Муслимов Тагир Забирович Методы и алгоритмы группового управления беспилотными летательными аппаратами самолетного типа

ОГЛАВЛЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

кандидат наук Муслимов Тагир Забирович

Введение

Глава 1. Обзор подходов к групповому управлению БПЛА самолетного типа и постановка задач

1.1. Задачи группового управления БПЛА

1.2. Архитектуры мульти-БПЛА систем

1.3. Анализ существующих подходов к групповому управлению автономными БПЛА

1.4. Постановка задач группового управления БПЛА самолетного типа

1.5. Выводы по Главе

Глава 2. Разработка децентрализованного управления для параллельных строев БПЛА на основе метода неоднородного векторного поля

2.1. Групповое управление на основе метода пространства относительных состояний

2.2. Разработка законов управления для кооперативного следования прямолинейному пути

2.3. Реализация группового управления параллельным строем с применением адаптивного бэкстеппинга

2.4. Выводы по Главе

Глава 3. Разработка децентрализованного управления для круговых строев БПЛА на основе метода неоднородного векторного поля

3.1. Разработка законов управления для кооперативного следования круговому пути

3.2. Реализация группового управления круговым строем БПЛА с применением адаптивного бэкстеппинга

3.3. Разработка алгоритмов адаптации по эталонной модели с помощью нечеткой

логики

3.4. Выводы по Главе

Глава 4. Экспериментальные исследования разработанных методов и алгоритмов

4.1. Реализация имитационной модели для исследования алгоритмов группового управления

4.2. Синтез модели автопилота БПЛА самолетного типа

4.3. Исследование методов и алгоритмов в имитационной модели для формаций, следующих прямолинейному пути

4.4. Сравнение предлагаемого подхода с известным в литературе для формаций, следующих прямолинейному пути

4.5. Исследование методов и алгоритмов в имитационной модели для формаций, следующих круговому пути

4.6. Сравнение предлагаемого подхода с известным в литературе для формаций, следующих круговому пути

4.7. Выводы по Главе

Основные результаты и заключение

Список литературы

Приложение А. Акты о внедрении

Введение

Основные результаты и заключение

В данной диссертационной работе решена актуальная задача децентрализованного управления формированием и поддержанием строя БПЛА самолетного типа произвольной геометрической формы с учетом нелинейной динамики и ее неопределенности в реальных системах «автопилот-БПЛА».

1. Проведен анализ существующих подходов к решению задачи управления строем автономных роботов, в том числе автономных БПЛА, показавший, что наиболее распространенными являются централизованные методы, обычно позволяющие получать только равноудаленный строй, в силу простоты их анализа и реализации. Сформулирована постановка задач децентрализованного управления строем при следовании заданному пути для группы БПЛА.
2. Предложен метод неоднородного векторного поля для формирования и поддержания строя при следовании пути группой БПЛА, а также при сборе в форму при наличии только общего курсового угла строя. На основании данного метода предложены асимптотически устойчивые в целом методы управления, использующие разработанную для них архитектуру децентрализованного взаимодействия на основе консенсуса.
3. Разработаны алгоритмы формирования управляющих воздействий на базе предложенных методов управления с помощью нелинейного синтеза («бэкстеппинга»), гарантирующие сходимость курсовых углов и скоростей БПЛА к значениям, определяемым законами управления, и предоставляющие возможность дальнейшего использования адаптивного управления.
4. Разработаны алгоритмы параметрической адаптации, результатом работы которых является устойчивость строя и сохранение качества переходных траекторий каждого из БПЛА группы в том случае, если по какой-либо причине реальные параметры динамики системы «автопилот-БПЛА» хотя бы одного из аппаратов отличаются от первоначально выбранных для настройки законов управления и управляющих воздействий.
5. Реализована в MATLAB/Simulink имитационная модель строя с полной нелинейной динамикой БПЛА типа «летающее крыло» с 6-ю степенями свободы и 12-ю состояниями, оснащенных стандартными настроенными автопилотами, для исследования разработанных подходов. В данной модели выполнены вычислительные эксперименты с использованием группы из четырех БПЛА, показавшие эффективность предложенных методов и алгоритмов. По сравнению с методом асимметричного потенциального поля в предлагаемом методе выявлены: более простая настройка алгоритмов управления, меньшее время сходимости при заданных начальных условиях (на 47%), отсутствие склонности к «чаттерингу», значительно меньшая интегральная путевая ошибка (на 40%). По сравнению с методом, предложенным Kingston и Beard, - меньшее время сходимости при заданных начальных условиях (на 50%), значительно меньшие как интегральная путевая ошибка (на 41%), так и интегральная ошибка относительных положений (на 67%).

Существует большое количество дальнейших возможных направлений исследований. Предполагается использовать изложенный подход для совместного отслеживания целей с адаптивной оценкой скоростей ветра и движения цели. Также представляет интерес применение неоднородного векторного поля для более сложных путей следования, что может быть реализовано, например, посредством совмещения прямолинейных и круговых путей. В статье [64] показано, что предложенные методы и алгоритмы могут успешно использоваться для трехмерных строев БПЛА самолетного типа, выполняющих задачу координированного следования прямолинейному пути. В работе [187] предложенные методы и алгоритмы применялись для выполнения кооперативного следования путевым точкам формацией БПЛА.