**Промежуточная аттестация. Модуль 4.**

**РЕШЕНИЕ КЕЙСОВ. Системы управления полётом.**

**«Проектирование и реализация аппаратной архитектуры полётного контроллера»**

Задача разработать систему управления полётом для беспилотного летательного аппарата (БЛА) с использованием ПИД-регуляторов. Необходимо реализовать алгоритмы стабилизации и навигации, а также провести тестирование системы управления.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование задачи | Решение |
| 1 | Изучить основы теории  управления и ПИД- регуляторов. | **На основе лекционного материала. Не менее 200 слов шрифтом 12.** Система управления полетом – это комплексное сочетание оборудования и программного обеспечения, цель которого – обеспечение управления и навигации воздушного судна. Основные элементы системы включают управляющие устройства, навигационные системы (GPS, INS), автопилот, датчики, системы мониторинга состояния, программное обеспечение и планировщик маршрута.  Для обработки информации от датчиков и обеспечения стабилизации, навигации и исполнения команд используются полетные контроллеры. Показания датчиков учитывают силы действующий на БЛА в процессе полета (подъемная сила, гравитация, сопротивление воздуха), а так же другие внешние и внутренние условия, после алгоритмической обработки эти данных, определяются управляющие воздействия через сигналы на управляющие поверхности или изменение скорости моторов.  Стабилизация полета необходима для удержания аппарата в заданном положении и реакции на внешние воздействия. Основные алгоритмы стабилизации включают PID-регуляторы, фильтр Калмана, нелинейные алгоритмы, машинное обучение и SLAM.  PID-регулятор состоит из трех компонентов: пропорциональной (P), интегральной (I) и дифференциальной (D). Пропорциональная составляющая реагирует на текущую ошибку, интегральная аккумулирует ошибку о времени для устранения накопленной ошибки, а дифференциальная предсказывает будущие ошибки для снижения возможных колебаний.  Настройка PID происходит через метод проб и ошибок, а также методы такие как Ziegler-Nichols, позволяющие определить оптимальные настройки для системы управления, учитывая особенности данных, получаемых от датчиков, и динамические характеристики системы.  Фильтр Калмана используется для слияния информации от различных датчиков с математической моделью движения, вычисляя вероятное состояние объекта управления. Это помогает в прогнозировании и корректировке управления на основе наблюдаемых данных и предполагаемых эффектов естественных шумов и других неточностей. |
| 2 | Разработать алгоритмы стабилизации и навигации для БЛА. | Алгоритмы стабилизации для поддержания заданной ориентации БЛА в пространстве, для управления подъёмом и спуском БЛА, противодействие внешним воздействиям.  2.1. Опишите задачу, которую должен будет выполнить БЛА (например, применение в сельском хозяйстве, мониторинг инфраструктуры, обследование здания, обследование шахты и т.д.).  Беспилотный летательный аппарат (БЛА) предназначен для мониторинга состояния электрических линий передачи. Он должен осуществлять детальный осмотр линий на предмет повреждений, проверку изоляторов и опор, а также обнаружение растительности или других объектов, которые могут представлять угрозу безопасному функционированию ЛЭП. |
| 2.2 Опишите параметры, которыми должен обладать БЛА для выполнения рассматриваемой задачи (например, его масса, размеры, характеристики двигателей, требования ко времени полёта).  Для выполнения задачи используется БЛА модели DJI Matrice-210 RTK. Этот беспилотник имеет следующие характеристики:   * Масса: около 6,14 кг * Размеры:   + с разложенными пропеллерами и шасси: 883х886х427 мм   + со сложенными пропеллерами и шасси: 722х282х242 мм * Полетное время: 33 мин (без груза) * Двигатели: бесколлекторные электромоторы, антиколебательный подвес, ESC * Диапазон рабочих температур: -20°...+50°C * Источник питания: аккумулятор Intelligent Battery (Модель: WB37-4920мАч-7,6 В) * RTK GPS для точного позиционирования |
| 2.3. Опишите внешние воздействия, которые могут влиять на БЛА (например, ветер, турбулентность, замкнутое пространство, изменение температуры, механические воздействия, в т.ч. столкновения с объектами ил воздействие воздушных потоков и пр.).  БЛА может сталкиваться с такими внешними воздействиями:  - ветер,  - турбулентность,  - изменения температуры (резкое похолодание),  - возможные столкновения с препятствиями вблизи ЛЭП (например, деревьями или столбами),  - электромагнитные помехи от электрических линий. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | 2.4. Опишите сенсоры (например, гироскоп, акселерометр, GPS, барометры, магнитометры, лидар, инфракрасный датчик, GPS-модуль и пр.) и их потребуется ли их калибровка для устранения, например, смещений или шумов.   * Гироскоп и акселерометр: для обеспечения стабильности полета. * RTK GPS: для точного позиционирования. * Инфракрасная камера: для обнаружения повреждений и нагрева оборудования. * Лидар: для точного определения расстояния до объектов и замеров растительности.   Калибровка этих сенсоров необходима для минимизации смещений и шумов, так как точность и надежность данных критичны для качества мониторинга. |
| 2.5. Опишите какие фильтры планируется применять для создания уточнённой оценки состояния БЛА с учётом как предсказанных, так и измеренных данных и какой их принцип работы.  Применяется фильтр Калмана для создания уточненной оценки состояния БЛА, сочетая измеренные данные с моделью физического поведения дрона. Фильтр помогает корректно оценивать положение, скорость и ориентацию БЛА в условиях шума измерений и внешних помех. |
| 2.6. Опишите алгоритм стабилизации БЛА при взаимодействии акселерометра и гироскопа.  Алгоритм стабилизации для БЛА основан на объединении данных, получаемых от акселерометра и гироскопа, через управляющий контур с обратной связью:   * *Акселерометр* измеряет линейное ускорение БЛА. Но, эти показатели могут включать в себя как движение, так и гравитационную силу, поэтому для точности необходимо провести соответствующую коррекцию сигналов. * *Гироскоп* измеряет угловую скорость вращения БЛА вокруг своих осей. Информация от гироскопа важная для определения реальных угловых изменений и компенсации случайных движений.   Алгоритмически данные с обоих сенсоров обрабатываются в реальном времени для вычисления текущего положения и ориентации БЛА, затем используются PID-контроллеры для коррекции движений по каждой оси, чтобы минимизировать ошибку между желаемым и текущим положением/ориентацией. |
| 2.7. Опишите алгоритм навигации БЛА при взаимодействии барометра, акселерометра и гироскопа.  Навигационный алгоритм БЛА использует данные от барометра, акселерометра и гироскопа для точного определения положения в пространстве:   * *Барометр* предоставляет данные о высоте полета, используя атмосферное давление. Эти данные помогают контролировать высоту полета над землей и другими объектами. * *Гироскоп и акселерометр* совместно работают для точного определения ориентации и ускорения БЛА, что критически важно для поддержания курса в условиях ветра или при выполнении маневров.   Для интеграции данных с этих трех сенсоров тоже используется фильтр Калмана, который помогает сгладить данные от случайных шумов и обеспечить более стабильное и надежное управление полетом. Алгоритмы навигации анализируют входные данные в реальном времени и корректируют управляющие воздействия, чтобы обеспечить желаемую траекторию движения и точное позиционирование БЛА.  времени, обеспечивая безопасное маневрирование вблизи препятствий и точное следование заданной маршрутной карте. |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 3 | Реализовать ПИД- регуляторы для управления полётом. | См. *pid.py* |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 4 | Написать и загрузить программное обеспечение для системы управления полётом. | См. *flight\_control.py*  A graph of a wave  Description automatically generated |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 5 | Провести тестирование системы управления полётоми проанализировать результаты. | См. *flight\_control.py* |