

به نام خداوند جان و خرد

درس ابزار دقیق

گروه کنترل



مدرس: محمدرضا نیری

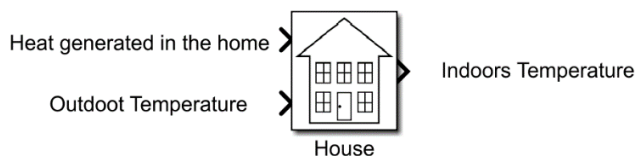
مینی پروژه دوم

نیمسال دوم ۱۴۰۰-۱۴۰۱

در این مینی پروژه قصد داریم دمای هوای یک خانه را کنترل کنیم. داده های مساله به صورت زیر هستند

❖ فرآیند

فرض کنید با استفاده از تحلیل دمایی خانه و نوشتن معادلات ترمودینامیکی مدل به شکل زیر که در فایل پیوست موجود است بدست آمده است:



که در آن ورودی اول توان حرارتی تولید شده در خانه، ورودی دوم دمای محیط بیرون خانه بر حسب درجه سانتی گراد و خروجی دمای محیط داخلی خانه بر حسب درجه سانتی گراد است.

❖ محرک

برای گرم کردن خانه از یک هیتر^۱ با مقاومت ۱۲ اهم به عنوان محرک با تابع تبدیل زیر استفاده می شود:

$$G_a(s) = \frac{Q(s)}{V(s)} = 100$$

که در آن Q حرارت خروجی هیتر و V ولتاژ ورودی هیتر است که حداکثر آن می تواند ۱۰ ولت باشد.

^۱ هیتر یک سیم با مقاومت کم است که بر روی یک لوله سفالی پیچیده شده است. با تغییر ولتاژ اعمال شده به دوسر سیم، جریان عبوری از سیم تغییر کرده و با توان RI^2 وات حرارت تولید خواهد کرد. با توجه به اینکه سیم پیچ هیتر بر اساس جنسش توانایی گذر دهی یک جریان مشخص را دارد، ولتاژ اعمال شده به دو سر هیتر نباید از مقدار خاصی تجاوز کند.

❖ حسگر

برای اندازه گیری دمای خانه از یک حسگر با تابع تبدیل زیر استفاده می شود:

$$G_s(s) = \frac{V_{out}(s)}{T_s(s)} = \frac{0.01}{s + 1}$$

بازه قابل اندازه گیری این حسگر ۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی گراد بوده که در آن V_{out} ولتاژ خروجی حسگر بر حسب ولت و T_s دمای اندازه گیری شده توسط حسگر بر حسب درجه سانتی گراد است.

✓ طراحی درایور هیتر

(۱) حداکثر جریان ورودی هیتر را بدست آورید. سپس مدار بهسازی طراحی کنید که با استفاده از یک آی سی LM358 و یک ترانزیستور TIP41 و یک منبع تغذیه ۱۰ ولت با توانایی تولید جریان حداکثر ۳ آمپر بتوان با تغییر ولتاژ ورودی از ۰ تا ۸ ولت، توان هیتر را از ۰ تا ۱۰۰ درصد تغییر داد. (هر مقدار مقاومتی که برای طراحی بخواهید در اختیار است)

(۲) تابع تبدیل درایور طراحی شده با استفاده از المان های بخش ۱ را بنویسید.

راهنمایی: به دنبال $G_d(s) = \frac{V_{dout}(s)}{V_{din}(s)}$ هستیم که در آن V_{din} در بازه ۰ تا ۸ ولت تغییر می کند.

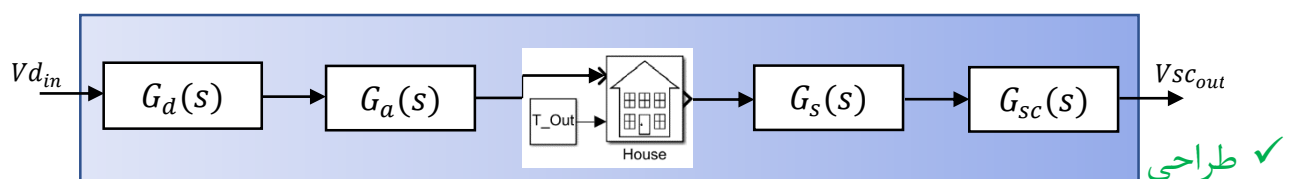
✓ طراحی مدار بهسازی حسگر

(۳) با توجه به حسگر توصیف شده در سوال و با استفاده از یک آی سی LM358 دیگر و منبع تغذیه بخش ۱ که خروجی حسگر را به ولتاژ بین ۰ تا ۸ ولت نگاشت دهد.

(۴) تابع تبدیل مدار طراحی شده با استفاده از المان های بخش ۳ را با نام $G_{sc}(s) = \frac{V_{scout}(s)}{V_{scin}(s)}$ بدست آورید.

❖ بلوک دیاگرام حلقه باز

تا اینجا بلوک دیاگرام حلقه باز زیر را در اختیار دارید که در آن V_{din} , V_{scout} هر دو در بازه ۰ تا ۸ ولت تغییر می کنند.



- (۵) با استفاده از بخش سیمولینک نرم افزار MATLAB و با توجه به مدل کلی بدست آمده در پایان بخش ۴ و در نظر گرفتن $T_{out} = 15$ یک کنترل کننده حلقه باز طوری طراحی کنید که دمای خانه را روی ۲۶ درجه سانتی گراد تنظیم کند. (فرض کنید ورودی کنترل کننده ۱۰ ولت ثابت است)
- (۶) پاسخ خروجی اندازه گیری شده (خروجی حسگر بهسازی شده) و پاسخ خروجی واقعی (خروجی فرآیند) به ترتیب بر حسب ولت و بر حسب درجه سانتی گراد به کنترل کننده طراحی شده بدست آورده و رسم کرده و پاسخ های حالت گذرا و حالت ماندگار را با هم مقایسه کنید.
- (۷) مدار کنترل کننده حلقه باز بدست آمده را با استفاده از اجزای الکترونیکی شرح داده شده در بخش ۱ طراحی کنید.
- (۸) با استفاده از شبیه سازی نشان دهید که با تغییر دادن $T_{out} = 5$ آیا کنترل کننده می تواند دمای خانه را ۲۶ سانتی گراد نگه دارد؟ چرا؟

✓ طراحی کنترل کننده حلقه بسته آنالوگ

- (۹) ولتاژ ورودی مرجع برای تنظیم دمای فرآیند روی ۲۶ درجه سانتی گراد را تعیین کنید.
- (۱۰) با استفاده از بخش سیمولینک نرم افزار MATLAB و با توجه به مدل کلی بدست آمده در پایان بخش ۴ و در نظر گرفتن $T_{out} = 15$ ، یک کنترل کننده PI طوری طراحی کنید که دمای خانه در زمان کمتر از ۴۰ ثانیه و بدون فراجش روی ۲۶ درجه سانتی گراد تنظیم گردد. موارد زیر را تعیین کنید. توجه شود که برای طراحی ضرایب کنترل کننده نیازی به طراحی نیست و با سعی هوشمندانه ضرایب را تعیین کنید. در روند طراحی خروجی کنترل کننده نمی تواند مقدار بیش از ۸ ولت داشته باشد. (چرا؟! در صورتی که خروجی کنترل کننده در طول زمان کنترل از بازه ۰ تا ۸ ولت خارج شد ضرایب کنترل کننده را باید تغییر دهید تا سیگنال کنترلی در این بازه قرار گیرد و خواسته های طراحی نیز برقرار باشد.
- نمودار ورودی مرجع و خروجی اندازه گیری شده (خروجی حسگر بهسازی شده) بر حسب ولت را روی هم رسم کنید.

- نمودار خروجی واقعی (خروجی فرآیند) بر حسب درجه سانتی گراد را رسم کنید.

- خروجی کنترل کننده بر حسب ولت را رسم کنید

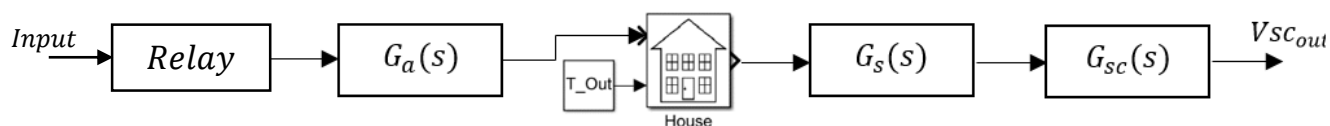
- (۱۱) پس از طراحی در نرم افزار MATLAB برای پیاده سازی کنترل کننده به صورت واقعی با استفاده از دو آی سی LM324 و منبع تغذیه بخش ۱ و مقاومت ها و خازن ها از مقدار دلخواه مدار ورودی مرجع، جمع کننده و کنترل کننده را طراحی کنید. توجه کنید ورودی این مدار خروجی اندازه گیری شده (خروجی حسگر بهسازی شده) بر حسب ولت و خروجی آن ولتاژ بین ۰ تا ۸ ولت است که به ورودی درایور می رود.

۱۲) نمودارهای زیر را برای سه حالت $T_{out} = 15$ ، $T_{out} = 10$ و $T_{out} = 2$ روی هم رسم کنید و در مورد اثر تغییر دمای محیط بیرون بر حالت گذرا و ماندگار بحث کنید.

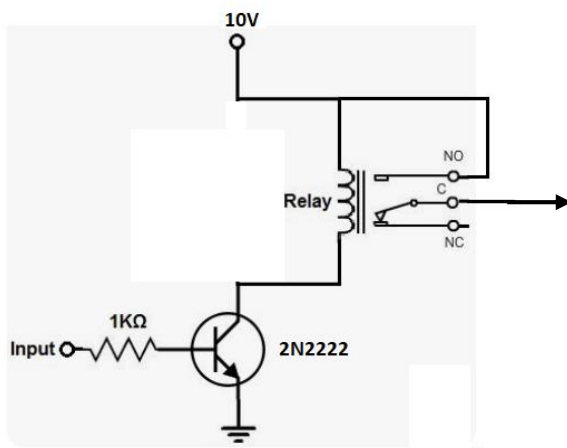
- نمودار خروجی اندازه گیری شده (خروجی حسگر بهسازی شده)
- نمودار خروجی واقعی (خروجی فرآیند)
- نمودار خروجی کنترل کننده بر حسب ولت

✓ طراحی کنترل کننده روشن خاموش (ON/OFF Controller)

سیستم حلقه باز به صورت شکل زیر را در نظر بگیرید که در آن به جای درایور هیتر از رله استفاده شده است:



که در آن درون بلوک Relay به صورت شکل زیر است:



توضیح راجع به بلوک رله اینکه یک سر بوبین رله به ولتاژ ۱۰ ولت و سر دیگر آن توسط یک ترانزیستور در دو حالت آزاد و یا متصل به زمین قرار می گیرد. کنترل اینکه رله روشن یا خاموش باشد توسط ولتاژ بیس ترانزیستور انجام خواهد شد. به عبارتی هنگامی که ولتاژ صفر ولت (معادل صفر منطقی) به بیس ترانزیستور داده می شود رله خاموش و هنگامی که ولتاژ بیش از ۳ ولت (مثلاً ۱۰ ولت) به بیس داده شود، رله روشن می شود. هنگامی که رله روشن است ولتاژ ۱۰ ولت به دو سر هیتر اعمال می شود و

هیتر با حداکثر توان حرارت تولید می کند. هنگامی که رله خاموش است ولتاژی به دو سر هیتر اعمال نخواهد شد و حرارت تولید نمی کند.

(۱۳) با استفاده از بخش سیمولینک نرم افزار MATLAB و با توجه به مدل کلی شرح داده شده در این بخش و در نظر گرفتن $T_{out} = 15$ ، به جای رله یک بلوک Relay قرار داده و خروجی آن را در حالت روشن ۱۰ و در حالت خاموش ۰ تنظیم کنید. (در این بخش آستانه روشن و خاموش شدن در بلوک رله را تغییر ندهید.) ساختار حلقه بسته را تشکیل داده و موارد زیر را تعیین کنید

- ولتاژ ورودی مرجع برای تنظیم دمای فرآیند روی ۲۶ درجه سانتی گراد را تعیین کنید.
- نمودار ورودی مرجع و خروجی اندازه گیری شده (خروجی حسگر بهسازی شده) بر حسب ولت را روی هم رسم کنید.
- نمودار خروجی واقعی (خروجی فرآیند) بر حسب درجه سانتی گراد را رسم کنید.
- خروجی کنترل کننده بر حسب ولت را رسم کنید

(۱۴) با استفاده از یک آی سی LM358 و منبع تغذیه بخش ۱ و مقاومت های دلخواه در دسترس مدار یک مقایسه کننده را طراحی کنید که به ابتدای بلوک دیاگرام مطرح شده در این بخش اضافه شود و کنترل کننده طراحی شده را پیاده سازی کند. توجه کنید که ورودی این مدار V_{SCout} و خروجی آن ولتاژ بیس ترانزیستور است.

(۱۵) با مشاهده سیگنال کنترلی چه مشکلی در مدار پیش خواهد آمد؟

(۱۶) با استفاده از بخش سیمولینک نرم افزار MATLAB و تغییر آستانه های روشن شدن بلوک رله کنترل کننده ای طراحی کنید که دما را بین ۲۴ تا ۲۸ درجه سانتی گراد تنظیم کند. سپس موارد زیر را تعیین کنید:

- ولتاژ ورودی مرجع برای تنظیم دمای فرآیند روی ۲۶ درجه سانتی گراد را تعیین کنید.
- نمودار ورودی مرجع و خروجی اندازه گیری شده (خروجی حسگر بهسازی شده) بر حسب ولت را روی هم رسم کنید.
- نمودار خروجی واقعی (خروجی فرآیند) بر حسب درجه سانتی گراد را رسم کنید.
- خروجی کنترل کننده بر حسب ولت را رسم کنید.

(۱۷) با مشاهده سیگنال کنترلی چه نتیجه ای می گیرید؟

(۱۸) مدار بهسازی مقایسه کننده با هیستریزیس پیاده شده در نرم افزار MATLAB را با قطعات مناسب رسم کنید.

۱۹) نمودارهای زیر را برای سه حالت $T_{out} = 15$ ، $T_{out} = 10$ و $T_{out} = 2$ روی هم رسم کنید و در مورد اثر تغییر دمای محیط بیرون بحث کنید.

- نمودار خروجی اندازه گیری شده (خروجی حسگر بهسازی شده)
- نمودار خروجی واقعی (خروجی فرآیند)
- نمودار خروجی کنترل کننده بر حسب ولت

لطفا در ارسال تمرینات به موارد زیر توجه بفرمایید ، در صورت عدم رعایت هر یک از موارد زیر تمرین شما تصحیح نخواهد شد :

- در صورت دست نویس بودن تمرین ، نوشته ها خوانا باشند و کیفیت اسکن آن ها مناسب باشد.
- پاسخ ها در قالب یک فایل *pdf* تجمیع و ارسال شوند.
- تمامی فایل ها شامل فایل شبیه سازی و فایل گزارش در یک فایل *zip* تجمیع و با نام *student_number.zip* ارسال شوند .
- به تمرین هایی که به صورت مشابه حل شده اند نمره ای تعلق نخواهد گرفت.
- در صورتی که پاسخ سوالی شامل کد های برنامه نویسی و یا فایل های شبیه سازی است فایل های خود را حتما ارسال کنید و گزارش کاملی از آنچه انجام داده اید را در فایل *pdf* پاسخ های خود ارائه کنید.

همواره موفق باشید