

КОНЦЕПЦИЯ МНОГОРЕЖИМНОГО РЕГУЛЯТОРА В ЗАДАЧАХ УПРАВЛЕНИЯ ТИПОВЫМИ МАНЕВРАМИ БПЛА САМОЛЕТНОГО ТИПА

Сергеев А.А.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук,
Москва*

Ключевые слова: БПЛА самолетного типа, типовые маневры, многорежимное управление.

Аннотация. В работе описывается концепция многорежимного регулирования для решения задач управления типовыми маневрами БПЛА самолетного типа. Процесс управления полетом БПЛА рассматривается как многоэтапный процесс, в котором движение аппарата разбивается на отдельные типовые маневры. Обсуждаются особенности системы многорежимного регулирования данными маневрами. Представлена обобщенная схема и дано краткое обоснование многорежимного регулятора.

THE CONCEPT OF A MULTI-MODE REGULATOR IN THE PROBLEMS OF CONTROL OF TYPICAL MANEUVERS OF AIRCRAFT-TYPE UAVS

Sergeev A.A.

Institute of Control Sciences of the Russian academy of sciences RAS, Moscow

Keywords: aircraft-type UAV, typical maneuvers, multi-mode control.

Abstract. This paper describes the concept of multi-mode control for solving problems of control of typical maneuvers of aircraft-type UAVs. The UAV flight control process is considered as a multi-stage process, in which the movement of the vehicle is divided into separate typical maneuvers. The main ideas of multi-mode regulation of these maneuvers are presented. The scheme of operation of the proposed multi-mode regulator is presented.

В настоящее время в различных сферах человеческой деятельности все большее применение находят БПЛА самолетного типа, в задачах поиска, спасения, мониторинга, наблюдения, инспекции, научных исследований, патрулирования, разведки и т.д. Выполнение данных задач как правило сопровождается сложными маневрами, представляющими собой изменение положения аппарата, его ориентации в пространстве и скорости движения. Одним из подходов повышения эффективности систем управления типовыми маневрами БПЛА самолетного типа является использование идеи многорежимного регулирования. Представленную например в работах [1-4] где рассмотрены вопросы многорежимного управления беспилотных аппаратов квадрокоптерного типа, группой подводных роботов, стабилизации твердого тела, морских динамических объектов.

В настоящей работе развивается предложенная в [5-7] концепция многорежимного регулирования для решения задач управления типовыми маневрами БПЛА самолетного типа, особенностью которой является обеспечение системы новым свойством – реагированием на сложившиеся в процессе полета динамические ситуации.

Многорежимный регулятор в задачах управления БПЛА призван обеспечить выполнение аппарата разнохарактерных режимов полета переключения на тот или иной из них, в зависимости от сложившейся динамической ситуации (рис. 1).



Рис. 1. Блок-схема управления БПЛА: u , x – управляющий вход и состояние аппарата

Процесс управления полетом БПЛА рассматривается как многоэтапный процесс, в котором движение аппарата разбивается на отдельные этапы полета. В динамике полета аппарата выделяется ряд режимов функционирования – типовых маневров, таких как взлет, посадка, подъем/снижение высоты (горка), поворот в горизонтальной плоскости, пикирование, боевой разворот и т.д. При этом каждый отдельный маневр будет инициироваться соответствующей ему динамической ситуацией, то есть совокупностью данных, на основе которой принимается решение о необходимости изменения типового маневра. Сложившиеся динамические ситуации определяются на основе распознавания и анализа множества возможных состояний как аппарата так и внешней среды.

В рассматриваемой концепции, каждый типовой маневр аппарата подчиняется своей подцели управления и может отличаться требованиями динамического качества, а также порождает соответствующую ему математическую модель процесса управления. БПЛА, как объект управления, представляется множеством динамических моделей, учитывающих специфические ограничения и упрощения, свойственные отдельным типовым маневрам. Каждый из них стандартизируется по цели и по используемому субалгоритму управления. Синтез данных субалгоритмов управления выделенными типовыми маневрами аппарата связан с решением стандартных теоретических задач управления. В частности для построения субалгоритмов предлагается использовать принцип гибких траекторий [8, 9], позволяющий учесть, как изменение текущего состояния аппарата, так и изменение терминального состояния, определяемого подцелью управления. Применение данного принципа было в задачах посадочного маневра БПЛА самолетного типа на динамическую и статическую посадочные площадки рассмотрены в работах [10, 11].

Таким образом, система управления БПЛА наделяется многорежимным регулятором, который в процессе работы определяет текущий типовой маневр (режим полета) аппарата и обеспечивает анализ актуальной динамической ситуации и цели управления, выявляя необходимость изменения режима полета. По результатам этого анализа и наличия внешних сигналов о желательном изменении исполняемого маневра многорежимный регулятор определяет необходимость изменения и выполнения соответствующей смены режимов полета.

Многорежимный регулятор, реализующий изложенную концепцию, имеет представленную функциональную схему представленную на рисунке 2. Ключевым элементом в нем является контроллер маневров, который обрабатывает информацию о состоянии БПЛА и состоянии внешней среды и управляет текущей структурой регулятора. При этом важным элементом в контроллере маневров является блок оценки летного состояния, включающего идентификатор и классификатор возмущений. Информация о текущем состоянии БПЛА и возмущающих воздействий со стороны внешней среды поступает в оценитель летного состояния, который обрабатывая полученные данные идентифицирует и классифицирует их, а также генерирует оценку текущей динамической ситуации. На основании данной оценки и цели управления маневром принимается решение о выборе типового маневра из блока ситуационных моделей, в котором содержится множество различных математических имитаторов маневров БПЛА, соответствующих различным динамическим ситуациям. Далее для выбранной модели маневра производится выбор субалгоритма управления.



Рис. 2. Структура многорежимного регулятора

Изложенная декомпозиция процесса управления полетом на отдельные типовые маневры позволяет учесть многообразие условий функционирования БПЛА. Появляется возможность структурной перестройки процесса управления: маневры могут добавляться, модифицироваться, ликвидироваться, объединяться, расщепляться.

Реализация и компьютерное исследование в среде Matlab многорежимного регулятора в системе управления типовыми маневрами показала высокую эффективность.

Список литературы

1. Гэн К., Чулин Н.А. Многорежимный контроллер стабилизации для автоматического управления траекторным движением квадрокоптера // Международный журнал экспериментального образования. 2015. № 12-3. С. 428-435.

2. Бычков И.В., Давыдов А.В., Нагул Н.В., Ульянов С.А. Событийный подход к многорежимному управлению группировкой подводных роботов в обследовательской миссии // Вычислительные технологии. 2018. Т. 23. № 2. С. 3-19.
3. Матюхин В.И. Многорежимные законы управления движением твердого тела // Известия РАН. Механика твердого тела. 2012. № 4. С. 21-31.
4. Нечаев Ю.И., Петров Ю.И. Многорежимный принцип нечеткого управления аварийным судном в нестационарной среде // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2018. Т. 1. С. 210-213.
5. Солодовников В.В. Филимонов Н.Б. Динамическое качество систем автоматического регулирования. – М.: МВТУ, 1987. – 84 с.
6. Филимонов Н.Б. Системы многорежимного регулирования: концепция, принципы построения, проблемы синтеза // Известия вузов. Приборостроение. 1988. № 2. С. 18-33.
7. Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Ситуационный подход в задачах автоматизации управления техническими объектами // Мехатроника, автоматизация, управление. 2018. Т.19, № 9. С. 563-578.
8. Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Методы «гибких» траекторий в задачах терминального управления вертикальными маневрами летательных аппаратов // Проблемы управления сложными динамическими объектами авиационной и космической техники / Под ред. С.Н. Васильева. – М.: Машиностроение, 2015. – С. 51-110.
9. Теряев Е.Д., Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б., Петрин К.В. Концепция «гибких кинематических траекторий» в задачах терминального управления подвижными объектами // Мехатроника, автоматизация, управление. 2011. № 12. С. 7-15.
10. Сергеев А.А., Филимонов Н.Б. Управление посадочным маневром беспилотного летательного аппарата на подвижную платформу методом «гибких» кинематических траекторий // Известия вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 9. С. 803-812.
11. Сергеев А.А., Филимонов А.Б., Филимонов Н.Б. Управление автономной посадкой БПЛА самолетного типа на статическую и динамическую посадочные площадки по «гибким» кинематическим траекториям // Мехатроника, автоматизация, управление. 2021. Т. 22, № 3. С. 154-165.

Сведения об авторе:

Сергеев Алексей Александрович – м.н.с., ИПУ РАН им. В.А. Трапезникова, Москва.