

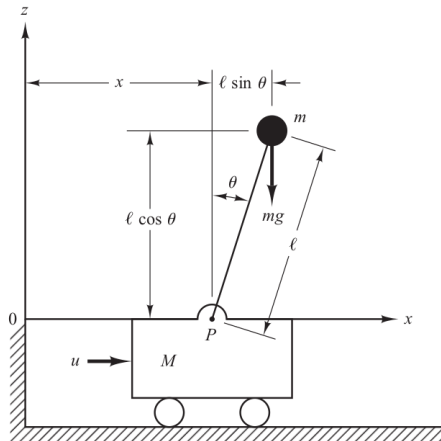


تمرین سری ۱

درس مبانی سیستم‌های نهفته و بی‌درنگ

نیم سال دوم ۱۴۰۱-۱۴۰۲

۱. یک آونگ معکوس نصب شده بر روی ارابه موتوردار در شکل زیر نشان داده شده است. این شکل مدلی ساده شده از سیستم کنترل وضعیت یک پرتابگر فضایی هنگام برخاستن است. هدف مسئله، نگه داشتن پرتابگر در موقعیت عمودی است. آونگ معکوس از این جهت ناپایدار است که ممکن است هر لحظه از طرفی سقوط کند، مگر اینکه نیروی کنترلی مناسب در ورودی اعمال شود. در اینجا ما صرفاً مسئله دو بعدی را در نظر می‌گیریم که در آن آونگ فقط در صفحه حرکت می‌کند. نیروی کنترلی u به عنوان ورودی به ارابه اعمال می‌شود. مدل ریاضی مسئله در زیر داده شده است. هدف این تمرین مدل‌سازی آونگ معکوس، طراحی یک کنترلر و شبیه‌سازی آن است.

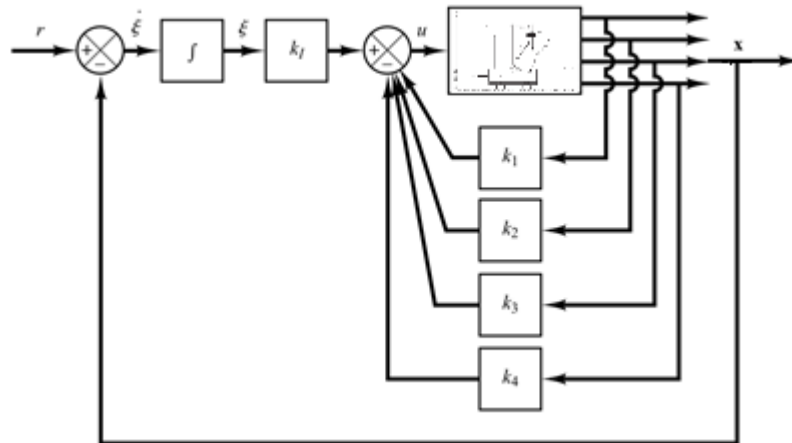


$$(M + m)\ddot{x} + m l \ddot{\theta} = u$$
$$m l^2 \ddot{\theta} + m l \ddot{x} = m g l \theta$$

- أ. مدلی زمان-پیوسته برای plant آونگ معکوس مطابق چارچوب معرفی شده در درس معرفی کنید. متغیرهای حالت که در خروجی سیستم هم ظاهر می‌شوند را به ترتیب از چپ به راست $\theta, \dot{\theta}, x, \dot{x}$ در نظر بگیرید. عملکرد مدل را با اعمال ورودی‌های مختلف (نظیر تابع پله، تابع نوسانی با دامنه کم و ...) شبیه‌سازی کرده و مدل را صحت‌سنجی کنید.
- ب. هدف کنترلر این است که آونگ معکوس تا آنجا که ممکن است در حالت عمودی نگه دارد و در عین حال بتوان موقعیت ارابه را کنترل کرد - به عنوان مثال، مکان مطلوب ارابه را به صورت پله‌ای حرکت داد بدون این که آونگ سقوط کند. در اینجا برای کنترل موقعیت ارابه از یک سیستم سروو نوع ۱ استفاده می‌شود. از آنجا که سیستم آونگ معکوس که بر روی ارابه سوار شده است، انتگرال‌گیر ندارد، همانطور که در شکل زیر نشان داده شده است، سیگنال سوم خروجی (که موقعیت ارابه را نشان می‌دهد) را به ورودی برگردانده و یک انتگرال‌گیر را در مسیر پیش‌خورد آن وارد می‌کنیم. ضمن مدل‌سازی دیگر اجزای سیستم کنترلی شرح داده شده، سیستم کلی حاصل اتصال اجزای مختلف را تعریف کنید، مقادیر مناسبی برای پارامترهای k_1 تا k_4 و K_I انتخاب کنید و پایداری سیستم را برای یک ورودی پله با استفاده از شبیه‌سازی بررسی کنید. فرض می‌کنیم که زاویه آونگ θ و سرعت زاویه‌ای آن $\dot{\theta}$ کوچک هستند. مقادیر عددی M, m و l نیز به صورت زیر داده شده است.

$$M = 2\text{Kg}, m = 0.1\text{Kg}, l = 0.5\text{m}$$

راهنمایی: برای شروع از مقادیر k منفی با قدر مطلق کوچکتر از ۱۰۰ آغاز کنید و تنها برای k_1 انتظار مقادیر کوچکتر (منفی با قدر مطلق بزرگتر از ۱۰۰) داشته باشید.



- گزارش نهایی شامل یک گزارش در قالب PDF است که اولاً پاسخ مسائل تحلیلی را به طور کامل دربرگرفته باشد و ثانیاً مدل سازی ها و شبیه سازی های انجام شده در ابزارها را به همراه تصویر به شکل واضح نمایش دهد.
- تمرین های درس به صورت گروه های دو نفره انجام داده شده و تحویل می شوند.
 - نکته مهم این است تمامی افراد گروه باید به همه جوانب و جزئیات تمرین ها مسلط باشند که این نکته توسط دستیاران آموزشی موقع تحویل به دقت بررسی خواهد شد.
 - هر گروه باید به صورت مجزا تمرین را انجام داده و از کپی تمرینات گروه های دیگر خودداری کند.
 - به منظور ایجاد شرایط یکسان برای تمامی گروه ها و فاصله داشتن زمان آپلود و تحویل، به هنگام تحویل، ممکن است از اعضای گروه خواسته شود در همان زمان تمرین خود را از درس افزار دانلود کرده و روی سیستم خود تحویل دهند.

موفق باشید

عطارزاده