کنترل دما در خانه هوشمند با استفاده از کنترل‌کننده پیش‌بین

استاد راهنما: دکتر حمید لسانی

نام دانشجو: اشکان برزکار

دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر، دانشگاه تهران

مقدمه

در این پروژه، به بررسی سیستم‌های مدیریت ساختمان پرداخته می‌شود که یکی از روش‌های حذف و یا کاهش ظرفیت غیرمفید سیستم بوده و در افزایش بازده کلی مصرف برق و کاهش نرخ رشد تولید برق تاثیر می‌گذارد. این سیستم با هماهنگی بخش‌های مختلف خود، وظیفه‌ی مدیریتی را انجام می‌دهد. در یکی از بخش‌ها، تحت عنوان کنترل دما، می‌توان با دریافت دمای حس‌شده توسط حس‌گرهای مورد نیاز و مقایسه‌ی آن با دمای مطلوب در نظر افراد داخل خانه، سرمایش یا گرمایش را برای مطلوب‌کردن فضای خانه انجام داد.

اولین پروژه، طراحی و ساخت سیستم کنترل‌کننده‌ی دما به‌صورت حلقه‌بسته در خانه‌ی هوشمند بوده و هدف آن، کنترل دما به صورت کاهش دما (سرمایش) با استفاده از گردش هوا (فن) بوده‌است. در این پروژه، کنترل دما، سرعت چرخش پره‌های فن و تعیین درجه‌ی فن در آن با جدول مراجعه انجام شده‌است. پروژه‌ی دوم، طراحی و شبیه‌سازی همان سیستم کنترل‌کننده‌ی دما در خانه‌ی هوشمند بوده است؛ به طوری‌که بتوان جدول مراجعه و درجه‌بندی سرعت فن به صورت گسسته را حذف کرده و سرعت آن‌را به‌طور پیوسته و از طریق کنترل‌کننده‌ی تناسبی، با توجه به میزان اختلاف دما با دمای مناسب تعیین شده، مشخص کرد. همچنین در این پروژه، به‌جای فن، از پنکه استفاده شد.

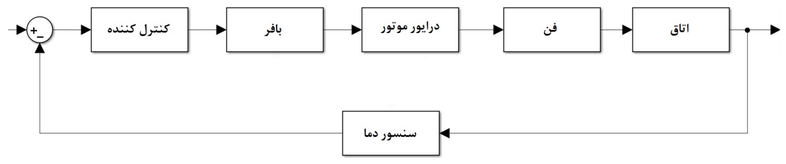
پروژه‌ی انجام شده، در ادامه دو پروژه قبلی در قالب گرمایش سیستم تهویه‌ی مطبوع یک خانه‌ی هوشمند است که می‌تواند با قرارگرفتن در شبکه، به تنهایی هسته‌ی گرمایش در خانه باشد. در واقع، هدف ما طراحی و پیاده‌سازی سیستم گرمایش تهویه‌ی مطبوع به طور کامل است. برای این منظور از ماکت خانه‌ای که مشاهده می‌کنید به عنوان مدل اتاق استفاده شده‌است. هم‌چنین المنت را به عنوان منبع تولید گرما و فن را جهت انتقال گرمای المنت به داخل خانه به کار رفت. کنترل المنت، توسط کنترل‌کننده‌ی روشن/خاموش انجام می‌شود. با توجه به تاخیر زیاد سیستم‌های دمایی، که در این مورد خاص حدود ۳۰ ثانیه است، از کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین که ویژگی اصلی آن مقابله با تاخیر زیاد سیستم است، استفاده کرده و با استفاده از میکروکنترلر آن‌را طراحی و پیاده‌سازی نمودیم.

روش پیشنهادی

اگر گام‌های اصلی طی‌شده برای پیاده‌سازی سیستم در پنج گام طبقه‌بندی شود، داریم: گام نخست: شبیه‌سازی سیستم، گام دوم: شناسایی سیستم، گام سوم: کنترل المنت، گام چهارم: ساخت سخت‌افزار پروژه، گام پنجم: پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین.

به‌منظور پیاده‌سازی سیستم، دو بخش کنترلی داریم. بخش مربوط به کنترل المنت و بخش مربوط به کنترل سرعت فن. بخش مربوط به المنت از طریق کنترل‌کننده‌ی روشن/خاموش صورت می‌گیرد. کنترل فن از طریق کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین پیاده‌سازی شده‌است. برای پیاده‌سازی این کنترل‌کننده، نیازمند یافتن مدل سیستم (تابع تبدیل یا فضای حالت) هستیم. برای این منظور شکل (۱) را در نظر می‌گیریم. می‌توان سنسور دما را نیز در مسیر پیش‌رو در نظر گرفت. مزیت این‌کار، این است که در هنگام شناسایی سیستم، سنسور دما را هم خواهیم دید. برای یافتن تابع تبدیل سیستم، از روش‌های زمانی مرسوم در شناسایی سیستم استفاده کرده و بدین ترتیب تابع تبدیل سیستم به صورت مرتبه‌ی دوم استاندارد زیر به‌دست می‌آید:

$$G(s) = \frac{7/79}{(1+120s)(1+460/3s)}$$

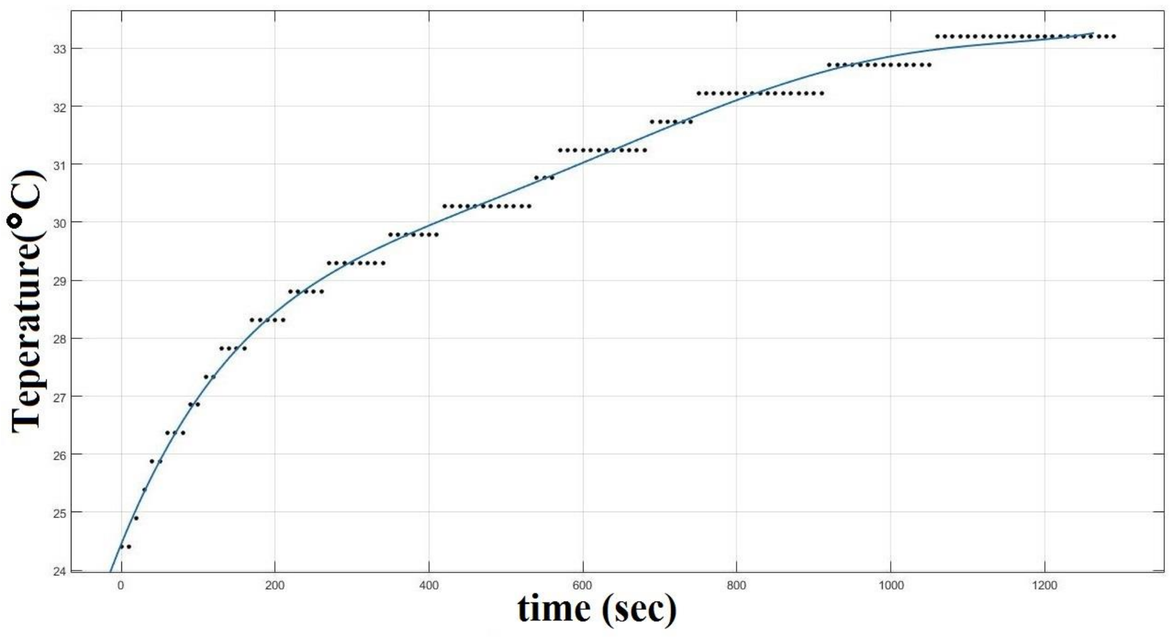


شکل (۱)

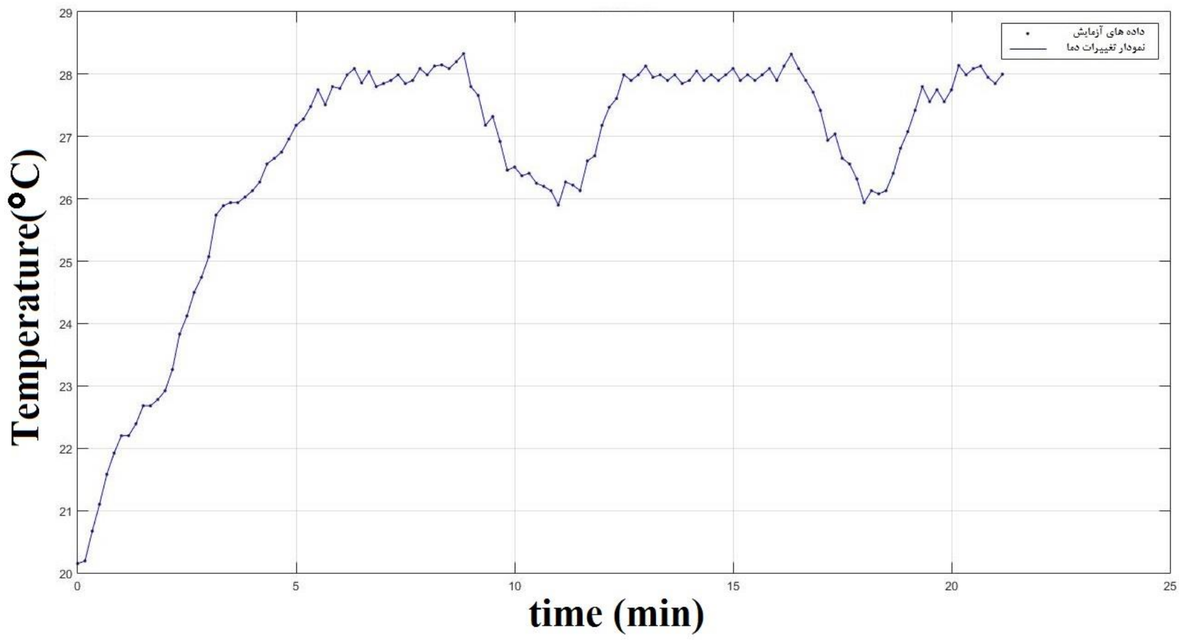
کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین، یکی از پیچیده‌ترین کنترل‌کننده‌های قابل پیاده‌سازی برای هر سیستمی است و توصیه می‌شود در صورتی که سسیستم با استفاده از کنترل‌کننده‌هایی همچون PID قابل کنترل هست، به هیچ‌وجه کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین پیاده‌سازی نشود. اما برای سیستم‌هایی که تاخیر زیادی دارند، کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین ایده‌آل است. برای استفاده از این کنترل‌کننده باید سیستم را گسسته کنیم و به این ترتیب به‌جای زمان، از تایم‌اسلات استفاده می‌کنیم. کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین با استفاده از سیگنال‌های کنترلی تولیدشده و خروجی در زمان‌های گذشته، خروجی را در زمان‌های آینده پیش‌بینی کرده و سیگنال کنترلی را برای زمان‌های آینده محاسبه می‌کند. ولی فقط سیگنال کنترلی در لحظه‌ی حال را اعمال می‌کند و همین روند را در تمامی تایم‌اسلات‌های آینده انجام می‌دهد. برای پیاده‌سازی کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین توجه می‌کنیم که با توجه به پاسخ پله‌ی سیستم که به صورت عملی و در مرحله‌ی شناسایی سیستم به دست آمد و در شکل (۲) قابل مشاهده است، سیستم ما حدودا ۳۰ ثانیه تاخیر دارد. بنابراین اگر زمان نمونه‌برداری کنترل‌کننده را برابر با ۰/۵ ثانیه در نظر بگیریم، نیاز داریم تا ۶۰ تایم اسلات را پیش‌بینی کنیم. پس افق پیش‌بینی‌ای برابر با ۶۰ خواهیم داشت. به عنوان یک انتخاب معمول، افق کنترل را، که بیانگر تعداد تایم‌اسلات‌هایی است که سیگنال کنترلی تولید شود، نیز برابر با ۶۰ تایم‌اسلات در نظر می‌گیریم. بدین ترتیب با استفاده از تابع دیوفانتین و در ادامه، نوشتن حلقه‌ی اصلی کنترل‌کننده و تابع بهینه‌ساز آن، کنترل کننده‌ی پیش‌بین را به سیستم اضافه می‌کنیم و سیستم مورد نظر، تکمیل می‌گردد.

در شکل (۲) مشخص است که دمای محیط حدود ۲۰°C و دمای نقطه‌ی زانویی، حدودا ۲۸°C است. بنابراین دمای مطلوب را برابر با ۲۸°C در نظر گرفتیم. بدین ترتیب، نتیجه‌ی تست سیستم در مدت‌زمان حدود ۲۵ دقیقه، مطابق شکل (۳) شد. برای تست بیش‌تر سیستم، اگر یک لحظه دما بیش‌تر از ۲۸/۵ °C شود، کل سیستم را خاموش کرده و صبر می‌کنیم تا دما کم‌تر از ۲۶°C شود تا سیستم را دوباره روشن کنیم. بدین ترتیب، می‌توان سیستم را چندین مرتبه از نقاط آغازین مختلف تست کرد.

نتایج



شکل (۲)



شکل (۳)

پروژه‌ی انجام‌شده، می‌تواند به عنوان گرمایش سیستم تهویه‌ی مطبوع به‌کار رود و دمای مطلوبی را که بالاتر از دمای محیط است، حفظ نماید. علاوه‌بر آن، با استفاده‌از کنترل‌کننده پیش‌بین، توانستیم بر تاخیر سیستم های دمایی، غلبه نماییم.

جمع بندی

به دلیل استفاده از کنترل‌کننده‌ی پیش‌بین در این پروژه، محاسبات مورد نیاز بسیار سنگین می‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود این کنترل‌کننده تنها زمانی استفاده شود که کنترل‌کننده‌های دیگر نتوانند انتظارات ما را برآورده سازند.

جهت ادامه‌ی پروژه‌ی حاضر، می‌توان از تولیدکننده‌های سرمای TEC استفاده کرده و بدین ترتیب سیستم تهویه‌ی مطبوع را تکمیل کرد. همچنین از ترموستات‌های هوشمندی، همچون nest، استفاده کرد تا بتوان مدیریت دمای خانه را از خارج نیز انجام داد. هم‌چنین می‌توان سیستم مدیریت ساختمان را گسترش داد و از سنسورهای سنجش شدت نور، رنگ نور، و یا سنسور تشخیص گازهای مختلف در محل استفاده کرد و کنترل‌های دیگری نیز انجام داد. علاوه‌بر این‌ها، می‌توان کنترل کننده‌ی پیش‌بین را با کنترل‌کننده‌هایی مانند فازی، ترکیب کرد و به کنترل‌کننده‌ای جدید دست یافت.

printed by MegaPrint Inc. www.postersession.com