• مقادیر پارامترهای سیستم بر حسب چهار رقم آخر شماره دانشجویی هر فرد به ترتیبی که در شرح گزارش آورده می‌شود تعریف می‌گردد. به عنوان مثال اگر شماره دانشجویی فردی ۸۹۰۱۸۶۷باشد

چهار رقم آخر $a=1$، $b=8$، $c=6$ و $d=7$ می‌باشد.

- مراحل انجام پروژه در ادامه شرح داده شده است.

عنوان پروژه: مدل‌سازی، تحلیل و کنترل سیستم تعلیق خودرو

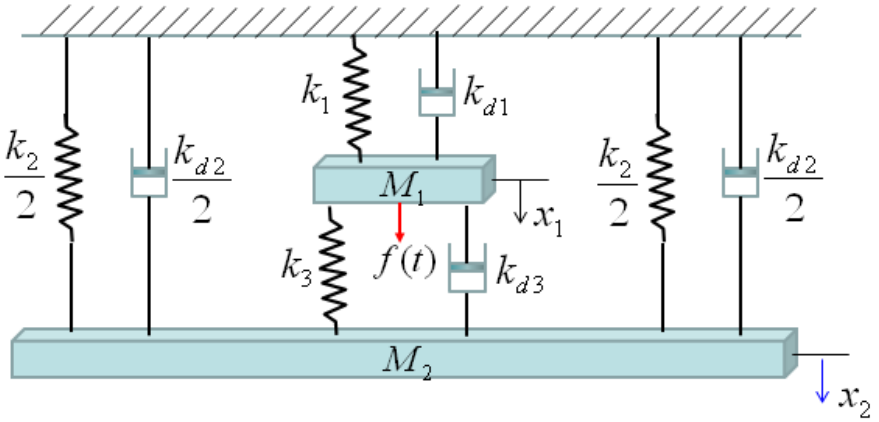
شکل ۱ مدلی مکانیکی ساده شده‌ای از سیستم تعلیق خودرو را نشان می‌دهد که در آن $k_{di}\ (i=1,2,3)$ نشان دهنده ضرایب سه دمپر و $k_i\ (i=1,2,3)$ نشان دهنده سه فنری می‌باشد که در این مدل به کار گرفته شده‌اند. در این پروژه فرض می‌شود دمپرها عملکرد خطی دارند در حالیکه فنرها در حالت کلی فنرهای غیرخطی می‌باشند که رابطه بین نیرو و جابجایی برای هر یک از آنها به صورت زیر تعریف می‌گردد.

$$k_i(x) = K_i x(1+\beta_i x^{2d_i})^{r_i}, \qquad i=1,2,3. \tag{۱}$$

رابطه (۱) نشان می‌دهد در حالت خاصی که $r_i = 0$ در نظر گرفته شود فنر iام به یک فنر خطی با ضریب K_i تبدیل می‌گردد. در این پروژه ضرایب ثابت K_i، β_i، d_i و r_i برای هر فرد بر اساس جدول شماره ۱ تعیین می‌گردد. در این جدول $\overline{abcd}$ چهار رقم آخر شماره دانشجویی هر فرد در نظر گرفته شده است.

جدول ۱: چگونگی تعیین ثوابت مربوط به فنرها برای هر فرد

K_1	r_1	d_1	β_1	K_2	r_2	d_2	β_2	K_3	r_3	d_3	β_3
d	$a-5$	$1+\frac{\lfloor a \rfloor}{5}$	$a+c$	$a+d$	$b-5$	$1+\frac{\lfloor c \rfloor}{5}$	$b+d$	$b+d$	$c-5$	$1+\frac{\lfloor b \rfloor}{5}$	$c+d$



شکل ۱: مدل مکانیکی سیستم تعلیق خودرو

مراحل انجام پروژه

* در این پروژه جهت سادگی $k_{di}=1(i=1,2,3)$ ، $m_1=1$ و $m_2=5$ در نظر گرفته می‌شود که با مقادیر واقعی فاصله زیاد دارد. برای آشنایی بیشتر با یک سیستم تعلیق ساده به لینک زیر مراجعه نمایید.

http://www.ee.usyd.edu.au/tutorials_online/matlab/examples/susp/susp.html

* علاوه بر پاسخ به موارد مطرح شده در هر مرحله، هر تحلیل و توضیح دیگری را که لازم می‌دانید در رابطه با نتایج به دست آمده آورده شود ارائه نمایید.

۱. معادلات دیفرانسیل غیرخطی حاکم بر سیستم مورد نظر را به دست آورده و بر مبنای آن معادلات فضای حالت غیر خطی سیستم را تشکیل دهید. سپس تحقیق نمایید مبدا یک نقطه تعادل سیستم می‌باشد.

۲. به کمک خطی سازی معادلات فضای حالت غیر خطی، یک مدل فضای حالت خطی حول نقطه تعادل مبدا به دست آورده و به کمک آن پایداری نقطه تعادل را بررسی نمایید.

۳. . تابع تبدیل سیستم حول نقطه تعادل مبدا را به دست آورده و قطب‌ها و صفرهای آن را تعیین نمایید.

۴. با در نظر گرفتن شرط اولیه صفر و ورودی $f(t)=0.1u(t)$ تغییرات حالات سیستم خطی و غیرخطی را در یک شکل با یکدیگر مقایسه نمایید. همچنین خروجی سیستم را به صورت $y=ax_1+dx_2$ در نظر گرفته و پاسخ سیستم خطی و غیرخطی را با یکدیگر مقایسه نمایید. اثر افزایش شرط اولیه و همچنین کاهش و افزایش دامنه ورودی بر نتایج چیست و چرا؟ (شایان ذکر است در عمل معمولاً خروجی به صورت $y=x_1-x_2$ در نظر گرفته می‌شود.)

۵. کنترل‌پذیری و رویت‌پذیری کلیه مقادیر ویژه سیستم را بررسی نمایید. آیا سیستم شما کنترل‌پذیر و رویت‌پذیر می‌باشد یا خیر؟ نشان دهید فرم قطری یا قطری- بلوکی نتایج به دست آمده در رابطه با کنترل-پذیری و رویت‌پذیری را تایید می‌نماید. چنانچه تمامی پارامترهای سیستم آزاد فرض شود آیا می‌توانید حالتی را بیابید که سیستم کنترل‌پذیر و رویت‌پذیر نباشد؟ مقادیر پارامترها در این حالت چیست و چه تحلیلی بر آن دارید؟ (استفاده از نرم‌افزار Maple یا Mathematica جهت انجام محاسبات پارامتری مورد نیاز می‌تواند سودمند باشد.)

۶. چنانچه سیستم شما ناپایدار است با انتخاب مقادیر ویژه مناسب و سپس تعیین بردار بهره فیدبک آن را به یک سیستم رگولاتور تبدیل نمایید. در صورتیکه سیستم شما پایدار است مقادیر ویژه دلخواه را به گونه‌ای انتخاب نمایید که سرعت سیستم با اعمال فیدبک حالت افزایش یابد. در این مرحله روش انتخاب شده در تعیین بردار بهره فیدبک شرح داده شده و پاسخ سیستم حلقه بسته و حلقه باز با یکدیگر مقایسه گردد. همچنین محاسبه بردار بهره فیدبک به صورت دستی نیز انجام شود.

۷. فیدبک حالت را به گونه‌ای اعمال نمایید که سیستم حلقه بسته رویت‌ناپذیر شود. سپس معادلات سیستم را به زیرسیستم رویت‌پذیر و رویت‌ناپذیر تفکیک کرده و تابع تبدیل زیرسیستم رویت‌پذیر را با تابع تبدیل کلی سیستم مقایسه نمایید. اثر در نظر گرفتن شرط اولیه در راستای رویت‌ناپذیر را در پاسخ سیستم مشاهده نموده و تحلیل خود را ارائه نمایید.

۸. به دو روش "پیش جبران‌ساز" و "کنترل انتگرال" دو سیستم ردیاب طراحی نموده و با انجام شبیه‌سازی از عملکرد ردیابی آنها اطمینان حاصل نمایید. اغتشاشی پله‌ای شکل با دامنه مناسب به سیگنال کنترلی اعمال نموده و عملکرد دو سیستم حلقه بسته را با یکدیگر مقایسه نمایید. با تغییر دادن یکی از پارامترهای مدل مقاومت (Robustness) این دو سیستم را در برابر عدم قطعیت مدل بررسی نمایید.

۹. با انتخاب مقادیر ویژه دلخواه برای رویتگر یک رویتگر مرتبه کامل و یک رویتگر مرتبه کاهش یافته برای سیستم طراحی نموده و تغییرات متغیرهای حالت سیستم را با حالات تخمین زده شده در هر مورد مقایسه نمایید. چه نتیجه‌ای می‌گیرید؟

۱۰. در ساختار سیستم ردیاب طراحی شده در بند ۸ از رویتگر حالت استفاده نمایید. آیا لازم است تغییری در مقادیر ویژه انتخاب شده برای رویتگرهای طراحی شده در بند ۹ صورت گیرد؟ اگر جواب مثبت است چرا؟

شاد و پیروز باشید.

توکلی