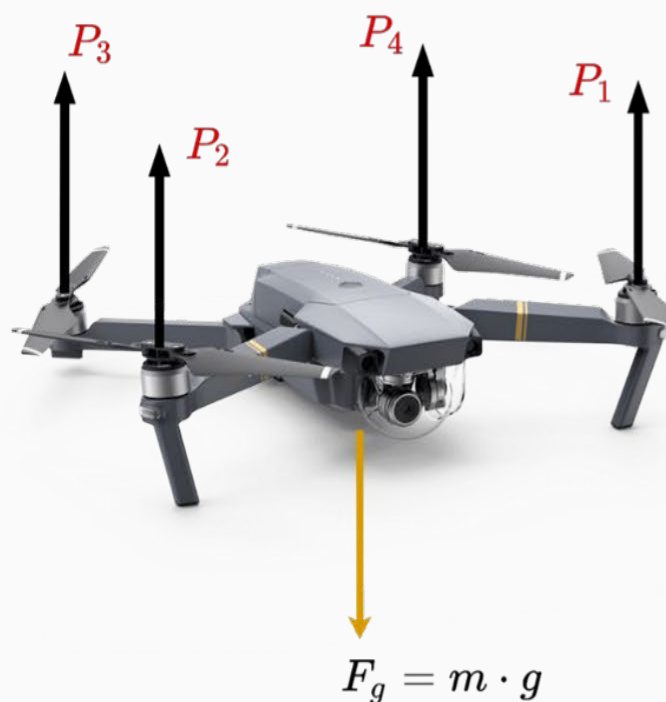


Система управления высотой БЛА

Цели урока

- ✓ Рассмотреть простейший пример системы, где аппарату необходимо удерживать свою высоту
- ✓ Составить вычислительный алгоритм для простейшей системы
- ✓ Рассмотреть принцип работы простейшей системы моделирования
- ✓ Освоить настройку ПИД-регулятора

Моделирование системы управления высотой БЛА

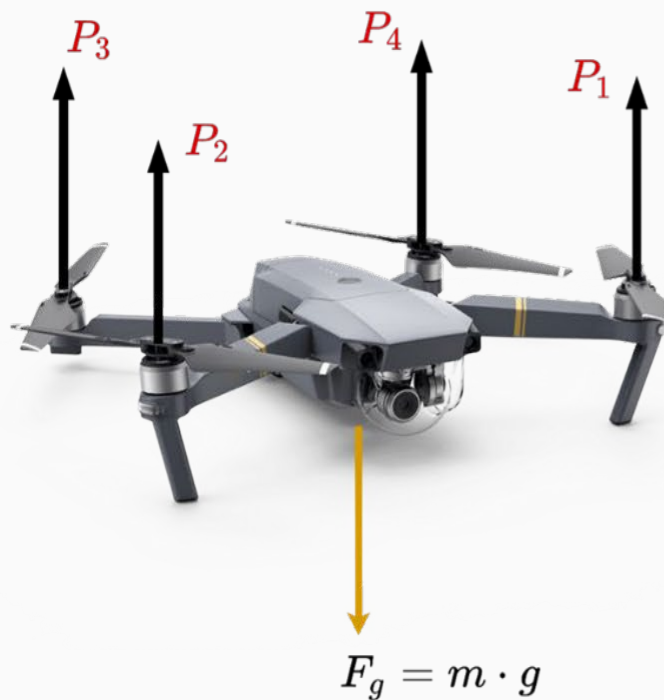


$$P_i = b \cdot \omega_i^2$$

$$F_{sum} = b \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i^2 - F_g$$

$$u = k_p \cdot e(t) + k_i \cdot \int_{t_0}^T e(t) dt + k_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

Моделирование системы управления высотой БЛА



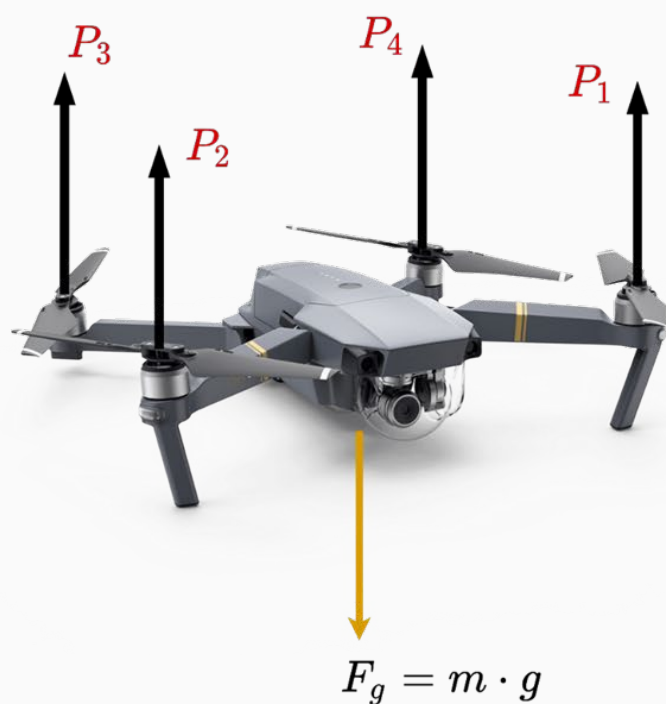
$$P_i = b \cdot \omega_i^2$$

$$F_{sum} = b \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i^2 - F_g$$

$$u = k_p \cdot e(t) + k_i \cdot \int_{t_0}^T e(t) dt + k_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

$$\omega_i = u$$

Моделирование системы управления высотой БЛА



F_g Сила тяжести

g Ускорение свободного падения

F_{sum} Сумма всех сил, действующих на систему

ω_i Угловая скорость i двигателя

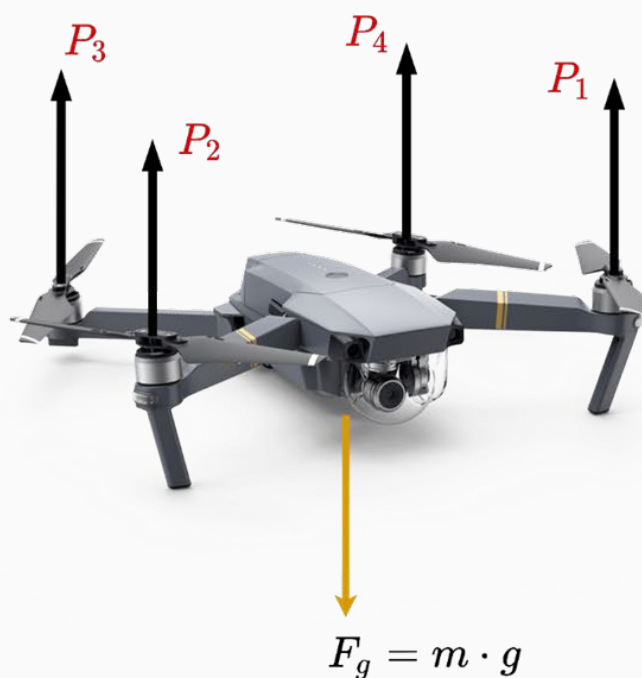
$$P_i = b \cdot \omega_i^2$$

$$F_{sum} = b \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i^2 - F_g$$

$$u = k_p \cdot e(t) + k_i \cdot \int_{t_0}^T e(t) dt + k_d \cdot \frac{de(t)}{dt}$$

$$\omega_i = u$$

Моделирование системы управления высотой БЛА



dt шаг интегрирования симулятора
 k номер итерации моделирования
 b коэффициент тяги двигателя

k_p, k_i, k_d коэффициенты ПИД-регулятора

x_k, v_k положение и скорость аппарата на k итерации

x_{de} целевое положение аппарата

e_k ошибка по положению на k итерации

$$\begin{aligned}e_k &= x_{des} - x_{k-1} \\u_k &= k_p \cdot e_k + k_i \cdot \sum_{t_0}^T e_k dt + k_d \cdot \frac{e_k - e_{k-1}}{dt} \\\omega_i &= u_k \\F_{sum} &= b \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i^2 - F_g \\v_k &= v_{k-1} + \frac{F_{sum}}{m} \cdot dt \\x_k &= x_{k-1} + v_k \cdot dt\end{aligned}$$

Алгоритм для моделирования движения БЛА вдоль одной оси

$$\begin{aligned}e_k &= x_{des} - x_{k-1} \\u_k &= k_p \cdot e_k + k_i \cdot \sum_{t_0}^T e_k dt + k_d \cdot \frac{e_k - e_{k-1}}{dt} \\\omega_i &= u_k \\F_{sum} &= b \cdot \sum_{i=1}^n \omega_i^2 - F_g \\v_k &= v_{k-1} + \frac{F_{sum}}{m} \cdot dt \\x_k &= x_{k-1} + v_k \cdot dt\end{aligned}$$

Итоги урока

- 1 Для того чтобы смоделировать систему, необходимо составить математическую модель, определиться с законом управления
- 2 После необходимо составить алгоритм и выполнить его реализацию
- 3 Для того чтобы система работала, необходимо провести настройку системы управления.
Для оценки результатов необходимо построить графики требуемого положения системы от времени

Итоги модуля

- 1 Для того чтобы разобраться в механике движения БЛА, необходимо воспользоваться 2 законом Ньютона и уравнениями Эйлера
- 2 Для того чтобы выполнить моделирование, необходимо составить математическую модель. Выяснить, чем мы сможем управлять (например, угловой скоростью двигателей)
 - Выбрать контроллер и составить структуру для системы управления
 - Перед реализацией программы для моделирования необходимо чётко и ясно составить вычислительный алгоритм