



باسمه تعالی
سیستم‌های کنترل پیشرفته
پروژه - فاز اول
۱۴۰۲-۱۴۰۱-۱



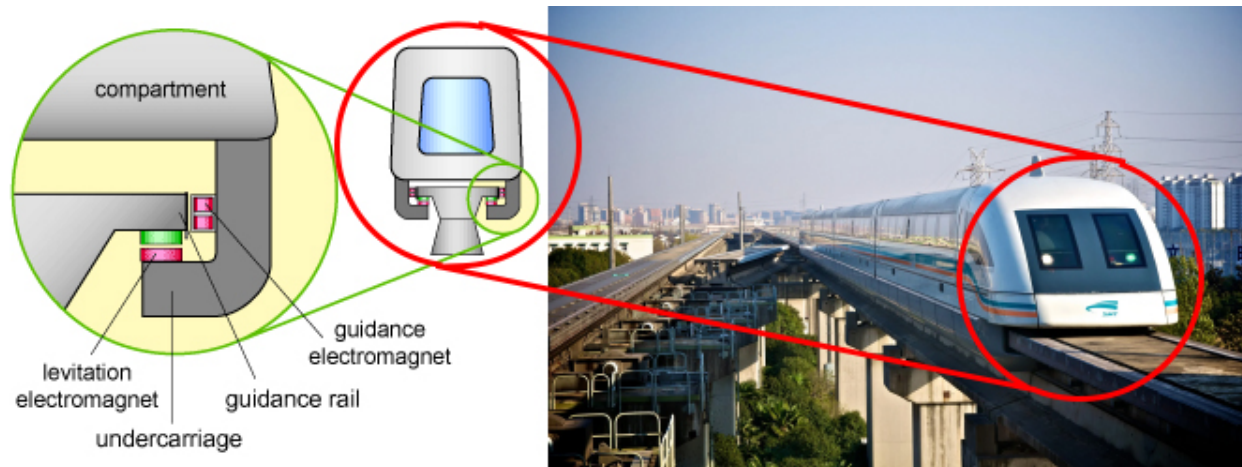
تاریخ بارگذاری: ۱۴۰۱/۰۹/۳۰

تاریخ تحویل: ۱۴۰۱/۱۰/۱۶

دستیاران آموزشی مسئول: سید فرید موسوی (farbodmoosavi@ut.ac.ir)، آرمان برقی (arman.barghi@ut.ac.ir)

مقدمه

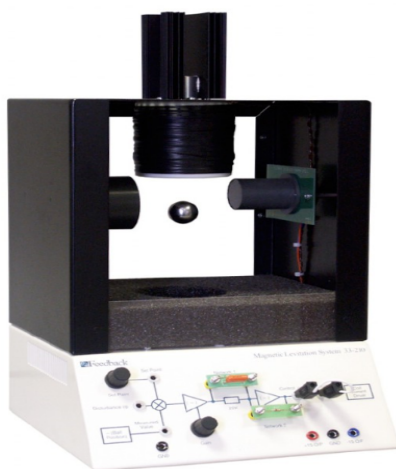
شناورسازی مغناطیسی روشی است که به وسیله آن تنها با میدان مغناطیسی، می‌توان بر جاذبه غلبه کرد و جسمی را به صورت شناور درآورد. در واقع میدان مغناطیسی سبب ایجاد نیروی مغناطیسی می‌شود که این نیروی مغناطیسی اثرات جاذبه را خنثی می‌کند و سبب معلق شدن جسم می‌شود. یک نمونه عملی از کاربرد این سیستم، قطار مگلو^۱ است. قطارهای مگلو، به دلیل عدم تماس با سطح و شناور بودن روی هوا، اصطکاک بسیار کمی را احساس می‌کنند. به همین جهت، می‌توانند سرعت بسیار بالایی را تجربه کنند. سیستم این قطارها به گونه‌ای است که با نظم خاصی میدان مغناطیسی موجود در ریل را تغییر می‌دهند به طوری که قطار را به جهت جلو یا عقب پیش براند. نمونه‌ای از این قطارها در شکل ۱ نشان داده شده است.



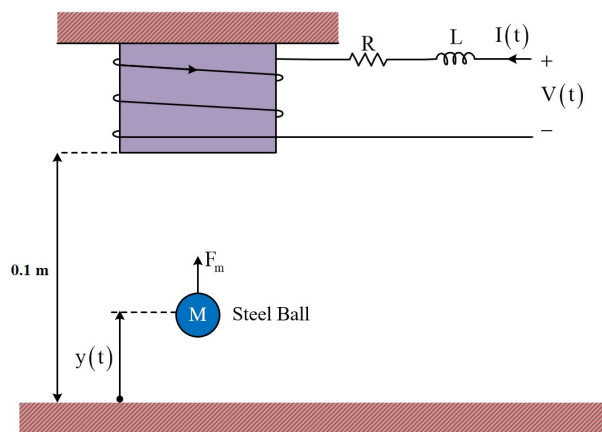
شکل ۱: قطار مگلو

^۱maglev train

پایه و اساس قطار مگلو، سیستم شناورسازی مغناطیسی است که این سیستم الکترومکانیکی به دلیل خواصی مانند غیرخطی بودن و ناپایداری ذاتی که ناشی از جاذبه زمین می‌باشد، می‌تواند سیستم مناسبی جهت تحلیل و طراحی باشد. در این سیستم که یک نمونه از آن در شکل ۲ قابل مشاهده است، یک سیم‌پیچ دور هسته مغناطیسی و یک گوی آهنی وجود دارد. با اعمال ولتاژ به سیم‌پیچ و عبور جریان الکتریکی، گوی آهنی را به سمت خود جذب می‌کند. هدف در این سیستم کنترل ارتفاع گوی آهنی توسط ولتاژ ورودی است.



شکل ۲: نمونه‌ای از سیستم شناورسازی مغناطیسی



شکل ۳: سیستم شناورسازی مغناطیسی مورد مطالعه

* حالت‌ها و ورودی کنترلی سیستم

سیستم مذکور ۳ حالت، ۱ ورودی کنترلی و ۱ خروجی دارد که در ادامه معرفی شده‌اند:

x_1 : موقعیت گوی آهنی،

x_2 : سرعت گوی آهنی،

x_3 : جریان سیم‌پیچ،

u : ولتاژ ورودی،

خروجی سیستم: موقعیت گوی آهنی

* معادلات حالت سیستم

$$\begin{cases} \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{x}_2 = -g + \frac{c}{M} \frac{x_3^2}{0.1-x_1} - \frac{f_v x_2}{M} \\ \dot{x}_3 = \frac{1}{L} (-R x_3 + u) \end{cases} \quad \left\{ \begin{array}{l} y = x_1 \end{array} \right.$$

* پارامترها

R	مقاومت کلی مدار	50Ω
L	اندوکتانس سیم‌پیچ	$0.2H$
g	شتاب گرانش زمین	$9.8 \frac{m}{s^2}$
M	جرم گوی آهنی	$0.4 + 0.0ab \overline{Kg}$
c	ثابت نیروی الکترومغناطیسی	$0.3 \frac{N \times m}{A^2}$
f_v	اصطکاک هوا	$0.04 \frac{N \times s}{m}$
y^*	نقطه کار خروجی	$0.06m$

که در آن b رقم یکان a رقم دهگان شماره دانشجویی شماست.

خواسته‌ها

- (۱) نقاط تعادل سیستم را با در نظر گرفتن نقطه کار داده شده بیابید.
- (۲) سیستم را حول نقاط تعادل بدست آمده خطی سازی کنید و معادلات فضای حالت سیستم را بدست آورید.
- (۳) وضعیت پایداری نقاط تعادل سیستم را از طریق مقادیر ویژه ماتریس خطی‌سازی شده بررسی کنید.
- (۴) کنترل‌پذیری، رؤیت‌پذیری و مینیمال بودن فضای حالت بدست آمده را بررسی کنید. در صورتی که سیستم مینیمال نیست، یک تحقق مینیمال از سیستم ارائه کنید. در ادامه پرسش‌ها از تحقق مینیمال استفاده کنید.
- (۵) ماتریس انتقال حالت این سیستم را محاسبه کنید.

- ۶) تابع تبدیل فضای حالت خطی شده سیستم را بدست آورید. قطب‌ها و صفرهای سیستم را گزارش کنید.
- ۷) کنترل‌کننده PID برای پایدارسازی سیستم خطی طراحی کنید. شاخصه مطلوب را به دلخواه انتخاب کنید. کنترل‌کننده طراحی شده چه مشکلی دارد؟
- ۸) با استفاده از کنترل‌کننده بدست آمده در مرحله قبل، پاسخ متغیرهای حالت به ورودی پله را رسم کنید.
- ۹) کنترل‌کننده طراحی شده را به سیستم غیرخطی متصل کنید و بر روی آن نیز پاسخ متغیرهای حالت به ورودی پله را رسم کنید. برای راحتی کار، سیستم دینامیکی مذکور در زیرسیستم Magnetic Levitation در فایل سیمولینک vrmaglev_sys.slx به صورت پارامتری داده شده است که می‌توان نتایج را به صورت سه‌بعدی در آن مشاهده کرد. تنها می‌بایست در workspace این پارامترها را تعریف کرده و مقداردهی کنید.

خواهشمند است جهت تحویل پروژه به نکات زیر توجه داشته باشید:

۱. دانشجویان می‌توانند سؤالات خود را پیرامون پروژه، با دستیاران آموزشی مسئول از طریق راه‌های ارتباطی در نظر گرفته شده مطرح کنند.
۲. فایل ارسالی باید حاوی یک فایل گزارش به صورت PDF شامل پاسخ تشریحی و نحوه اجرای کدها و فایل‌های شبیه‌سازی باشد که می‌بایست به صورت یک فایل کلی با فرمت zip در قالب MC-P1-SID ارسال شود. (که در آن SID شماره دانشجویی شماست.)