



باسمه تعالی
سیستم‌های کنترل خطی
پروژه: سیستم تک تانک
۱۴۰۲-۱۴۰۳-۲



تاریخ بارگذاری: ۱۴۰۳/۰۳/۲۴

تاریخ تحویل: ۱۴۰۳/۰۴/۰۵

دستیاران آموزشی مسئول: سیدفرد موسوی (farbodmoosavi@ut.ac.ir)، علی مهاجری (10.ali.mohajeri@gmail.com)

مقدمه

سیستم‌های کنترلی پمپ و مخزن از اجزای حیاتی در بسیاری از صنایع و کاربردهای مختلف به شمار می‌روند. این سیستم‌ها وظیفه مدیریت و کنترل جریان و سطح مایعات را بر عهده دارند و به طور گسترده‌ای در بخش‌های مختلف از جمله صنعت نفت و گاز، تصفیه آب، کشاورزی، صنایع شیمیایی و صنایع غذایی استفاده می‌شوند.

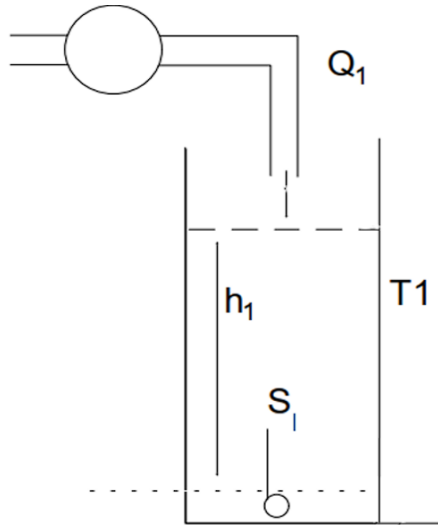
در این مخازن یکی از پارامترهای مهم، میزان مواد موجود است. برای به دست آوردن میزان ماده موجود در یک مخزن از روش‌های متفاوت نظیر استفاده از سنسورهای فشار و یا سطح استفاده می‌شود. در این مخزن‌ها ورودی‌ها با استفاده از پمپ‌ها و یا دریچه‌ها کنترل می‌شود.

در صنعت نفت و گاز، سیستم‌های کنترلی پمپ و تانک برای انتقال و ذخیره‌سازی مایعات هیدروکربنی و مواد شیمیایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها با دقت بالا و قابلیت کنترل خودکار، امکان مدیریت بهینه و ایمن مواد را فراهم می‌کنند و از خطرات احتمالی نظیر نشتی یا سرریز جلوگیری می‌کنند.

علاوه بر این، در صنایع شیمیایی و غذایی، سیستم‌های کنترلی پمپ و تانک به عنوان بخش‌های حیاتی از فرآیندهای تولید و پردازش مورد استفاده قرار می‌گیرند. این سیستم‌ها با کنترل دقیق و اتوماتیک جریان و سطح مواد اولیه و محصولات نهایی، به بهبود کیفیت تولید و افزایش بهره‌وری کمک می‌کنند. در مجموع، سیستم‌های کنترلی پمپ و تانک با ارائه قابلیت‌های پیشرفته کنترل و مدیریت مایعات، نقش مهمی در بهبود کارایی، ایمنی و بهره‌وری در صنایع مختلف ایفا می‌کنند و به عنوان ابزاری اساسی برای مدیریت منابع و فرآیندهای صنعتی شناخته می‌شوند.

در این پروژه با یک سیستم تک تانک رو به رو هستیم که با استفاده از یک پمپ، ورودی مخزن را تامین می‌کند و یک شیر خروجی در مخزن وجود دارد که باعث خروج سیال از تانک می‌شود. برای اندازه‌گیری مقدار سیال موجود در مخزن نیز از پارامتر ارتفاع استفاده می‌شود. برای به دست آوردن ارتفاع سیال نیز از یک سنسور فشار استفاده می‌شود که می‌توان با استفاده از روابط فیزیکی و مشخصات سنسور به ارتفاع متناظر با سیال موجود در مخزن رسید.

برای به دست آوردن تابع تبدیل سیستم باید ابتدا از روابط فیزیکی سیستم، معادلات دیفرانسیل حاکم بر آن را استخراج کنیم. شماتیک سیستم تک تانک به صورت شکل ۱ می‌باشد.



شکل ۱: شماتیک سیستم تک تانک



شکل ۲: سیستم موجود در آزمایشگاه

در این سیستم یک ورودی دبی Q_1 از طریق پمپ وجود دارد که مایع را وارد مخزن می کند و همچنین یک خروجی وجود دارد که انتهای مخزن قرار گرفته که باعث خروج مایع می شود. با توجه به معادله تعادل دبی، تغییر ارتفاع مایع با جمع دبی ورودی و خروجی مخزن برابر است. یعنی:

$$A \frac{dh_1}{dt} = Q_1 - Q_{out}$$

از طرفی رابطه دبی خروجی وابسته به ارتفاع سطح مایع و سطح مقطع خروجی است. تابع دبی خروجی به صورت عبارت

زیر است:

$$Q_{out} = \frac{1}{2} S_N \sqrt{2gh_1}$$

* پارامترها		
A	سطح مقطع مخزن	$15.4 \times 10^{-3} m^2$
S_l	سطح مقطع خروجی مخزن	$5 \times 10^{-5} m^2$
g	شتاب گرانش زمین	$9.81 \frac{m}{s^2}$
H_{max}	حداکثر ارتفاع مایع در مخزن	$62 cm$
Q_{1max}	حداکثر دبی ورودی	$100 \frac{ml}{sec} = 6 \frac{lit}{min}$
h_1^*	نقطه کار خروجی	$147 cm$

خواسته‌ها

(۱) نقطه تعادل سیستم را با در نظر گرفتن نقطه کار داده شده بیابید. سیستم را حول نقطه تعادل بدست آمده خطی سازی کنید و تابع تبدیل سیستم را بدست آورید و پایداری آن را بررسی کنید.

(۲) در این مرحله با اضافه کردن یک فیدبک واحد منفی به سیستم سعی در کنترل آن داریم. نمودار مکان ریشه‌ها را رسم کرده و آن را تحلیل کنید و بازه‌ای از بهره که به ازای آن سیستم پایدار است را تعیین کنید. همچنین نمودارهای بد و نایکویست سیستم را رسم کرده و حاشیه فاز و حاشیه بهره سیستم را بدست آورید.

(۳) حال قصد داریم که به کنترل سیستم بپردازیم. سعی کنید به صورت جداگانه برای سیستم کنترلرهای تناسبی P ، تناسبی-انتگرال گیر PI ، تناسبی-مشتق گیر PD ، تناسبی-انتگرال گیر-مشتق گیر PID ، پس فاز Lag و پیش فاز $Lead$ را به نحوی طراحی کنید که سیستم بالازدگی حداکثر ۱۵٪ و زمان نشست حداکثر ۲۰۰ ثانیه داشته باشد.

(۴) پاسخ پله سیستم کنترل شده را به ازای همه کنترل‌کننده‌های بدست آمده از خواسته قبل را در یک نمودار رسم کنید و از نظر ویژگی‌های گذرا و ماندگار مقایسه کنید.

(۵) نمودار بد همه سیستم‌های کنترل شده را رسم کنید و حاشیه فاز، حاشیه بهره و پهنای باند آن‌ها را با هم مقایسه کنید و تاثیر هر کنترلر را بر روی این ویژگی‌ها تحلیل کنید.

(۶) در هر کدام از کنترل‌کننده‌های طراحی شده سعی کنید صرفاً با تغییر یک پارامتر در جهت‌های مختلف و رسم پاسخ سیستم به نسبت کنترل‌کننده اصلی و کنترل‌کننده‌های جدید بر روی یک نمودار، تاثیر و دلیل تغییر ویژگی‌ها را تحلیل کنید.

راهنمایی: به عنوان مثال برای کنترل‌کننده پیش‌فاز، یک بار با ثابت نگه داشتن مکان قطب، فقط صفر سیستم را یک بار کاهش و یک بار افزایش دهید. سپس صفر کنترلر را بر روی مقدار اصلی ثابت نگه دارید و این کار را برای قطب سیستم تکرار کنید.

۷) حال بهترین کنترل کننده طراحی شده را به سیستم اصلی غیرخطی اعمال کنید و توانایی آن را در کنترل سیستم اصلی بررسی کنید. پاسخ خروجی سیستم کنترل شده خطی و غیرخطی را از نظر ویژگی‌های گذرا و ماندگار مقایسه 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 **LCS-Project-SID1-SID2** ارسال شود. (که در آن SID شماره دانشجویی شماست.)