

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 حرارت

ES-TCS10



فهرست

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

فهرست تصاویر

- شکل ۱ نمایشگر LCD دستگاه ۲
- شکل ۲ نمایشگر LCD دستگاه - محل نمایش حرارت ۴

مقدمه

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

برای انجام آزمایش‌ها با استفاده از این دستگاه نیاز به دانش اولیه استفاده از نرم‌افزارهای متلب و سیمولینک است. برای این منظور در صورتی که دانشجویان آشنایی با نرم‌افزار 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>

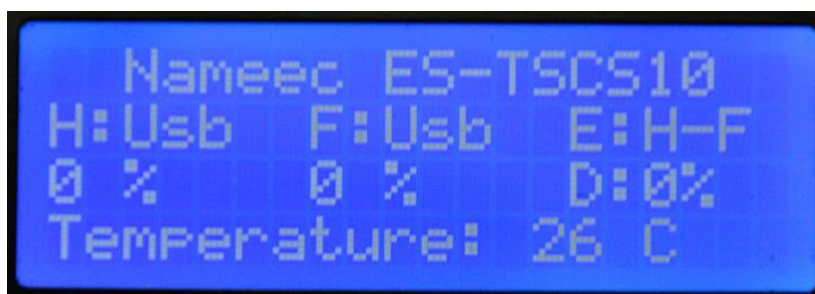
<http://mechanicsoft.ir/2016/06/05/matlab-quick-tutorial/>

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

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

آشنایی با دستگاه کنترل حرارت

این دستگاه کنترل حرارت بر اساس سیستم‌های کنترل حرارت بر پایه سیستم‌های حرارتی مانند دیگ‌های بخار یا فرایندهای صنعتی طراحی شده است. برای تغییر دما در این دستگاه از یک هیتر استاندارد پریتر سه‌بعدی با ولتاژ نامی ۱۲ و یک فن ۸ سانتی‌متری استفاده شده است. سنسور اندازه‌گیری حرارت دستگاه از نوع ترموکوپل مدل K است که توسط دستگاه کنترل حرارت DT360-240C-LLRR ساخت کمپانی Delta و از طریق مازول Retransition آن برد کنترل دستگاه انتقال میابد. روش انتقال اطلاعات دما از نوع استاندارد صنعتی 4-20ma است. بر روی دستگاه کنترل دما DT360 دما به صورت دقیق در لحظه نمایش داده 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. اگر اختلاف دمایی بین DT360 و نمایشگر دستگاه وجود داشته باشد احتمالاً به دلیل خطای کالیبراسیون دستگاه بر اثر تغییرات حرارت محیط است. معمولاً این اختلاف حداکثر به ۱ درجه سانتی‌گراد خواهد رسید.



شکل ۱ نمایشگر LCD دستگاه

در سمت راست نمایشگر سه سوئیچ ۳ وضعیتی و سه ولوم قرار دارد. سوئیچ و ولوم اول برای کنترل هیتر، سوئیچ و ولوم دوم برای فن‌ها می‌باشد. سوئیچ سوم برای انتخاب نوع کنترل خارجی دستگاه و ولوم سوم برای کنترل میزان تأخیر دستگاه در نظر گرفته شده است. در صورتی که کلید اول که بر روی آن لغت هیتر نوشته شده است در وضعیت USB قرار گیرد کنترل هیتر از طریق فرمان‌های 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 هیتر کنترل خواهد شد در صورتی که در وضعیت External قرار بگیرند دستگاه از طریق سوکت‌های قسمت پایین یا DT360 کنترل می‌شود. وضعیت سوئیچ و ولوم فن نیز مشابه سوئیچ و ولوم هیتر است. در صورتی که سوئیچ سوم بر روی حالت اول قرار بگیرد خروجی اول DT360 به هیتر و خروجی دوم آن به فن وصل می‌شود. در حالت خروجی اول به فن و خروجی دوم به هیتر وصل می‌شود. در حالت سوم کنترل هیتر و فن از طریق سوکت‌های قسمت پایین دستگاه کنترل می‌شود. در صورتی که ولوم تأخیر از موقعیت صفر خارج شود به میزان مقدار ولوم تأخیر، تأخیر به سیستم اعمال می‌شود.

(۲)

در قسمت پایین دستگاه سه جفت سوکت قرار دارد. جفت اول ورودی هیتر دستگاه است که می‌تواند ولتاژ بین ۰ تا ۵ ولت را دریافت نماید. بر اساس ولتاژ دریافتی در صورتی که هیتر در وضعیت External و سوییچ سوم در وضعیت External قرار داشته باشد کنترل دستگاه از طریق این سوکت انجام خواهد. دو جفت سوکت بعدی برای فن دستگاه هستند و عملکردی مشابه سوکت های هیتر دارند. جفت سوکت آخر خروجی حرارت دستگاه است که می‌توان از آن برای کنترل دستگاه به صورت آنالوگ استفاده نمود. خروجی حرارت در تمام حالت‌های کنترلی فعال بوده ولی ورودی کنترل هیتر و فن در حالت External - External فعال می‌شود.

توجه داشته باشید ولتاژ فن و هیتر ۱۲ ولت است که با استفاده از یک تقویت کننده پل H کلاس D با فرکانس نزدیک یک کیلوهرتز راه اندازی شده است. این فرکانس باعث ایجاد صدای سوت ماندی در بعضی از شرایط فن می‌شود.

اطلاعات نمایش داده شده بر روی صفحه نمایش دستگاه شامل وضعیت سوئیچ‌ها، وضعیت ولوم ها و مقدار خوانده شده از DT360 است.

آزمایش اول - آشنایی با عملکرد دستگاه

هدف از این آزمایش به دست آوردن پارامترهای ناشناخته دستگاه کنترل حرارت است. در این آزمایش ابتدا جداول زیر را با مقادیر مناسب پر کنید و به سوالات پاسخ دهید.

برای راه اندازی دستگاه سوییچ هیتر و فن را بر روی حالت Manual قرار داده و ولوم تأخیر را (Delay) بر روی صفر قرار دهید. در این حالت با تنظیم ولوم هیتر می‌توانید حرارت را کنترل کنید.



شکل ۲ نمایشگر LCD دستگاه - محل نمایش حرارت

- در ابتدا برای مدت یک دقیقه ولوم هیتر را روی ۰ قرار داده و فن را روی حداکثر بگذارید تا دمای سیستم به دمای محیط برسد. پس از آن ولوم فن را روی صفر قرار داده و ولوم هیتر را روی حداکثر قرار دهید. با استفاده از یک کرنومتر (می‌توانید از گوشی موبایل استفاده کنید) هر ۳۰ ثانیه دما را یادداشت کنید. این فرایند را تا ۱۰ دقیقه ادامه دهید.

زمان	دما
۰:۰۰	
۰:۳۰	
۱:۰۰	
۱:۳۰	
۲:۰۰	
۲:۳۰	
۳:۰۰	
۳:۳۰	
۴:۰۰	
۴:۳۰	
۵:۰۰	
۵:۳۰	
۶:۰۰	
۶:۳۰	
۷:۰۰	
۷:۳۰	
۸:۰۰	
۸:۳۰	
۹:۰۰	
۹:۳۰	
۱۰:۰۰	

با توجه به تغییرات دما فکر می کنید چه زمان نمونه برداری برای این سیستم مناسب است؟ توضیح دهید؟

.....

.....

.....

نمودار تغییرات دما را با نرم افزار متلب رسم کنید و در ادامه بیاورید.

۲. پس از ۲۰ دقیقه روشن بدون هیتر در حالت حداکثر دمای دستگاه به عددی رسیده است؟

	دما پس از ۲۰ دقیقه
--	---------------------------

آیا فکر می کنید دستگاه به دمای حداکثر رسیده است؟ توضیح دهید.

.....

.....

.....

۳. کرنومتر را آماده کنید. به آرامی ولوم فن را افزایش دهید تا زمانی که دستگاه شروع به کاهش دما کند. بلافاصله کرنومتر را بزنید. زمانی که دستگاه به دماهای جدل زیر می رسد را مشخص کنید. این میزان از ولوم، که باعث روشن شدن فن می شود را آستانه روشن شدن فن می نامند. میزان این آستانه چقدر است؟

	آستانه روشن شدن
--	------------------------

دما	زمان
۱۰۰	
۹۰	
۸۰	
۷۰	
۶۰	
۵۰	

۴. پس از گذشت ۱۰ دقیقه دما به چه عددی می رسد؟

	دما پس از ۱۰ دقیقه
--	---------------------------

آیا فکر می کنید دستگاه به دمای کاملاً پایدار شده است؟ توضیح دهید.

.....

.....

.....

۵. ولوم فن را صفر کنید. دما را به ۱۰۰ درجه برسانید و ولوم هیتر را صفر کنید. ولوم فن را روی حداکثر تنظیم کنید. چقدر طول می کشد که دما به ۴۰ درجه برسد؟

	زمان رسیدن به ۴۰ درجه
--	-----------------------

آزمایش دوم – طراحی کنترل کننده برای مدل دستگاه

۱. مدل معادل حدودی دستگاه به شکل زیر است.

$$\frac{0.0055}{s + 0.005}$$

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 از ۱ دقیقه است. دمای مطلوب ۵ درجه سانتی گراد است. طول شبیه سازی را ۱۰ دقیقه در نظر بگیرید. 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 یک دقیقه، سیستم بدون فرا جهش باشد کنترل کننده‌های قبلی را دوباره طراحی کنید.

ضریب	ضریب P	ضریب I	ضریب D
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 ۳۰ ثانیه، سیستم بدون فرا جهش باشد کنترل کننده‌های قبلی را دوباره طراحی کنید.

ضریب	ضریب P	ضریب I	ضریب D
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.

در این آزمایش به جای کنترل کننده کلاسیک که در آزمایش‌های قبل استفاده شد، از یک رله استفاده کنید. برای این منظور از بلوک Relay از گروه Discontinuities استفاده کنید. پارامترهای رله را به صورت زیر تنظیم کنید.

پارامتر	مقدار
Switch on point	Eps
Switch off point	Eps
Output when on	100
Output when off	0

آیا این کنترل کننده مناسب است؟ توضیح دهید؟

.....

.....

.....

تصاویر نمودارهای تمامی سیستم‌های کنترل شده را در ادامه بیاورید.

۴. در این آزمایش به جای کنترل کننده کلاسیک که در آزمایش‌های قبل استفاده شد، از یک رله استفاده کنید. برای این منظور از بلوک Relay از گروه Discontinuities استفاده کنید. پارامترهای رله را به صورت زیر تنظیم کنید.

پارامتر	مقدار
Switch on point	0
Switch off point	0.4
Output when on	100
Output when off	0

آیا این کنترل کننده تفاوتی با کنترل کننده قبل دارد؟ توضیح دهید؟

.....

.....

تصاویر نمودارهای تمامی سیستم‌های کنترل شده را در ادامه بیاورید.

آزمایش سوم – پیاده‌سازی کنترل‌کننده برای دستگاه

۱. بهترین کنترل‌کننده کلاسیک که در بخش سوم آزمایش قبل طراحی کردید را بر روی دستگاه پیاده‌سازی کنید. برای این منظور از فایل پایه TCS10_1_Monitor.slx استفاده کنید. میزان مطلوب دما در این آزمایش ۳۵ درجه سانتی‌گراد است. طول زمان شبیه‌سازی را ۵ دقیقه قرار دهید. قبل از شروع آزمایش با استفاده از کنترل‌کننده صنعتی دمای دستگاه را به ۲۸ درجه سانتی‌گراد برسانید. برای انجام این کار ابتدا سویچ هیتر را بر روی حالت External قرار داده و سویچ Delay را بر روی حالت Heater-Fan قرار دهید. با استفاده از کلیدهای بالا، پایین و Set دمای مورد نظر را تنظیم کنید. نتایج پیاده‌سازی را در ادامه بیاورید.

۲. آزمایش را تکرار کنید ولی این بار در زمان ۲ دقیقه فن را با قدرت ۲۵ به کار بیندازید. نتایج پیاده‌سازی را در ادامه بیاورید.

۳. آزمایش اول را این بار با بهترین کنترل‌کننده رله تکرار کنید. نتایج پیاده‌سازی را در ادامه بیاورید.

۴. آزمایش دوم را این بار با بهترین کنترل‌کننده رله تکرار کنید. نتایج پیاده‌سازی را در ادامه بیاورید.

دستگاه کنترل حرارت نامیک ابزاری آموزشی بر اساس شبیه سازی سامانه های حرارت صنعتی و فرایندهای حرارتی است. در بلوک حرارتی دستگاه یک قطعه آلومینیومی متصل به حسگرهای دما و گرماساز (المان گرم کننده) قرار گرفته و از طریق هیت سینک با یک فن (المان خنک کننده) در ارتباط است. با کنترل توان گرماساز و سرعت فن دمای قطعه آلومینیومی تغییر کرده و از دمای محیط تا دمای ۱۰۰ درجه سانتیگراد قابل کنترل است.