

شرکت دانش بنیان  
فناوران مکانیک و الکترونیک نصیر (نامیک)

Nasir Mechanics and Electronics Engineers Co



N A M E E C

# دستور آزمایشگاه سیستم آموزشی کنترل سرعت

ES-SCS10



## فهرست

- ۱ ..... مقدمه
- ۲ ..... آشنایی با دستگاه کنترل سرعت
- ۴ ..... آزمایش اول - آشنایی با عملکرد دستگاه
- ۸ ..... آزمایش دوم - طراحی کنترل کننده برای مدل دستگاه
- ۱۱ ..... آزمایش دوم - پیاده سازی کنترل کننده برای دستگاه

## فهرست تصاویر

- ۲ ..... شکل ۱ نمایشگر LCD دستگاه
- ۴ ..... شکل ۲ نمایشگر LCD دستگاه - محل نمایش سرعت محور

## مقدمه

این مکتوب دستور کار آزمایشگاهی برای انجام مجموعه‌ای از آزمایش‌ها با استفاده از دستگاه کنترل سرعت است. به‌طور کلی هدف از طراحی دستور کار و دستگاه کنترل سرعت آشنایی دانشجویان با سیستم‌های واقعی و عملی است که در آینده در محیط‌های صنعتی و تجاری با آن‌ها مواجه خواهند شد.

برای انجام آزمایش‌ها با استفاده از این دستگاه نیاز به دانش از اولیه استفاده از نرم‌افزارهای متلب و سیمولینک است. برای این منظور در صورتی که دانشجویان با این نرم‌افزار آشنایی ندارند می‌توانند به مراجع نرم‌افزار متلب مانند راهنمای کاربردی متلب نوشته نیما جمشیدی و آموزش کاربردی مباحث پیشرفته برق با نرم‌افزار متلب نوشته نیما جمشیدی مراجعه نمایند. در صورتی که امکان دسترسی به دو کتاب فوق وجود نداشته باشد می‌توانید از آدرس سایت‌های زیر نیز استفاده نمایید.

<http://rahilzargarinejad.ir/Lab/LabNotesZargarinejadNikfar.pdf>

<http://mechanicsoft.ir/2016/06/05/matlab-quick-tutorial/>

<http://mechanicsoft.ir/tag/matlab/>

<http://adelshojaei.ir/1391/07/15/learning-tutorial-curve-fitting-toolbox-matlab-software/>

## آشنایی با دستگاه کنترل سرعت

دستگاه کنترل سرعت بر اساس سیستم‌های کنترل سرعت و بر پایه سیستم‌های سرو مکانیک مانند ماشین‌های نورد یا غلتک طراحی شده است. نیروی محرکه این دستگاه از یک موتور جریان مستقیم ۱۲ ولت بدون گیربکس و یک موتور ۱۲ ولت جریان مستقیم به عنوان بار تأمین می‌شود که از طریق یک محور به هم متصل شده‌اند. هر دو موتور مجهز به سنسور شفت انکودر می‌باشند که نوعی سنسور نوری است. سرعت دستگاه از طریق همین سنسورها اندازه‌گیری می‌شود. در قسمت پشت دستگاه کلید روشن خاموش دستگاه قرار دارد که تغذیه ۲۲۰ ولت برق شهر دستگاه را قطع و وصل می‌نماید. کابل USB دستگاه هم از پشت دستگاه خارج شده است. قسمت جلوی دستگاه نمایشگر کریستال مایع (LCD) به رنگ آبی وضعیت دستگاه را نمایش می‌دهد.



شکل ۱ نمایشگر LCD دستگاه

در سمت راست نمایشگر سه سوئیچ ۳ وضعیتی و سه ولوم قرار دارد. سوئیچ و ولوم اول برای کنترل موتور، سوئیچ و ولوم دوم برای کنترل بار و سوئیچ و ولوم سوم برای کنترل میزان تأخیر دستگاه در نظر گرفته شده است. در صورتی که کلید اول که بر روی آن لغت موتور نوشته شده است در وضعیت USB قرار گیرد کنترل موتور از طریق فرمان‌ها ارسال شده از طریق پورت USB و نرم‌افزار متلب و سیمولینک انجام می‌شود. در صورتی که سوئیچ در وضعیت Manual قرار بگیرد از طریق ولوم موتور کنترل خواهد شد. در صورتی که در وضعیت External قرار بگیرند دستگاه از طریق سوکت‌های قسمت پایین کنترل می‌شود. وضعیت سویچ و ولوم بار نیز مشابه سویچ و ولوم موتور است. در صورتی که سویچ تأخیر در وضعیت خاموش قرار بگیرد تأخیر بی‌اثر شده و در کنترل دستگاه تأثیری نخواهد داشت. در صورتی که تأخیر روشن شود میزان تأخیر کنترل به میزان عدد ولوم به سیستم اعمال خواهد شد.

در قسمت پایین دستگاه سه جفت سوکت قرار دارد. جفت اول ورودی موتور دستگاه است که می‌تواند ولتاژ بین ۰ تا ۵ ولت را دریافت نماید. بر اساس ولتاژ دریافتی در صورتی که موتور در وضعیت External قرار داشته باشد کنترل دستگاه از طریق این سوکت انجام خواهد شد. دو جفت سوکت بعدی برای بار دستگاه هستند و عملکردی مشابه سوکت‌های موتور دارند. جفت سوکت آخر خروجی سرعت دستگاه است که می‌توان از آن برای کنترل دستگاه به صورت آنالوگ

استفاده نمود. خروجی سرعت در تمام حالت‌های کنترلی فعال بوده ولی ورودی کنترل موتور و بار در حالت External سویچ موتور فعال می‌شود.

توجه داشته باشید ولتاژ موتور ۱۲ ولت است که با استفاده از یک تقویت‌کننده خطی راه‌اندازی شده است. همچنین بار به روش کنترل جریان راه‌اندازی شده است که تا ۳۵۰ میلی‌آمپر جریان به موتور بار اعمال می‌گردد. تقویت‌کننده بار نیز به صورت خطی طراحی شده تا بالاترین کیفیت کنترلی را ارائه دهد.

اطلاعات نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش دستگاه شامل وضعیت سوئیچ‌ها، وضعیت ولوم‌ها و مقدار خوانده شده از سنسور است. اعداد خوانده شده از سنسورها به صورت تبدیل و کالیبره شده با واحد دور بر دقیقه (RPM) می‌باشد.

## آزمایش اول - آشنایی با عملکرد دستگاه

هدف از این آزمایش به دست آوردن پارامترهای ناشناخته دستگاه کنترل سرعت است. دستگاه کنترل سرعت دارای سنسور شفت انکودر است. خروجی سنسور به صورت کالیبره شده بر روی دستگاه و نرم افزار سیمولینک قابل مشاهده است. در این آزمایش ابتدا جداول زیر را با مقادیر مناسب پر کنید و به سؤالات پاسخ دهید. برای راه اندازی دستگاه، سویچ موتور و بار را بر روی حالت Manual قرار داده و کلید تأخیر (Delay) را بر روی حالت off قرار دهید. در این حالت با تنظیم ولوم موتور می توانید سرعت محور را کنترل کنید.



شکل ۲ نمایشگر LCD دستگاه - محل نمایش سرعت محور

۱. یک بار با افزایش ولوم موتور در زمان صفر بودن ولوم بار، آستانه راه اندازی موتور را پیدا کنید. همین فرایند را به صورت معادل برای بار نیز انجام دهید. جدول زیر را بر اساس آزمایش ها فوق پر کنید.

آستانه راه اندازی موتور	آستانه راه اندازی بار

فکر می کنید دلیل اختلاف ناحیه مرده موتور و بار چیست؟

.....

.....

.....

۲. ولوم موتور را روی ۵۰ درصد قرار دهید و ولوم بار را بر روی صفر. در این حالت ولوم موتور را به آرامی کم کنید تا محور متوقف شود. آستانه توقف را در جدول زیر مشخص کنید. همین فرایند را بار نیز تکرار کنید.

آستانه توقف موتور	آستانه توقف بار



فکر می کنید دلیل اختلاف آستانه توقف موتور و بار چیست؟

.....

.....

.....

۳. سرعت در آستانه راه اندازی موتور و در آستانه توقف موتور را پیدا کنید.

سرعت در آستانه توقف موتور	سرعت در آستانه راه اندازی موتور

با توجه به جدول فوق فکر می کنید چه محدودهای از سرعت دستگاه به سادگی قابل کنترل نباشد. چرا؟

.....

.....

.....

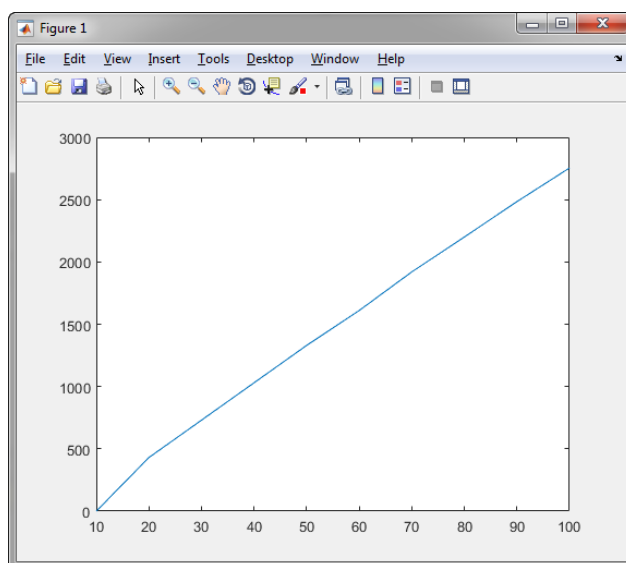
۴. سرعت محور را بر اساس ولتاژ موتور در جدول زیر بنویسید.

سرعت محور	ولتاژ موتور (درصد)
	۱۰
	۲۰
	۳۰
	۴۰
	۵۰
	۶۰
	۷۰
	۸۰
	۹۰
	۱۰۰

از روی اعداد جدول بالا با استفاده از نرم افزار متلب نموداری بکشید و در زیر این سؤال اضافه کنید. به نظر شما رفتار دستگاه خطی است؟ اگر خیر در چه ناحیه ای بیشتر غیرخطی است.

.....

.....



۵. سرعت محور را بر اساس جریان بار در جدول زیر بنویسید.

جریان بار (درصد)	سرعت محور
۱۰	
۲۰	
۳۰	
۴۰	
۵۰	
۶۰	
۷۰	
۸۰	
۹۰	
۱۰۰	

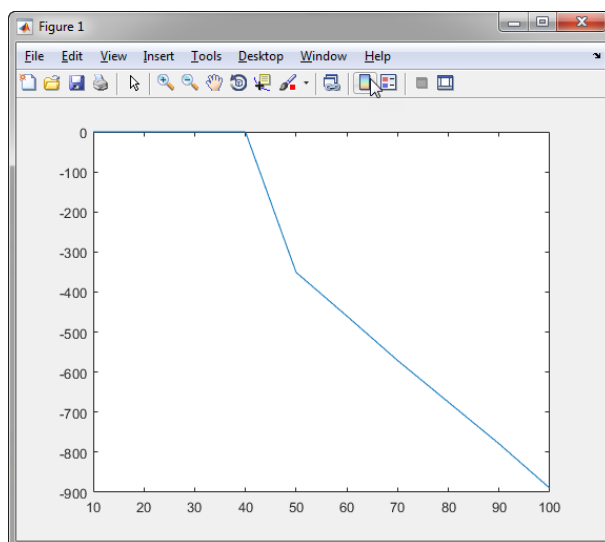


از روی اعداد جدول بالا با استفاده از نرم افزار متلب نموداری بکشید و در زیر این سؤال اضافه کنید. به نظر شما رفتار دستگاه خطی است؟ اگر خیر در چه ناحیه ای بیشتر غیرخطی است.

.....

.....

.....



## آزمایش دوم – طراحی کنترل کننده برای مدل دستگاه

۱. مدل معادل حدودی دستگاه به شکل زیر است.

$$\frac{62.02}{s + 2.286}$$

مدل فوق را درون نرم افزار سیمولینک ساخته و با استفاده از کنترل کننده P و PI و PD و PID سیستم را کنترل کنید. نتایج کنترل را در زیر بیاورید. در اینجا مطلوب زمان نشست کمتر ۲٫۵ ثانیه است. ضرایب کنترل کننده را در جدول زیر بیاورید.

ضریب	ضریب P	ضریب I	ضریب D
کنترل کننده P			
کنترل کننده PI			
کنترل کننده PD			
کنترل کننده PID			

با توجه به پاسخ های کنترل کننده ها به نظر شما چه نوع کنترل کننده ای برای این سیستم کافی است؟

.....

.....

.....

تصاویر نمودارهای تمامی سیستم های کنترل شده را در ادامه بیاورید.

۲. در صورتی که بخواهیم علاوه بر زمان نشست کمتر از ۲,۵ ثانیه، سیستم بدون فرا جهش باشد کنترل کننده‌های قبلی را دوباره طراحی کنید.

ضریب D	ضریب I	ضریب P	ضریب
			کنترل کننده P
			کنترل کننده PI
			کنترل کننده PD
			کنترل کننده PID

با توجه به پاسخهای کنترل کننده‌ها به نظر شما چه نوع کنترل کننده‌ای برای این سیستم کافی است؟

.....

.....

.....

تصاویر نمودارهای تمامی سیستم‌های کنترل شده را در ادامه بیاورید.

۳. در صورتی که بخواهیم علاوه بر زمان نشست کمتر از ۱ ثانیه، سیستم بدون فرا جهش باشد کنترل کننده‌های قبلی را دوباره طراحی کنید.

ضریب D	ضریب I	ضریب P	ضریب
			کنترل کننده P
			کنترل کننده PI
			کنترل کننده PD
			کنترل کننده PID

با توجه به پاسخهای کنترل کننده‌ها به نظر شما چه نوع کنترل کننده‌ای برای این سیستم کافی است؟

.....

.....

.....

تصاویر نمودارهای تمامی سیستم‌های کنترل شده را در ادامه بیاورید.

## آزمایش دوم – پیاده‌سازی کنترل کننده برای دستگاه

۱. کنترل کننده مناسبی که در بخش سوم آزمایش قبل طراحی کردید را بر روی دستگاه پیاده‌سازی کنید. برای این منظور از فایل پایه SCS10\_1\_Monitor.slx استفاده کنید. میزان مطلوب سرعت در این آزمایش ۱۵۰۰ دور بر دقیقه است. طول زمان شبیه‌سازی را ۱۰ ثانیه قرار دهید. نتایج پیاده‌سازی را در ادامه بیاورید.
۲. طول زمان شبیه‌سازی را به ۲۰ ثانیه افزایش دهید و یک پله به اندازه ۵۰ درصد به بار در زمان ۱۰ ثانیه وارد کنید. میزان فروجهش اعمال شده را محاسبه کنید و نتایج پیاده‌سازی را در ادامه بیاورید.
۳. برای بهبود میزان فروجهش ضرایب کنترل کننده را تغییر داده یا از کنترل کننده‌های دیگر استفاده کنید. نتایج پیاده‌سازی را در ادامه بیاورید.
۴. سعی کنید با تغییر استراتژی کنترل یا اضافه کردن المان‌های غیرخطی کیفیت کنترل را افزایش دهید. نتایج به دست آمده را توضیح دهید و نتایج پیاده‌سازی را در ادامه بیاورید.

دستگاه کنترل سرعت نامیک ابزاری آموزشی بر اساس سیستم های صنعتی کنترل سرعت مانند دستگاه های نورد و برش، رنگ آمیزی، برخی ماشین های CNC و تجهیزات پرکن است. در عمل این دستگاه می تواند یک سیستم سرو سرعت باشد. در این دستگاه سرعت یک موتور جریان مستقیم از طریق ولتاژ آن کنترل و بار متصل به موتور از طریق یک ژنراتور جریان مستقیم به موتور اعمال می گردد. با تغییر میزان بار موتور از طریق ژنراتور شرایط مختلفی برای کنترل دستگاه به وجود خواهد آمد.