

شبیه‌سازی با نرم‌افزار MATLAB

آزمایش ۱

بررسی پاسخ سیستم‌های مرتبه اول

- (۱) تابع تبدیل مرتبه اول $G(s) = \frac{k}{\tau s + 1}$ را در نظر بگیرید و پاسخ پله واحد آن را به دست آورید.
- (۲) با فرض $k = 5$ و $\tau = 20$ ، مقدار ماندگار پاسخ پله و زمان نشست آن را با توجه به بند قبل، تعیین کنید.
- (۳) اگر زمان خیز سیستم را زمان رسیدن پاسخ پله سیستم از ۱۰٪ به ۹۰٪ مقدار نهایی در نظر بگیریم، برای سیستم فوق زمان خیز را به دست آورید.
- (۴) در بند (۲)، پاسخ پله این سیستم را یک بار در محیط برنامه‌نویسی و یک بار هم در محیط شبیه‌سازی (Simulink) رسم کرده و یک بار از روی منحنی و یک بار هم با استفاده از دستورات آماده، مقادیر ماندگار پاسخ و زمان نشست آن را تعیین کرده و با نتایج تئوری مقایسه کنید.
- (۵) با در نظر گرفتن تابع تبدیل بند (۱)، مقادیر بهره حالت ماندگار و ثابت زمانی را طوری تعیین کنید که زمان نشست سیستم ۱۰ ثانیه و مقدار ماندگار پاسخ پله با دامنه ۲، برابر ۳ باشد. صحت نتایج حاصله را از طریق شبیه‌سازی بررسی کنید.
- (۶) پاسخ سیستم بند (۱) را به ورودی‌های ضربه و شیب به دست آورید. چه رابطه‌ای بین این پاسخ‌ها و پاسخ پله وجود دارد؟ نتایج را از طریق شبیه‌سازی نیز مشاهده نموده و درستی پاسخ خود را بررسی نمایید.
- (۷) تابع تبدیل مرتبه اول با تاخیر $G(s) = \frac{ke^{-\theta s}}{\tau s + 1}$ را با فرض $k = 3$ ، $\tau = 10$ و $\theta = 8$ در نظر بگیرید و پاسخ پله واحد آن را در MATLAB شبیه‌سازی کنید (هم به صورت دستور و هم Simulink). نتایج را با پاسخ پله بدون تاخیر مقایسه کنید.

بررسی پاسخ سیستم‌های مرتبه دوم

- (۱) تابع تبدیل مرتبه دوم $G(s) = \frac{k\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ را در نظر بگیرید. پاسخ پله سیستم را برای سه حالت $\zeta = 1$ ، $\zeta > 1$ و $0 < \zeta < 1$ به دست آورید.
- (۲) با فرض $k = 3$ و $\omega_n = 2$ ، مقدار ماندگار پاسخ پله، زمان نشست، زمان خیز، فراجش و زمان فراجش سیستم بند قبل را تعیین کنید.
- (۳) در بند (۲)، پاسخ پله سیستم را یک بار در محیط برنامه‌نویسی و یک بار هم در محیط شبیه‌سازی (Simulink) رسم کرده و یک بار از روی منحنی و یک بار هم با استفاده از دستورات آماده، مشخصه‌های زمانی مطرح شده در بند قبل را تعیین کرده و با نتایج تئوری مقایسه کنید. برای $\zeta > 1$ و $0 < \zeta < 1$ ، مقدار ζ را به دلخواه در بازه مدنظر در نظر بگیرید.
- (۴) در بند (۲)، با فرض پاسخ میرایی نوسانی، به ازای تغییرات ζ پاسخ پله سیستم را در MATLAB رسم کرده و از روی آن در مورد نحوه تغییر مشخصات زمانی مطرح شده در بند (۲) به ازای تغییرات ζ بحث کنید.

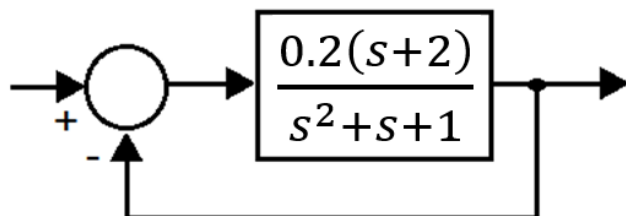
۵) تابع تبدیل مرتبه دوم بند (۱) را با $k = 2$ و $\zeta = 1$ در نظر بگیرید. زمان نشست سیستم را بر حسب ω_n تعیین کنید. به ازای ω_n های مختلف، پاسخ پله سیستم را رسم کرده و زمان نشست را با نتایج تئوری مقایسه کنید.

۶) تابع تبدیل مرتبه دوم بند (۱) را با $k = 2$ و $\zeta > 1$ در نظر بگیرید. به ازای چه شرط یا شرایطی می توانیم سیستم را با دقت خیلی خوبی با یک سیستم مرتبه اول تقریب بزنیم؟ (قطب غالب). در این حالت می توانید رابطه ای تقریبی برای زمان نشست ارائه کنید؟ نتایج تئوری خود را با یک مثال مناسب در MATLAB شبیه سازی کنید.

۷) تابع تبدیل مرتبه دوم بند (۱) را با $k = 2$ ، $\omega_n = 2$ و $\zeta = 1$ در نظر بگیرید. به این سیستم یک صفر در سه حالت مختلف می خواهیم اضافه کنیم، صفر پایدار و غیر غالب، صفر پایدار و غالب و صفر ناپایدار. برای هر سه حالت به دلخواه ولی به صورت مناسب، محل صفر را در نظر گرفته و پاسخ پله هر سه حالت را با حالتی که صفر وجود نداشته باشد در MATLAB رسم کرده و از دید مشخصه های زمانی تاثیر محل صفر را تحلیل کنید.

آزمایش ۲

بررسی خطای حالت ماندگار در سیستم‌های کنترلی

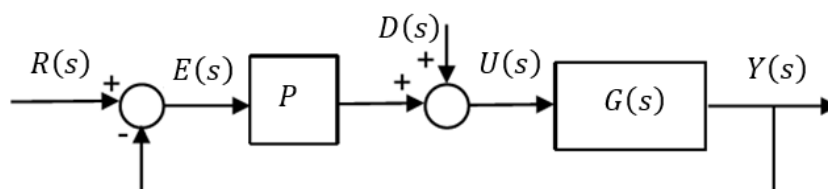


(۱) ثابت خطای موقعیت، سرعت و شتاب را برای سیستم مقابل محاسبه نمایید. پاسخ پله، شیب و سهمی واحد را برای سیستم حلقه بسته در MATLAB شبیه‌سازی نموده و خطای حالت ماندگار سیستم را با نتایج حاصل از ثابت‌های خطا مقایسه نمایید.

(۲) با افزودن یک انتگرال‌گیر در مسیر پیشرو، نوع سیستم را بالا برده و بند (۱) را دوباره تکرار کنید. نتایج به‌دست آمده را تفسیر کنید.

(۳) آیا با افزودن یک انتگرال‌گیر دیگر در مسیر پیشرو می‌توان ورودی سهمی را دنبال کرد؟ پاسخ خود را از طریق شبیه‌سازی ارزیابی نموده و علت نتایج حاصل را توضیح دهید. برای حل مشکل پیش آمده چه پیشنهادی دارید؟

بررسی تاثیر فیدبک در سیستم‌های کنترلی



(۱) سیستم شکل فوق را با $G(s) = \frac{k}{\tau s + 1}$ و کنترل‌کننده بهره P در نظر بگیرید. ابتدا فرض کنید فیدبکی وجود نداشته باشد. حساسیت خروجی سیستم را نسبت به پارامترهای بهره و قطب سیستم محاسبه کنید. سپس همین کار را با در نظر گرفتن وجود فیدبک انجام دهید و نتایج را با هم مقایسه کنید.

(۲) با فرض ورودی مرجع پله واحد، عدم وجود اغتشاش، $k = 2$ ، $\tau = 10$ ، $P = 5$ یک‌بار سیستم حلقه باز را شبیه‌سازی کنید و بار دیگر سیستم حلقه بسته را. سپس در هر دوی شبیه‌سازی‌ها، تک تک پارامترهای سیستم را ۴۰٪ افزایش دهید (نامعینی در مدل) و شبیه‌سازی را تکرار کنید. تاثیر نامعینی بر پاسخ سیستم حلقه باز و حلقه بسته را با حساسیت‌های محاسبه شده در بند (۱) تحلیل کنید.

(۳) خروجی سیستم حلقه باز و حلقه بسته را نسبت به ورودی اغتشاش محاسبه نمایید.

(۴) با فرض ورودی مرجع صفر، اغتشاش پله واحد، $k = 2$ ، $\tau = 10$ ، $P = 5$ یک‌بار سیستم حلقه باز را شبیه‌سازی کنید و بار دیگر سیستم حلقه بسته را و تاثیر فیدبک بر تاثیرپذیری از اغتشاش را بررسی کنید.

آزمایش ۳

شناسایی سیستم

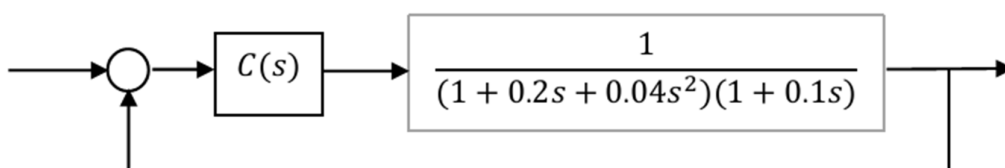
(۱) سیستم حلقه باز $G(s) = \frac{3(0.1s+1)}{(0.5s+1)^2(s+1)^4}$ را در نظر گرفته و پاسخ پله آن را با MATLAB رسم کنید.

(۲) این سیستم را با مدل مرتبه اول با تاخیر به صورت $G_1(s) = \frac{ke^{-\theta s}}{\tau s + 1}$ تخمین بزنید و پاسخ پله سیستم اصلی و تخمین زده شده را روی هم رسم کنید.

(۳) سیستم بند (۱) را با مدل مرتبه دوم با تاخیر به صورت $G_2(s) = \frac{k\omega_n^2 e^{-\theta s}}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$ تخمین بزنید و پاسخ پله سیستم اصلی و تخمین زده شده را روی هم رسم کنید.

(۴) بندهای (۱) و (۳) را برای سیستم $G(s) = \frac{-2(-s+1)}{(0.5s+1)^2(s^2+s+1)^2}$ تکرار کنید.

مفهوم پاسخ فرکانسی



(۱) نمودار بود حلقه باز مربوط به سیستم فوق را برای $C(s) = 1$ از طریق نقطه‌یابی رسم کنید. برای این منظور فرکانس‌های اصلی سیستم را بیابید و با دادن ورودی سینوسی با فرکانس از حدود ۰/۱ کوچک‌ترین تا ۱۰ برابر بزرگ‌ترین آن‌ها در چندین نقطه مناسب، بهره (نسبت دامنه خروجی به دامنه ورودی) و اختلاف فاز (اختلاف زاویه بین خروجی و ورودی) را تعیین کنید. با استفاده از نقاط به دست آمده دیاگرام بود را در صفحه نیمه لگاریتمی رسم کنید.

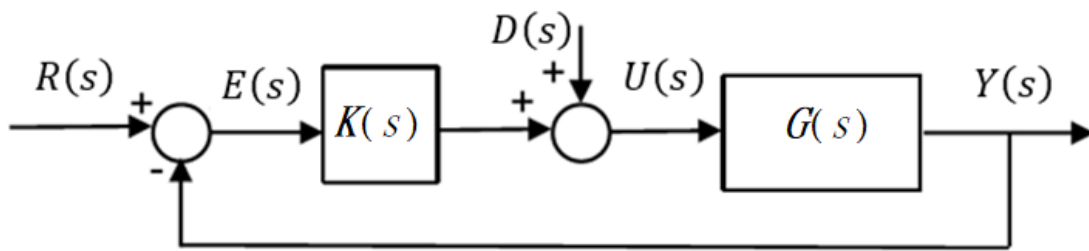
(۲) دیاگرام بود را با استفاده از نرم‌افزار MATLAB نیز رسم کنید و با نتیجه بند (۱) مقایسه کنید.

(۳) بند (۱) و (۲) را برای $C(s) = \frac{1}{s}$ تکرار کرده با توجه به دیاگرام بود حاصل (در فرکانس‌های پایین) ارتباط بین نمودار بود و نوع سیستم را مشاهده و نتایج حاصل را توضیح دهید.

(۴) چگونه می‌توان با استفاده از دیاگرام Bode، ثابت خطای مکان، سرعت و شتاب را یافت؟ ثابت خطای مربوط به سیستم‌های بند (۱) و (۳) را با استفاده از دیاگرام بود مربوطه یافته و صحت نتایج حاصل را ارزیابی کنید.

آزمایش ۴

طراحی جبران ساز



در سیستم نشان داده شده در شکل فوق، فرض کنید $G(s) = \frac{10}{(s+1)(s+7)}$ باشد.

(۱) فرض کنید جبران ساز $K(s)$ ساده ترین جبران ساز، یعنی یک بهره باشد. با رسم مکان هندسی ریشه ها، تاثیر تغییرات زمان نشست، فراجش و خطای حالت ماندگار سیستم را برای ورودی مرجع پله بررسی کنید.

(۲) حال می خواهیم سیستم حلقه بسته بدون خطای حالت ماندگار ورودی مرجع پله را دنبال کند. چه کنترل کننده ای پیشنهاد می کنید؟ I یا PI و چرا؟ محل صفر PI را طوری در نظر بگیرید که زمان نشست سیستم با معیار ۹۸٪ حدود ۱ ثانیه باشد و فراجشی در پاسخ نداشته باشیم. با شبیه سازی در MATLAB نتایج خود را بررسی کنید و اگر اختلافی وجود دارد دلیل آن را بیان کنید؟

(۳) کنترل کننده PI را با حذف صفر و قطب طراحی کنید تا پاسخ سریعی از سیستم بتوانید دریافت کنید. با شبیه سازی در MATLAB نتایج خود را بررسی کنید.

(۴) اگر به جای PI از PD استفاده کنیم، چه بهبودی می توان حاصل کرد و چه خواصی را از دست می دهیم؟ کنترل کننده PD را طوری طراحی کنید که سیستم حلقه بسته بدون فراجش و با زمان نشست ۰/۱ ثانیه ورودی مرجع پله را دنبال کند. خطای حالت ماندگار چقدر خواهد بود؟ با شبیه سازی در MATLAB نتایج خود را بررسی کنید.

(۵) برای سیستم فوق کنترل کننده PID را طوری طراحی کنید که بدون خطای حالت ماندگار به ورودی مرجع پله، بدون فراجش و با زمان نشست ۰/۱ ثانیه ردیابی را داشته باشیم. با شبیه سازی در MATLAB نتایج خود را بررسی کنید.

(۶) بند (۴) را به جای طراحی PD با طراحی یک Lead تکرار کنید. با شبیه سازی در MATLAB نتایج خود را بررسی کنید.

(۷) برای سیستم فوق اگر بخواهیم خطای حالت ماندگار ۰/۰۵ و زمان نشست کمتر از ۰/۲ ثانیه و فراجش هم کمتر از ۵٪ باشد، جبران ساز مناسب طراحی کنید. با شبیه سازی در MATLAB نتایج خود را بررسی کنید.

۸) حال در تمام بندهای فوق، ورودی مرجع را صفر در نظر گرفته و یک بار تاثیر اغتشاش پله واحد و یک بار نویز سفید با میانگین صفر و واریانس ۱ را بررسی کنید.