

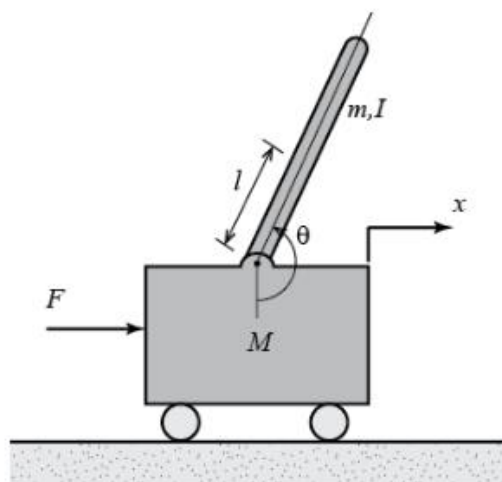
پروژه 2:

موضوع: کنترل زاویه پاندول معکوس (حفظ تعادل عمودی)

شرح مسئله:

یکی از مسائل بسیار روتین در مباحث کنترلی بررسی سیستم پاندول معکوس می باشد که بر روی یک وسیله چرخدار متحرک قرار داده شده است. با اعمال کوچکترین نیرو به این پایه متحرک، تعادل یک سر گیردار پاندول معکوس بهم خورده و باعث ناپایداری سیستم می شود. که با حرکت کنترل شده (اعمال نیروی کنترل شده) دوباره قسمت متحرک باید تعادل پاندول معکوس حفظ شود.

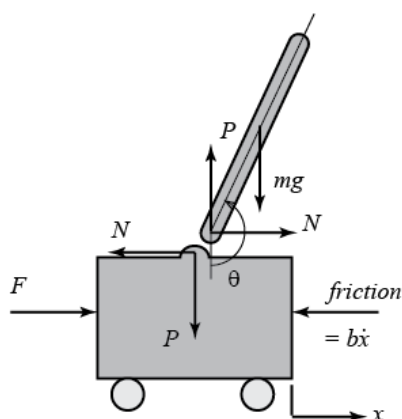
ورودی کنترلی سیستم، نیروی (F) وارده به قسمت متحرک بوده که قسمت متحرک را به طور افقی حرکت می دهد. و خروجی سیستم زاویه پاندول معکوس با خط عمودی و موقعیت مسافتی (x) قسمت متحرک می باشد.



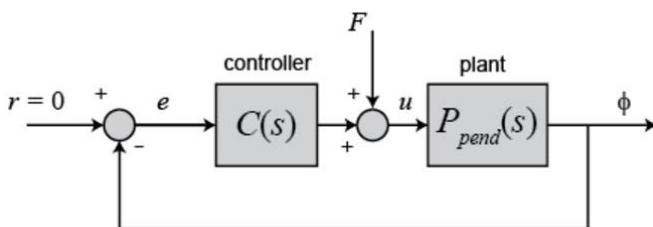
مشخصات مسئله:

M	جرم قسمت متحرک	0.5 kg
M	جرم پاندول	0.2 kg
B	ضریب اصطکاک متحرک	0.1 N/m/sec
l	طول پاندول از مرکز جرم خود	0.3 m
I	ممان اینرسی جرمی پاندول	0.006 kg.m ²
F	نیروی وارده به قسمت متحرک	-
x	موقعیتی متحرک	-
θ	زاویه پاندول از خط عمود بر متحرک	

آنالیز نیرو برای بدست آوردن معادلات سیستم:

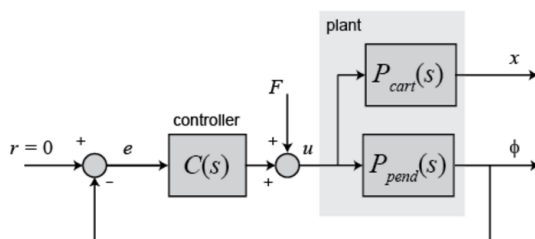


- ✓ ابتدا تمامی معادلات سیستم را بدست آورید.
- ✓ سپس توابع تبدیل مربوط به (خروجی زاویه پاندول به ورودی نیرو) و (خروجی موقعیتی متحرک به ورودی نیرو) را بدست آورید.
- ✓ سرانجام معادلات فضای حالت سیستم را تشکیل دهید.
- (حالت های سیستم: سرعت محرک/شتاب محرک/سرعت زاویه ای/شتاب زاویه ای)
- (خروجی سیستم هم θ و x هستند)
- ✓ هدف کد نویسی معادلات در محیط متلب برای اعمال کنترلر PID به سیستم می باشد.



■ توضیحات تکمیلی:

دقت شود که ساختار کنترلی فقط برای کنترل خروجی θ جهت تنظیم زاویه پاندول انجام بگیرد



سپس بعد از طراحی، تاثیر کنترلر اعمالی بر روی موقعیت قسمت متحرک بررسی شود.

■ خواسته های طراحی:

(الف) حالت اول

- دقت شود که پاندول در کمتر از 5 ثانیه باید در موقعیت مطلوب خود یعنی $\theta < 0.05 \text{ rad}$ با ورودی ضربه 1 N.sec قرار گیرد. (مقدار اولیه زاویه $\theta = \pi$)
- به طور خلاصه وضعیت مطلوب سیستم:

$$t_{set} < 5 \text{ sec}, \theta \text{ برای } \checkmark$$

$$\theta < 0.05 \text{ rad } \checkmark$$

(ب) حالت دوم (*امتیاز اضافه دارد*)

برای مدل فضای حالت سیستم، دو خروجی θ و x برای کنترل مد نظر بگیرید. در این بخش خروجی خواسته شده برای موقعیت مکانی قسمت متحرک $x = 0.2 \text{ m}$ در نظر گرفته شده است. اطلاعات مورد نظر این قسمت به شرح زیر می باشند:

✓ زمان نشست θ و x کمتر از 5 ثانیه در نظر گرفته شود.

✓ زمان خیز x کمتر از 0.5 ثانیه در نظر گرفته شود.

$$\theta < 0.35 \text{ rad } \checkmark$$

✓ خطای حالت θ و x کمتر از 2% در نظر گرفته شود.

■ PID کنترلر:

اعمال کنترلر PID با گین های مختلف و شبیه سازی موقعیت پاندول برای گین های مختلف با ورودی ضربه نیرو (به عنوان ورودی اغتشاش) مد نظر خواهد بود. و نهایتا با استفاده از کنترلر مطلوب بدست آمده خروجی موقعیت قسمت متحرک (x) را نیز رسم نمایید.

نوع سنسور:

در مورد سنسورهای مورد نیاز در سیستم تشخیص زاویه پاندول معکوس و مشخصه های آنها تحقیقات لازم انجام گیرد.