики ошибки используется подвижный трехгранник Френе, что позволяет разделить задачу на управление продольным движением и стабилизацию поперечных отклонений. Для синтеза закона управления применяется расширенный наблюдатель с высоким коэффициентом усиления, который восстанавливает неизмеряемые скорости и оценивает внешние возмущения в реальном времени. Ключевой особенностью метода является механизм согласования: скорость движения вдоль пути автоматически корректируется в зависимости от величины поперечной ошибки, что повышает безопасность маневрирования. С применением метода функций Ляпунова и техники сингулярных возмущений установлены условия полуглобальной асимптотической устойчивости замкнутой системы. Доказано, что геометрическая ошибка сходится в малую окрестность нуля, размер которой регулируется параметрами наблюдателя. Приведены результаты компьютерного моделирования, которые иллюстрируют робастность системы к шумам измерений и возмущениям.

Выводы

Синтезирован алгоритм геометрического управления по выходу для нелинейных систем на примере квадрокоптера. Алгоритм основан на использовании координат Френе и расширенного наблюдателя состояния. Получены условия устойчивости, гарантирующие сходимость квадрокоптера к заданной траектории с одновременной адаптацией скорости движения. Эффективность предложенного подхода продемонстрирована с помощью численного моделирования в среде MATLAB/Simulink. Показано, что влияние внешних возмущений эффективно компенсируется, а ошибка следования стремится к нулю.

Литература

1. Borisov O. I., Pyrkin A. A., Isidori A. Application of enhanced extended observer in station-keeping of a quadrotor with unmeasurable pitch and roll angles // IFAC-PapersOnLine. 2019. Vol. 52, N 16. P. 837–842. DOI: 10.1016/j.ifacol.2019.12.067.2219.

2. Борисов О. И., Каканов М. А., Живицкий А. Ю., Пыркин А. А. Робастное траекторное управление квадрокоптером по выходу на основе геометрического подхода // Изв. вузов. Приборостроение. 2021. Т. 64, № 12. С. 982–992.
3. Ким С. А., Пыркин А. А., Борисов О. И. Алгоритмы управления движением квадрокоптера в режиме динамического позиционирования // Изв. вузов. Приборостроение. 2023. Т. 66, № 10. С. 834–844. Engelborghs K., Dambrine M., Rose D. Limitations of a Class of Stabilization Methods for Delay Systems // IEEE Trans. Autom. Control. 2001. V. AC-46. No. 2. P. 336–339.
4. Хоанг Д. Т., Пыркин А. А. Синтез алгоритма робастного управления движением мобильного робота вдоль гладкой траектории // Изв. вузов. Приборостроение. 2022. Т. 65, № 7. С. 500–512.