

УДК 681.5.017

Система управления квадрокоптером на основе линеаризации обратной связью

Чжу Хан^(*)

c111506@163.com

Селезнева Мария Сергеевна

ms.selezneva@bmstu.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Создана математическая модель квадрокоптера с конфигурацией «Х». Рассмотрена линеаризация обратной связью для упрощения модели квадрокоптера. Использована линеаризация обратной связью по выходу принята алгебра Ли и получена линейная модель квадрокоптера с точки зрения ввода-вывода. Учитывая помехи в виде порывов ветра, доказано, что система имеет высокую степень устойчивости и надежности при использовании модального управления.

Ключевые слова: квадрокоптер, БПЛА, линеаризации обратной связью, помехи порыв ветра, алгебра Ли

Введение. В последнее время большое внимание уделяется исследованиям, разработке и практическому применению беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Квадрокоптер является одним из самых популярных БПЛА, который позволяет использовать в различных сферах деятельности человека. Квадрокоптер представляет собой типичную систему с несколькими входами и выходами, нелинейную и сильно связанную с понижающим приводом [1]. Применение линейных законов управления к нелинейным системам значительно упрощает задачу синтеза. В данном случае можно использовать линеаризацию обратной связью и сделать поведение исходной модели эквивалентным ее линеаризованной модели [2].

Материалы и методы; результаты. Линеаризация обратными связями (ЛОС) — метод синтеза, заключающийся в использовании обратных связей для сведения нелинейной системы к линейной. При этом нелинейные элементы не заменяются приближенными эквивалентными звеньями, а остаются в математической модели системы, что полностью исключает погрешность линеаризации, т. е. управление синтезируется на основе исходной системы с некоторыми добавками, а не на основе приближенной эквивалентной [3]. Существует 2 типа линеаризации обратной связью: линеаризация обратной связью по выходу и по состоянию. В данной работе работали над линеаризацией обратной связью по выходу.

Сначала необходимо определить цель управления и выбрать выходные функции системы. Чтобы избежать сложности, устанавливаем количество выходных каналов равным количеству входных каналов, т. е. проконтролируем положение (x, y, z) и рыскание (ψ) квадрокоптера. Линеаризацией обратной связью по выходу называется такое преобразование нелинейной системы,

включающее преобразование обратной связью, при котором в преобразованной системе связь между выходом и входом получается линейной. В данном случае требуется создать новый вектор состояния и новое управление. При линеаризации обратной связью необходимо использовать некоторые сведения из дифференциальной геометрии, такие как производная Ли, скобки Ли, чтобы сделать форму более краткой. После получения линейной модели используем модальное управления для приведения системы к устойчивому состоянию. Полученные результаты показывают, что с помощью производного входа можно реализовать линеаризацию динамической обратной связью с точки зрения ввода-вывода. При моделировании и добавлении в систему помех порыв ветра, результаты показали, что с использованием модального управления система имеет степень устойчивости и надежности.

Заключение. Линеаризация обратной связью позволяет упростить модель квадрокоптера, и в сочетании с модальным управлением можно контролировать ориентацию квадрокоптера и реализовать отслеживание траектории с возможностями защиты от помех.

*Исследование выполнено за счет средств гранта Российского
научного фонда № 23-79-10028, <https://rscf.ru/project/23-79-10028/>*

Список источников

- [1] Cui D.W. *Research on robust adaptive control of quadrotor aircraft*. Beijing, Beijing Jiaotong University, 2016.
- [2] Воевода А.А., Филюшов В.Ю. Линеаризация обратной связью. *Сб. науч. тр. НГТУ*, 2016, № 2 (84), с. 68–76.
- [3] Филиповский В.М. *Системы управления в пространстве состояний*. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 2022, 75 с.