



آزمایشگاه کنترل خطی

کنترل سرعت سروموتورهای DC

مقدمه

در جلسات قبل به مدل سازی و شناسایی تابع تبدیل موتور DC در حالت کنترل آرمیچر پرداختیم. مطابق با مراحل کنترل سیستم، در ادامه به تحلیل سیستم در حضور کنترل کننده های مختلف و پیاده سازی عملی این کنترل کننده ها خواهیم پرداخت. در این آزمایش هدف ارائه بررسی اثر محل صفر و قطب کنترل کننده های پس فاز مختلف در کنترل سرعت موتور و مقایسه عملکرد این کنترل کننده با کنترل کننده های تناسبی و تناسبی - انتگرال گیر است.

بخش اول) شناسایی حسگر سرعت

حسگرها به صورت عمومی کمیت فیزیکی مورد اندازه گیری را به یک کمیت الکتریکی (مانند ولتاژ یا جریان) تبدیل می کنند. در حلقه کنترلی باید خروجی حسگر به کمیت فیزیکی مورد نظر ما تبدیل شود زیرا عمل کنترل بر روی کمیت های فیزیکی انجام می شود. در این آزمایش خروجی حسگر سرعت، ولتاژی بین 10V- تا 10V است. برای کنترل سرعت موتور، لازم است ابتدا رابطه سرعت موتور و ولتاژ خروجی حسگر را پیدا کنیم و با استفاده از رابطه بدست آمده، ولتاژ متناظر با سرعت مرجع را مشخص کنیم.

- برای شناسایی این حسگر، ابتدا از منوی اصلی موتور DC، مد EXTERNAL را انتخاب کنید. سپس مقدار ولتاژ اعمالی به موتور را طبق جدول (۱) تغییر داده و ولتاژ خروجی حسگر و سرعت موتور را یادداشت کنید. برای شناسایی رابطه بین سرعت موتور و ولتاژ حسگر از ابزارهای برازش منحنی MATLAB (همانند جعبه افزار^۱ cftool) بهره می گیریم. برای این کار، ابتدا مقادیر سرعت موتور و ولتاژ حسگر یادداشت شده را به عنوان بردارهای x و y در MATLAB تعریف کنید. با استفاده از دستور cftool در MATLAB، ابتدا به این جعبه افزار دسترسی پیدا کنید. سپس با وارد کردن مقادیر x و y در جعبه افزار و انتخاب منحنی برازش مناسب، تابعی برای تبدیل سرعت به ولتاژ بدست آورید.

$$speed = a * V_{out} + b$$

جدول (۱): مقدار خروجی حسگر سرعت موتور DC

Vin	-8	-7	-6	-4	4	6	7	8
Vout	-7.2	-5.8	-4.6	-1.8	2.2	4.8	6.2	7.6
Speed	-2100	-1710	-1333	-556	571	1362	1760	2100

بخش دوم) کنترل سرعت سروموتور DC

در این مرحله می خواهیم نحوه اثربخشی کنترل کننده های تناسبی و تناسبی - انتگرال گیر و پس فاز را بر عملکرد تنظیم سرعت موتور DC بررسی کنیم. کنترل کننده ها را به کمک ادوات و ابزارهای آنالوگ پیاده سازی کنید. بدین منظور برای کنترل کننده های خواسته شده در

¹ Curve Fitting Toolbox

جدول (۲)، مقادیر مقاومت‌ها و خازن‌های مدارهای آنالوگ متناظر را محاسبه کنید. سپس خروجی کنترل‌کننده را به پایانه ورودی آنالوگ V_{in} موتور متصل کنید.

- ابتدا مولد سیگنال را به گونه‌ای تنظیم کنید که یک سیگنال مربعی متقارن با دامنه پیک تا پیک حدود ۴ ولت، ولتاژ آفست ۵ ولت و فرکانس حدود ۱۰۰ میلی‌هرتز تولید کند. شکل موج حاصل را توسط اسیلوسکوپ مشاهده کنید و آن را به عنوان ولتاژ مرجع متناظر با سرعت مرجع موتور در نظر بگیرید. کنترل‌کننده‌های تناسبی، تناسبی - انتگرال گیر و پس‌فاز ارائه شده در جدول ۱ را بر روی مجموعه آموزشی موتور DC پیاده‌سازی کنید و جدول ۱ را کامل کنید. با مقایسه نتایج ثبت شده در جدول ۱، عملکرد کنترل‌کننده تناسبی، تناسبی - انتگرال گیر و پس‌فاز را در تنظیم سرعت موتور DC مقایسه کنید.
- در هر حالت محل قطب‌های سیستم حلقه بسته را محاسبه کنید و به کمک محل قطب‌ها مقادیر زمان خیز و فراچش پاسخ پله واحد سیستم را حساب کنید. آیا مقادیر بدست آمده مطابق با اندازه‌گیری‌های انجام شده است؟ لطفا توضیح دهید.

به هنگام پر کردن جدول (۲) به خواسته‌های جدول دقت لازم داشته باشید. در ستون اول کنترل‌کننده مورد بررسی آورده شده است. در ستون دوم شکل موج سیگنال ورودی و خروجی در یک عکس خواسته شده است. در ستون سوم شکل موج سیگنال خطا و کنترل در یک عکس خواسته شده است. (این چهار سیگنال در شکل ۱ پیش‌گزارش نشان داده شده است). در ستون چهارم خطای حالت ماندگار و در ستون پنجم زمان خیز خروجی و در ستون آخر درصد فراچش سیگنال کنترل خواسته شده است.

جدول (۲): نحوه اثرگذاری کنترل‌کننده‌های مختلف بر تنظیم سرعت سروموتور DC

جبران ساز	شکل موج سیگنال ورودی و خروجی	شکل موج سیگنال خطا و کنترل	خطای حالت ماندگار	زمان خیز خروجی	درصد فراچش سیگنال کنترل
حلقه باز			$-5.6+4=-1.8$	380 ms	
$K_p = 2.5$			$4-2.96=1.04$	80 ms	176%
$K_p = 4.5$			$4-3.4=0.6$	140 ms	107%
$\frac{s+2.2}{s+1}$			$4-3=1$	240 ms	109%
$\frac{s+4.7}{s+1}$			$4-3.2=0.8$	220 ms	43%
$1+\frac{2.2}{s}$			0	340 ms	68.75%
$1+\frac{4.7}{s}$			0	350 ms	53%

- اکنون سیستمی را که در آزمایشگاه مورد بررسی قرار داده‌اید در محیط Simulink نرم‌افزار MATLAB شبیه‌سازی کرده و جدول (۲) را بار دیگر با نتایج حاصل از شبیه‌سازی کامل کنید. اختلافات موجود در این دو دسته داده را توجیه کنید. همچنین عملکرد کنترل‌کننده‌ها را بر محل قطب‌های حلقه بسته سیستم تحلیل کنید.