

پروژه اول:

مسعود دارابی - فاطمه فاطمی - یگانه حاتمی - آرمین نژاد حسین قاسم آبادی

پروژه دوم:

فاطمه امیدوار - محمد یزدانی - علی کوثری - مهبد خلیلی

پروژه سوم:

سهراب صمدی - سارا فلاحت کار - محسن امجدی - امیرحسین مرتضی

پروژه چهارم:

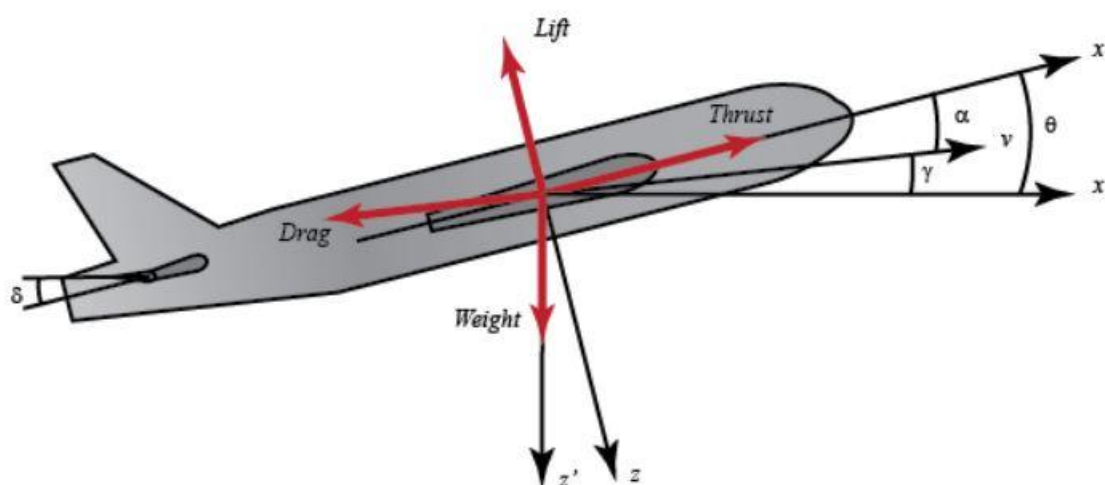
پرگل شریفی - رامتین بیات - شقایق بابایی - علی جاویدان - نوید رحمانی

۱. کنترل حرکت هواپیما

معادلات حاکم بر حرکت یک هواپیما بسیار پیچیده و شامل معادلات دیفرانسیلی به هم کوپل شده است که می توان با گذاشتن فرض هایی آن ها را به صورت خطی و غیر کوپل درآورد.

در این مسئله قصد داریم خلبان خودکاری برای کنترل جهت حرکت هواپیما طراحی کنیم.

محورهای مختصات و نیروهای وارده بر هواپیما در شکل زیر نشان داده شده اند.



فرض می کنیم هواپیما در ارتفاع و سرعت ثابت در حالت پایا قرار دارد. بنابراین نیروهای lift، drag، thrust، weight، در جهت های x و y یکدیگر را خنثی می کنند. همچنین فرض می کنیم تغییر در جهت هواپیما تاثیری بر سرعت آن ندارد. (این فرض غیرواقعی است اما برای ساده سازی مسئله می توان آن را پذیرفت.)

با در نظر گرفتن این فرضیات معادلات زیر را برای حرکت هواپیما خواهیم داشت:

$$\dot{\alpha} = \mu \Omega \sigma \left[-(C_L + C_D) \alpha + \frac{1}{\mu - C_L} q - (C_w \sin \gamma) \theta + C_L \right]$$

$$\dot{q} = \frac{\mu\Omega}{2i_{yy}} [[C_M - \eta(C_L + C_D)]\alpha + [C_M + \sigma C_M(1 - \mu C_L)q + (\eta C_W \sin \gamma)\delta]$$

$$\dot{\theta} = \Omega q$$

در این سیستم، ورودی زاویه انحراف بالابرنده (δ) و خروجی زاویه جهت (θ) خواهد بود.

با جایگذاری مقادیر عددی موجود برای یک هواپیمای تجاری بوئینگ معادلات زیر را خواهیم داشت:

$$\dot{\alpha} = -0.313\alpha + 56.7q + 0.232\delta$$

$$\dot{q} = -0.0139\alpha - 0.426q + 0.0203\delta$$

$$\dot{\theta} = 56.7q$$

با اعمال یک سری مراحل جبری خواهیم داشت:

$$\frac{\theta(s)}{\Delta(s)} = \frac{1.151s + 0.1774}{s^3 + 0.739s^2 + 0.921s}$$

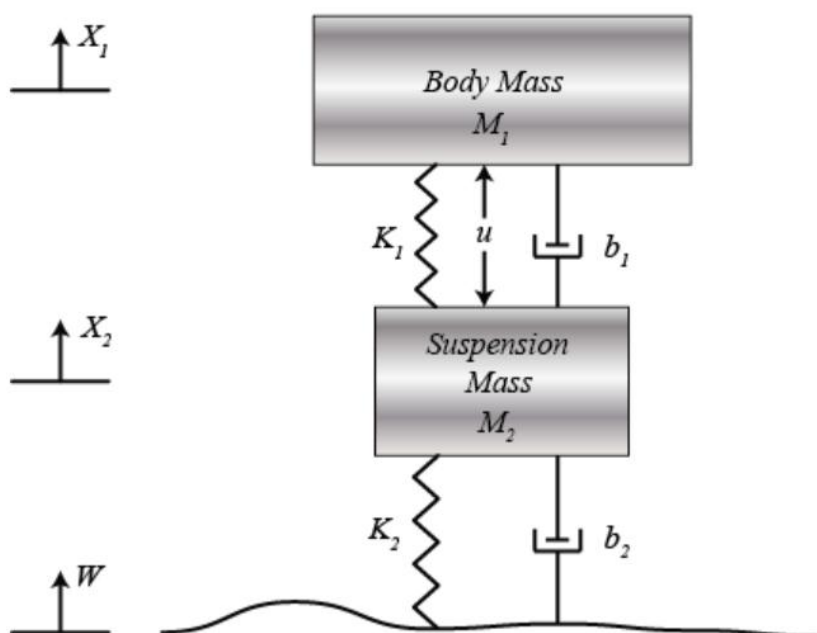
مطلوبات:

در این مسئله می‌خواهیم کنترلی طراحی کنیم که در پاسخ به دستور پله برای زاویه جهت واقعی فراجشی کمتر از ۱۰٪، زمان صعود کمتر از ۲ ثانیه، زمان نشست کمتر از ۱۰ ثانیه و خطای ماندگار کمتر از ۲٪ و قابلیت حذف اغتشاش را داشته باشد.

۲. سیستم تعلیق اتوبوس

طراحی سیستم تعلیق خوردو یکی از مسائل مطرح و چالش برانگیز در میان مسائل کنترل است. پس از مرحله طراحی سیستم تعلیق، از یک مدل $\frac{1}{4}$ اتوبوس (یکی از چهار چرخ) برای ساده سازی مسئله به یک مسئله یک بعدی فنر-دمپر استفاده میشود. نمودار این سیستم در زیر نشان داده شده است. این مدل برای یک سیستم تعلیق فعال است که شامل یک فعال کننده است که قادر خواهد بود نیروی کنترل کننده U را برای کنترل حرکت بدنه اتوبوس تولید کند.

Model of Bus Suspension System (1/4 Bus)



در این مسئله فرضیات زیر را داریم:

(M1)	1/4 bus body mass	2500 kg
(M2)	suspension mass	320 kg
(K1)	spring constant of suspension system	80,000 N/m
(K2)	spring constant of wheel and tire	500,000 N/m
(b1)	damping constant of suspension system	350 N.s/m
(b2)	damping constant of wheel and tire	15,020 N.s/m
(U)	control force	

زمانی که یک اتوبوس در ناهمواری‌های جاده می‌افتد بدنه‌ی اتوبوس نباید نوسانات زیادی داشته باشد و این نوسانات باید به سرعت از بین بروند. از آنجا که اندازه‌گیری فاصله X_1-W بسیار دشوار است و تغییر شکل تایر (X_2-W) ناچیز است، ما از فاصله X_1-X_2 به جای X_1-W به عنوان خروجی در مشکل خود استفاده خواهیم کرد. به خاطر داشته باشید که این یک تخمین است.

معادلات حاکم بر اساس قانون نیوتون برای سیستم:

$$M_1 \ddot{X}_1 = -b(\dot{X}_1 - \dot{X}_2) - K_1(X_1 - X_2) + u$$

$$M_2 \ddot{X}_2 = b_1(\dot{X}_1 - \dot{X}_2) + K_1(X_1 - X_2) + b_2(\dot{W} - \dot{X}_2) + K_2(W - X_2) - u$$

از معادلات بالا لاپلاس می‌گیریم و تابع تبدیل‌های $G_1(s)$ و $G_2(s)$ را با ورودی‌های U و W و خروجی $X_1 - X_2$ محاسبه می‌کنیم.

$$\Delta = (M_1 s^2 + b_1 s + K_1)(M_2 s^2 + (b_1 + b_2)s + (K_1 + K_2)) - (b_1 s + K_1)(b_1 s + K_1)$$

$$G_1(s) = \frac{X_1(s) - X_2(s)}{U(s)} = \frac{((M_1 + M_2)S^2 + b_2 s + K_2)}{\Delta}$$

$$G_2(s) = \frac{X_1(s) - X_2(s)}{W(s)} = \frac{-M_1 b_2 s^3 - M_1 K_2 s^2}{\Delta}$$

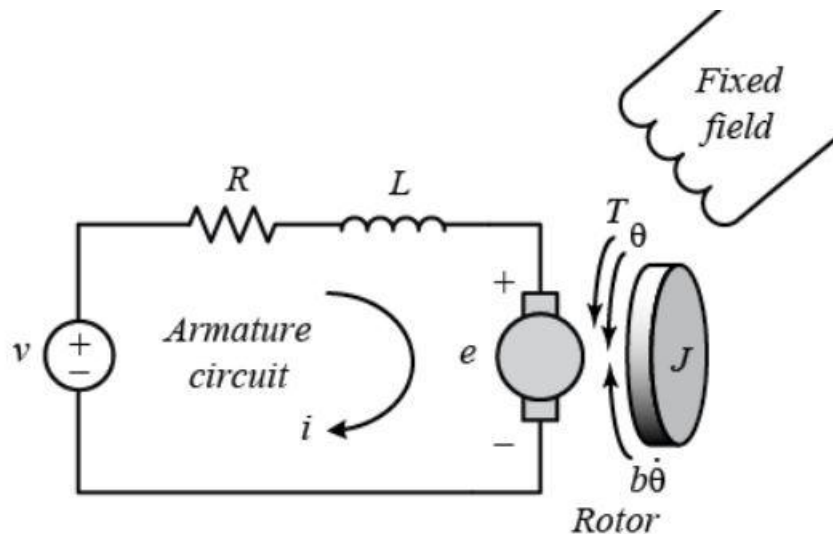
مطلوبات:

اغتشاش در جاده (W) در این مسئله با ورودی پله شبیه‌سازی می‌شود. این ورودی پله می‌تواند نمایانگر این باشد که اتوبوس از چاله بیرون می‌آید. می‌خواهیم یک فیدبک کنترلر طراحی کنیم که خروجی $(X_1 - X_2)$ فراجشی کمتر از ۵٪ و زمان نشست کوتاهی‌تر از ۵ ثانیه داشته باشد.

۳. سرعت موتور DC

یکی از فعال‌سازهای مهم در سیستم‌های کنترل، موتور DC است که مستقیماً حرکت دوار را تولید می‌کند و کوپل شدن آن با کابل‌ها و چرخ‌ها می‌تواند حرکت انتقالی تولید کند.

مدار الکتریکی معادل و نمودار جسم آزاد روتور در شکل زیر نشان داده شده است.



در این سیستم، ورودی منبع ولتاژ (V) و خروجی سرعت دورانی شفت ($\dot{\theta}$) است.

فرض می‌کنیم شفت و روتور صلب هستند. همچنین فرض مدل اصطکاک ویسکوز می‌کنیم. در واقع اصطکاک گشتاور متناسب است با سرعت زاویه‌ای شفت.

مقادیر زیر را برای این سیستم خواهیم داشت.

(J)	moment of inertia of the rotor	0.01 kg.m^2
(b)	motor viscous friction constant	0.1 N.m.s
(Ke)	electromotive force constant	0.01 V/rad/sec
(Kt)	motor torque constant	0.01 N.m/Amp
(R)	electric resistance	1 Ohm
(L)	electric inductance	0.5 H

در حالت کلی گشتاور تولید شده توسط موتور DC متناسب است با جریان آرماتور و قدرت میدان مغناطیسی.

در این مسئله فرض می‌کنیم میدان مغناطیسی ثابت است در نتیجه گشتاور حاصل فقط با جریان آرماتور (i) و ثابت K_t متناسب است.

$$T = K_t i$$

نیروی محرکه:

$$e = K \dot{\theta}$$

همچنین داریم:

$$J\ddot{\theta} + b\dot{\theta} = K i$$

$$L \frac{di}{dt} + Ri = V - K \dot{\theta}$$

خواهیم داشت:

$$\frac{\dot{\theta}(s)}{V(s)} = \frac{K}{(Js + b)(Ls + R) + K^2}$$

مطلوبات:

در نظر داشته باشید سیستم حلقه باز در حالت پایا با ولتاژ ۱ ولت سرعت ۰,۱ rad/sec خواه داشت.

با توجه به خواسته‌های واقعی ما از چنین سیستمی، می‌خواهیم زمان نشست کمتر از ۲ ثانیه، خطای ماندگار کمتر از ۱٪ و فراجاهش کمتر از ۵٪ شود و سیستم قابلیت حذف اغتشاش را داشته باشد.

۴. مکان موتور DC

توضیحات موتور DC در قسمت قبل آورده شده است. با توجه به توضیحات داده شده و معادلات داده شده می‌توان با انتگرال گرفتن از $\dot{\theta}$ می‌توان از معادلات سرعت به معادلات مکان موتور DC رسید:

$$\frac{\theta(s)}{V(s)} = \frac{K}{s((Js + b)(Ls + R) + K^2)} \quad \left[\frac{\text{rad}}{\text{V}}\right]$$

با توجه به داده‌های جدول زیر مطلوبات را به دست آورید.

(J)	moment of inertia of the rotor	3.2284E-6 kg.m ²
(b)	motor viscous friction constant	3.5077E-6 N.m.s
(Kb)	electromotive force constant	0.0274 V/rad/sec
(Kt)	motor torque constant	0.0274 N.m/Amp
(R)	electric resistance	4 Ohm
(L)	electric inductance	2.75E-6H

مطلوبات:

ما می‌خواهیم که بتوانیم موتور را به طور خیلی دقیق قرار دهیم. بنابراین خطای حالت ماندگار مکان موتور DC باید صفر شود. همچنین می‌خواهیم خطای ماندگار حاصل از یک اغتشاش مداوم صفر شود. می‌خواهیم که زمان نشست 40 میلی‌ثانیه و فراجاهش کمتر از 16% باشد. این شرایط را در حالتی در نظر بگیرید که به سیستم ورودی پله داده شده است.