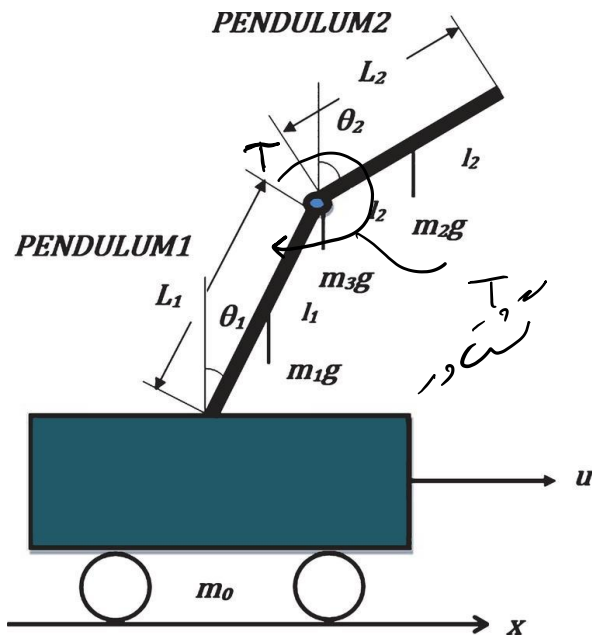


به نام خدا



تکلیف پاندول دوگانه معکوس - کنترل پیشرفته

پاندول دوگانه معکوس شکل مقابل را در نظر بگیرید. متغیرهای جا به جایی خطی گاری به جرم m_0 و جا به جایی زاویه ای میله ها به جرم m و نرخ تغییرات زمانی آن را به عنوان متغیرهای حالت (۶ متغیر حالت) در نظر بگیرید. جرم میله ها را یکنواخت در نظر بگیرید و فرض کنید میله ها به گاری و یکدیگر از طریق یک لولای بدون اصطکاک متصل شده است. نیروی u و گشتاور T که بین دو میله در محل لولا اعمال میشود به عنوان متغیرهای کنترلی در نظر بگیرید (دقت کنید که گشتاور بین دو میله در محل لولا بعد از جدا کردن دو تا میله در رسم نمودار آزاد نیرو و گشتاور به صورت عمل و عکس العملی است).

فرض کنید $L_{1,2} = 0.5 \text{ m}$ و $m_{1,2} = 0.5 \text{ Kg}$ و $m_0 = 2 \text{ Kg}$

است. حال به سوالات زیر پاسخ دهید:

۱- معادلات دینامیکی حاکم بر مساله را استخراج و آن را به فرم فضای حالت بر اساس متغیرهای حالتی که در ابتدا توضیح داده شد، ببرید.

۲- حول نقطه تعادل صفر (یعنی سرعت های زاویه ای و خطی و موقعیت خطی و زاویه ای صفر) معادلات حالت را خطی سازی نمایید.

۳- کنترل پذیری سیستم خطی سازی شده را بررسی کنید.

۴- با فرض اینکه خروجی قابل اندازه گیری $y_1 = x$ و $y_2 = \theta_1$ است، مشاهده پذیری سیستم را بررسی کنید.

۵- با فرض اینکه خروجی قابل اندازه گیری $y_1 = \theta_1$ و $y_2 = \theta_2$ است، مشاهده پذیری سیستم را بررسی کنید.

۶- یک کنترلر رگولاتور با مقادیر ویژه مطلوب در $\mu_{1,2} = -2$ و $\mu_{3,4} = -2 \pm j$ و $\mu_{5,6} = -3$ طراحی کنید. (از روش EESA برای طراحی کنترلر استفاده کنید)

۷- یک مشاهده گر برای وقتی که خروجی به صورت $y_2 = \theta_1$ و $y_1 = x$ است طراحی کنید و کلیه مقادیر ویژه مد نظر را در -10 قرار دهید. (از روش GCCF برای طراحی مشاهده گر استفاده کنید)

۸- رگولاتور بند ۶ را با شرایط اولیه زیر

$$[x(0) \ \dot{x}(0) \ \theta_1(0) \ \dot{\theta}_1(0) \ \theta_2(0) \ \dot{\theta}_2(0)] = [0 \ 0.1 \frac{m}{s} \ 5^\circ \ 3^\circ/s \ -2^\circ \ -5^\circ/s]$$

به هر دو سیستم خطی سازی شده و هم سیستم اصلی (بدون خطی سازی) اعمال و نتیجه را به کمک یک کد متلب ارائه دهید.

۹- رگولاتور بند ۶ را با مشاهده گر ارایه شده در بند ۷ ترکیب کنید و مجدداً با شرایط اولیه ارایه شده در بند ۸ برای سیستم اصلی و شرایط اولیه صفر (کل متغیرها) برای مشاهده گر به سیستم خطی سازی شده و سیستم اصلی (بدون خطی سازی) اعمال و به کمک یک کد متلب نتیجه را ارایه دهید.

۱۰- میخواهیم یک سروو کنترلر نوع ۱ طراحی کنیم طوری که خروجی $y_1 = x$ و $y_2 = \theta_1$ بتواند مرجع $y_{1,r} =$

$1 \text{ sign}(\sin(0.2t))$ و $5^\circ \text{ sign}(\sin(0.4t))$ را بدون خطای ماندگار تعقیب نماید. با روش اضافه کردن کنترل

فیدفوروارد (پیشخور) با همان مقادیر ویژه مطلوب بند ۶ کنترلر را به دست آورید. سپس کنترلر به دست آمده را به سیستم خطی

سازی شده و همچنین سیستم اصلی (بدون خطی سازی) با شرایط اولیه بند ۸ اعمال و نتیجه را با متلب شبیه سازی و ارایه نمایید. حتما از ترکیب کنترلر و مشاهده گر استفاده شود. (از روش GCCF برای طراحی کنترلر در این بخش استفاده کنید)

۱۱- بند ۱۰ را به کمک اضافه کردن یک انتگرال گیر تکرار نمایید و مقدار ویژه اضافه مربوط به افزودن انتگرال گیر، در محل ۴- قرار بگیرد. (از روش EESA برای طراحی کنترلر در این بخش استفاده کنید)