

Журавлева Кристина Сергеевна

*Студент института автоматики и электронного приборостроения
Казанский национально-исследовательский технический университет им.
А.Н. Туполева - КАИ,
E-mail: kristina.kockuna@yandex.ru*

Zhuravleva Kristina Sergeevna

*Student of the Institute of Automation and Electronic Instrumentation
Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev - KAI,
E-mail: kristina.kockuna@yandex.ru*

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ АВТОПИЛОТА ВЕРТОЛЁТА

HELICOPTER AUTOPILOT CONTROL ALGORITHM

Аннотация: Статья посвящена актуальным вопросам проектирования и внедрения автоматизированных систем управления в современных вертолётках. Система управления вертолётка относится к области авиационной техники в частности к системам управления вертолетом с бустерным управлением с резервированием и может быть использовано в системе управления летательным аппаратом, преимущественно, в вертолетах с бустерным управлением.

Цель работы заключается в разработке системы автоматического управления для вертолётков, предназначенных для пассажирских перевозок. Применение САУ позволит автоматизировать множество этапов полёта и повысить качество пилотирования. В рамках статьи представлена схема системы управления, её описание.

Ключевые слова: автоматизация, система управления, автопилот, гидравлика.

Abstract: The article is devoted to current issues of designing and implementing automated control systems in modern helicopters. The helicopter control system belongs to the field of aviation technology in particular, to helicopter control systems with booster control with redundancy and can be used in the aircraft control system, mainly in helicopters with booster control.

The purpose of the work is to develop a system of automatic control for helicopters intended for passenger transportation. The use of ACS will allow to automate many stages of flight. and improve the quality of piloting. The article presents a diagram of the system control, its description.

Key words: automation, control system, autopilot, hydraulics.

Введение

Вертолёт - винтокрылый летательный аппарат вертикального взлёта и посадки, у которого подъёмная и движущая силы на всех этапах полёта создаются одним или несколькими несущими винтами с приводом от одного или нескольких двигателей. Вертолёты по своей сути являются нестабильными ЛА, и роботизация может повысить их технологическую ценность. Поэтому актуальной задачей на данный момент является разработка автопилота вертолёта, способный управлять воздушным судном и осуществлять полёт по заранее определённому маршруту.

Использование систем автоматического управления для летательного аппарата. (ЛА) позволяет существенно повысить качество управления при одновременном снижении нагрузок, которые будут воздействовать на него в процессе управления. При работе САУ бортовой компьютер обрабатывает информацию о местоположении вертолёта в определённое время, поступающую от датчиков и управляет движением самолёта.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что потеря управляемости в полёте продолжает составлять значительный процент среди причин авиационных происшествий. Использование новых методов анализа динамических систем является одним из способов решения задачи улучшения характеристик управляемости воздушных судов.

Обзор литературы

Актуальность исследования подтверждается рядом научных публикаций. В статьях [2] и [3] акцентируется внимание, на необходимость

внедрения на современных вертолётах новых технологий, где следует уделить особое внимание автоматизации процессов.

В статьях [4], [5] и [6] также отмечаются и негативные стороны автоматизации: усложнение внедрения системы, недостаточная квалификация рабочих, уязвимость системы, рост ошибок при моделировании системы.

Тем не менее, плюсов автоматизации больше. Негативные последствия автоматизации можно минимизировать путём создания эффективной системы контроля и управления машиной.

Основная часть

Сущность изобретения заключается в следующем. Важной задачей для систем управления вертолётом, которые соответствуют указанным критериям, является переход от гидромеханических систем управления (ГМСУ) к системам дистанционного управления (СДУ), а также к многоуровневым цифровым комплексным системам управления (КСУ).

Эта цифровая система обеспечивает управление машиной, передавая информацию с датчиков, расположенных на органах управления, через цифровой вычислитель на систему электрогидроприводов, которые в свою очередь управляют вертолётом. Фактически между летчиком и агрегатами управления вертолёта нет жесткой механической связи – между ними компьютер. Она заменяет традиционную механическую проводку управления усовершенствованной электрической проводкой дистанционного управления и предлагает следующие функции:

- необходимые свойства устойчивости и управляемости. абсолютно во всех стадиях полёта вертолёта, от взлета до посадки в соответствии с требованиями АП-29;
- автоматическую стабилизацию углового положения, скорости и высоты полета вертолёта;
- автоматическую координацию разворотов по курсу при $V_{приб} = 70$ км/час при ручном пилотировании;

- защищённость полёта при возникновении возможных отказов в системе;
- автоматизированный контроль технического состояния аппаратуры КСУ-А в полете и на земле с сигнализацией и сообщением летчику-оператору результатов контроля для обеспечения безопасности управления вертолетом и наземного технического обслуживания.

Устройство содержит систему ручного управления, систему ножного управления и систему управления стабилизатором, включая органы управления этими системами. В проводке каждого рычага управления установлены четыре датчика резервного положения, сигнал отклонения передается на четырежды резервированное цифровое вычислительное устройство, реализующее алгоритмы управления сигналами с электрогидравлическими приводами, отклоняющими рулевые поверхности вертолётa. Датчики с информацией об угловой скорости и перегрузке представляют собой 4 интегрированных блока датчиков ИБД. Источниками информации о высоте, скорости полёта и угловом положении вертолётa по тангажу, курсу и крену являются радиовысотомер, баровысотомер, система определения курса и авиагоризонт.

Устройство работает следующим образом: цифровая система обеспечивает управление машиной, передавая информацию с датчиков, расположенных на органах управления, через цифровой вычислитель на систему электрогидроприводов, которые в свою очередь управляют вертолётom. В состав системы КСУ-А входят следующие блоки: 1 – датчик положения, резервированный ДПР-4 (4 шт.); 2 – интегральный блок датчиков ИБД-43 (4 шт.); 3 – пульт управления ПУ-119; 4 – шкаф соединительный ШС-58; 5, 8 – гидродвигатель; 6, 9 – блок датчиков. обратной связи; 7,10 – блок. распределительный.

КСУ-А – это четырехканальная электрическая цифровая система ручного и автоматического управления (тангаж, крен, курс, высота). С помощью приведенных выше характеристик устойчивости можно сделать

вывод о том, что вертолёты в большинстве режимов полёта являются неустойчивыми. Самым эффективным способом решения проблемы обеспечения устойчивости является применение специальных автоматических устройств, которые улучшают пилотажные характеристики и помогают летчику в управлении вертолётom.

Впрочем, уже сейчас автопилот с вышеупомянутыми характеристиками способен поддерживать заданный режим полёта без участия пилота. В целях обеспечения того, чтобы пилот управлял вертолётom «с помощью автопилота», рулевая машинка последовательно подключается к системе управления или, как говорят, дифференциально. Пилотируемый вертолёт, управляемый при помощи автопилота, воспринимается лётчиком как стабильная летательная машина с отличными возможностями управления. Компьютерная система может выполнять разнообразные алгоритмы управления, включая самые базовые, где управляющий сигнал напрямую связан с разницей («положением») вертолётa. Однако, также может учитываться скорость изменения рассогласования и угловое ускорение вертолётa.

Вертолёт также оснащен комплексом бортового радиоэлектронного и приборного оборудования (БРЭО), обеспечивающим решение пилотажных и навигационных задач днем и ночью в простых и сложных метеoусловиях на предельно малых высотах с автоматическим огибанием рельефа местности и облетом препятствий.

На вертолётe «Ансат» установлена также система картографической информации с высокой степенью разрешения и банком цифровых данных о рельефе местности. Вычислительная система может формировать на основе этих данных трёхмерное изображение участка местности, на котором находится вертолёт, а это легко уточнить с помощью спутниковой навигации, комплексированной с инерциальной. Всё многообразие информации представляется лётчику и штурману-оператору на цветных

жидкокристаллических дисплеях, установленных по три в передней и задней кабинах.

БРЭО также обеспечивает контроль за работой силовой установки и других систем, речевое оповещение экипажа, радиосвязь между вертолётами и с наземными станциями, связь между членами экипажа и запись их переговоров.

В состав БРЭО входят: навигационная система, пилотажный комплекс, бортовая вычислительная система, информационно-управляющая система, многофункциональная система отображения информации, обзорно-прицельная станция, тепловизионная станция лётчика, бортовая радиолокационная станция, очки ночного видения, комплекс средств связи, система предупреждения о радиолокационном и лазерном облучении и радиоаппаратура опознавания.

Бортовое оборудование, состоит из трёх широкоформатных цветных основных дисплеев высокого разрешения и электронной интегрированной системы резервных приборов (ИСРП). В случае отказа трёх основных дисплеев ИСРП показывает основные пилотажные параметры: курс, крен, тангаж, высота.

Центральной вычислительной системой комплекса является ядро "Крейт-ИМА", все вычислительные мощности сосредоточены в нём. На периферии остались только системы сбора информации и пилотажно-навигационные датчики. В бортовой вычислительной системе используется операционная система реального времени, а связь с датчиковой аппаратурой осуществляется через высокоскоростной интерфейс ARINC-664 /AFDX/. Таким образом, общедоступные компьютерные технологии вычислительных сетей приходят на борт.

Таким образом, автопилот, установленный на современном вертолёте, обладает свойствами, которые создают простоту пилотирования во всех режимах полёта при простых погодных условиях днем и ночью. В спокойной обстановке для современного автопилота точность поддержания заданного

углового положения вертолѐта по тангажу, курсу и крену составляет в пределах от 0,5 до 1 градуса.

Выводы и дальнейшие перспективы исследования

Перспективы развития систем управления напрямую зависят от технологического прогресса и инноваций в сфере авиационной промышленности. Основные направления включают:

1. Повышение уровня автоматизации: Переход к полностью автономным или беспилотным вертолѐтам с системами искусственного интеллекта для принятия решений в сложных ситуациях. Это включает в себя улучшенные алгоритмы планирования маршрута, обхода препятствий и посадки.

2. Улучшение точности и быстродействия: Развитие более точных и быстро реагирующих датчиков, а также использование более мощных и эффективных вычислительных платформ для обработки данных в режиме реального времени. Это позволит улучшить стабилизацию, точность управления и маневренность.

3. Повышение надежности и безопасности: Разработка более надежных и отказоустойчивых систем управления с применением избыточности и механизмов защиты от отказов. Это критически важно для обеспечения безопасности полетов.

4. Интеграция новых сенсоров: Использование более точных и многофункциональных сенсоров (лидары, радары, системы компьютерного зрения) для улучшения ситуационной осведомленности и повышения безопасности полетов. Это позволит системам управления более точно определять положение вертолѐта в пространстве и избегать столкновений.

Таким образом, текущее и ближайшее будущее мирового вертолѐтостроения заключается в производстве комплексных систем

управления, которые объединяют в себе максимально возможное количество методов обработки, а также в разработке автопилотов, способных улучшить качество пилотирования.

Заключение

Таким образом, проведенное исследование позволяет прийти к выводу, что использование систем автоматического управления является перспективным направлением развития современных вертолётов. Широкому распространению таких систем препятствует тот факт, что для обеспечения их успешного внедрения необходимо учесть множество факторов и соблюсти все необходимые требования. Тем не менее, использование автопилотов способствует существенно повысить качество управления, снижению нагрузок на пилота и улучшению характеристик управляемости воздушных судов, что, в свою очередь, делает компании более конкурентоспособными и способствует их росту.

Библиографический список

1. Реферат-презентация работы «Разработка вертолета АНСАТ». Публичное акционерное общество «Казанский вертолетный завод». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://m.minobrnauki.gov.ru/files/R20-010.pdf> (дата обращения: 12.02.2024)
2. Онушкин Ю.П., Кочиш С.И. Динамика полета. Курс лекций. – Сызрань, 2004. – 162 с.
3. Солдаткин В.В. Система воздушных сигналов вертолета. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2012. – 284 с.
4. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОМПЛЕКСНАЯ (КСУ-А). [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://domavia.ru/library_ati/detail/191816 (дата обращения: 16.04.2024)
5. Журавлева К.С., Терентьев С.А. АЛГОРИТМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОПИЛОТА ВЕРТОЛЁТА. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://conf.belstu.by/?page_id=10492

6. Браверман А.С., Вайнтруб А.П. Динамика вертолета. Предельные режимы полета. – Москва, 1988. – 141 с.
7. Маливанов Н.Н. Конспект лекций. Моделирование систем управления. – Казань, КНИТУ-КАИ, 2023
8. Балоев А.А. Теория автоматического управления. Линейные аналоговые системы: учеб. пособие / А.А. Балоев ; Мин-во образования РФ, КГТУ им. А.Н. Туполева. - Казань: Издательство КГТУ им. А.Н. Туполева, 2003. - 180 с.
9. Маханько А.В. Конспект лекций. Системы автоматического управления. – Казань, КНИТУ-КАИ, 2022
10. Гаркушенко В.И. Конспект лекций. Теория автоматического управления. – Казань, КНИТУ-КАИ, 2022
11. Щеглов М.Ю. Конспект лекций. Электротехника и электроника. – Казань, КНИТУ-КАИ, 2021
12. Лазарев Ю.Н. Начала программирования в среде Matlab. Учебное пособие. - К.: НТУУ "КПИ", 2003. - 424 с.
13. Gennaro Romagnoli. Model-Based Design of a Generic Autopilot System for Helicopter Flight Simulators in Simulink. URL: https://www.politesi.polimi.it/retrieve/1e009a48-8a17-4439-b0a4-dc09c32bb782/2021_12_Romagnoli.pdf
14. Система активного гашения вибраций (AVCS). [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.hsc-copter.com/modernization/upgrade/item-12497286>