

ابزار دقیق و کنترل‌های HVAC

قسمت اول

مترجم: حسن ذاکری

مطالعه مطالب در کانال صنعت تهویه و تاسیسات
<https://telegram.me/hvacmag>

ابزارهای دقیق و کنترل‌های HVAC

استفاده از کنترل‌های گرمایش، تهویه و تهویه مطبوع (HVAC) با اطلاع کامل از ساختمان و کاربری‌های فضاهایی با لزوم تهویه و کنترل آن‌ها آغاز می‌شود. کل سامانه‌های کنترل برطبق تعدادی از اصول بنیادی بهره‌برداری می‌شوند؛ ولی پیش از هرگونه مباحثه‌ای در این باب، برخی از اصول بنیادی سامانه HVAC تشریح می‌گردند (در آغاز آموزش).

دلیل کاربرد کنترل‌های خودکار؟

معمولاً ظرفیت سامانه HVAC برای تطابق با بدترین شرایط (شرایط مفرط) طراحی می‌شود. اکثر سامانه‌های HVAC در بار جزئی و خارج از شرایط طراحی، تحت بهره‌برداری قرار می‌گیرند؛ زیرا متغیرهایی نظیر بارهای خورشیدی، میزان سکونت و سطح فعالیت‌های ساکنان، دماهای محیطی، بارهای تجهیزها و روشنایی همواره در سرتاسر روز تغییر می‌یابند. هرگونه انحرافی از شرایط طراحی منتج به نوسان‌ها و یا عدم توازن‌های بسیار قوی و تأثیرگذاری می‌شود؛ زیرا ظرفیت طراحی در قیاس با بار واقعی اکثر سناریوهای عملیاتی بزرگ‌تر می‌باشد. بدون سامانه کنترل، ناپایداری سامانه HVAC و گرمایش مفرط و یا سرمایش مفرط فضاها از طریق سامانه HVAC اجتناب‌ناپذیر می‌باشد.

سامانه‌های HVAC

سامانه‌های HVAC را به‌عنوان «واحد‌های پکیجی خودکار (مستقل)» و یا به‌عنوان «سامانه‌های مرکزی» دسته‌بندی می‌کنند. یک واحد پکیجی در واقع واحد منفردی می‌باشد که از طریق تبدیل انرژی اولیه (برق یا گاز)، گرمایش



توزیع هوای داغ یا سرد می باشد. سامانه های مرکزی معمولاً در ساختمان های بزرگ تر چندطبقه ای، در مکان هایی با محدودیت های بالای دسترسی به هوای بیرونی، بسیار متداول می باشند. معمولاً سامانه های مرکزی دارای هزینه های عملیاتی پایین تری می باشند ولی از توالی های (سلسله های) کنترل پیچیده ای نیز رنج می برند.

سامانه تهویه مطبوع مرکزی چگونه کار می کند؟

چرخه سرمایش (سامانه آب خنک): هوای تحت-توزیع با دمایی به میزان تقریبی 20°C پایین تر از هوای فضای تحت-تهویه، کویل سرمایشی را از میان بادزن هوای توزیع، به سوی کانال های تحتانی و سپس به داخل فضای تحت-تهویه ترک می نماید. هوای خنک توزیعی در واقع گرمای داخل فضای تحت-تهویه را جذب می نماید و هوای گرم تر تولیدی نیز به درون کانال هوای بازگشت و سپس به درون واحد هواساز منتقل می شود. هوای بازگشتی با هوای بیرونی در «محفظه اختلاط» مخلوط می شود؛ سپس مخلوط مذکور از میان فیلترها و کویل سرمایش، عبور می کند. گرمای مخلوط هوایی فوق الذکر در کویل سرمایشی، به جریان آب «لوله های آب خنک داخل کویل سرمایشی» منتقل می شود؛ لوله های کویل سرمایشی فوق الذکر برای تسهیل انتقال گرما به پره های مجهز شده اند. سپس هوای توزیعی خنک، کویل سرمایشی را ترک می نماید و «چرخه هوایی» به طور پی در پی تکرار می شود.

آب خنک مذکور در زمان گردش از میان لوله های کویل سرمایش، پس از جذب گرمای «مخلوط هوا» و ترک کویل سرمایش، از میان لوله «برگشت آب خنک (CHWR)»^۲ به تبخیرکننده چیلر باز می گردد. در تبخیرکننده نیز گرمای آب به سامانه برودتی منتقل می شود. «آب خنک تازه» فوق الذکر (در واقع آب خروجی از تبخیرکننده) از تبخیرکننده خارج می شود و از میان لوله کشی «توزیع آب خنک (CHWS)»^۳ به طور مستمر (چرخه ای) به درون کویل سرمایشی وارد می شود و چرخه آب فوق الذکر به طور پی در پی تکرار می شود.

2. the chilled water return (CHWR)

3. the chilled water supply (CHWS)

و سرمایش نهایی فضاهای تحت-تهویه مطبوع را تأمین می سازد. نمونه هایی از «واحدهای پکیجی خودکار (مستقل)» شامل «سامانه های HVAC پشت بامی»، «واحدهای تهویه مطبوع اتاقی» و «پمپ های گرمایی هوا-هوا» می باشند.

در سامانه های مرکزی، تبدیل اولیه (ابتدایی و مقدماتی) سوخت ها نظیر گاز و یا برق در یک مکان مرکزی رخ می دهد؛ و سپس گونه هایی از فرم های انرژی گرمایی به سرتاسر ساختمان و یا به تجهیزات دیگر توزیع می شوند.

سامانه های مرکزی نیز در واقع ترکیبی از «زیرسامانه توزیع مرکزی» و «زیرسامانه های کاربری- نهایی چندتایی (متنوع)» می باشند. تنوع گسترده ای از ترکیب سامانه توزیع مرکزی و سامانه های منطقه ای کاربری- نهایی در دسترس می باشند. متداول ترین ترکیب در دسترس شامل ترکیب سامانه آب داغ و سرد مرکزی با سامانه های بادزن دار چندتایی می باشد. سامانه های بادزن دار از مبدل های حرارتی آب-هوا استفاده می کنند (که مبدل های مذکور در واقع کویل های تأمین هوای داغ و یا سرد لازم برای فضاهای تحت-کنترل می باشند). «زیرسامانه های کاربری- نهایی» می توانند از نوع «سامانه های بادزن دار» و یا «واحدهای پایانه ای (ترمینال)» باشند. اگر زیرسامانه های کاربری- نهایی از نوع سامانه های بادزن دار باشند، زیرسامانه های فوق الذکر می توانند از نوع منطقه ای منفرد و یا چندتایی باشند. سامانه های منطقه ای کاربری- نهایی چندتایی در واقع «جعبه های اختلاط» می باشند که معمولاً به نام «جعبه های VAV»^۱ شناخته می شوند.

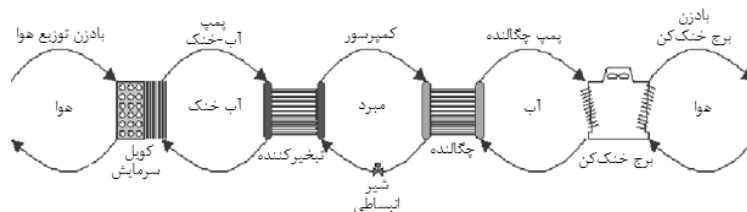
ترکیب بندی دیگری از سامانه توزیع مرکزی و سامانه های منطقه ای کاربری- نهایی شامل سامانه مرکزی دیگ و چیلر برای تبدیل انرژی اولیه، به علاوه یک سامانه بادزن دار مرکزی برای

1. Variable Air Volume (VAV)

پارس پاور
www.parsianpars.ir
مهندسی، تأمین کالا و اجرای پروژه های تاسیساتی (EPC)

تبخیرکننده در واقع یک مبدل حرارتی می‌باشد که امکان انتقال گرمای CHWR را از طریق فرایند رسانایی به مبرد درون لوله‌های تبخیرکننده فراهم می‌سازد. مبرد مایع درون لوله‌ها پس از فرایند جذب گرما و تبخیر، گرما را از آب دفع می‌کند؛ گرمای فوق‌الذکر سپس به کمپرسور و سپس به چگالنده منتقل می‌شود. گرمای چگالنده نیز از طریق آب چگالنده به «برج خنک‌کن» انتقال می‌یابد. در انتها نیز مکش هوای خارجی در سرتاسر برج خنک‌کن منتج به رفع گرمای آب از طریق فرایند تبخیر می‌شود.

شکل ۱، تصویری از یک «سامانه تهویه مطبوع آب-خنک»، به همراه یک چگالنده آب-خنک را نشان می‌دهد:



شکل ۱: سامانه آب خنک به همراه چگالنده آب-خنک

چرخه سرمایی دنبال می‌کند (به غیر از جایگزینی آب خنک با آب داغ و جایگزینی چیلر با دیگ بخار). در چرخه گرمایی دیگر نیازی به مدارهای برج خنک‌کن و چگالنده نمی‌باشد.

چه پارامترهایی را باید کنترل نمود؟

یک محیط متداول از طریق ۴ متغیر (پارامتر) تشریح می‌شود: دما، رطوبت، فشار و تهویه.

دما

مناطق آسایش دمایی دارای دامنه دمایی (۲۰ °C) ۶۸ °F تا ۷۵ °F (۲۵ °C) می‌باشند. دماهای پایین‌تر از ۶۸ °F (۲۰ °C) می‌توانند منتج به احساس سرمای بسیار بالای برخی از ساکنان ساختمان شوند و دماهای بالاتر از ۷۵ °F (۲۵ °C) نیز می‌توانند منتج به احساس گرمای بالای برخی از ساکنان شوند.

تجهیز اصلی کاربردی در یک سامانه آب-خنک شامل یک «پکیج چیلر» می‌باشد که شامل اجزاء ذیل است:

(۱) کمپرسور برودتی (رفت و برگشتی، اسکرو، پیچی و یا سانتریفیوژ).
(۲) مبدل حرارتی پوسته-لوله (تبخیرکننده) برای تولید آب خنک؛

(۳) مبدل حرارتی پوسته-لوله (چگالنده) برای دفع گرما در طرح آب-خنک (به‌طور جایگزین از چگالنده هوا-خنک نیز در مکان‌هایی با کمبود آب و یا عدم مجوز استفاده از آب استفاده می‌شود).

(۴) یک برج خنک‌کن برای دفع گرمای آب چگالنده
(۵) استفاده از یک شیر انبساطی در میان چگالنده و تبخیرکننده.

به‌علاوه سامانه آب-خنک را سامانه تهویه مطبوع مرکزی نیز می‌نامند. دلیل نام‌گذاری فوق‌الذکر نیز امکان شبکه‌بندی سامانه آب-خنک برای استفاده از کویل‌های سرمایشی متنوع (چندتایی) توزیعی در سرتاسر ساختمان‌های بزرگ و یا وسیع (چندین منطقه‌ای)، به همراه تجهیز برودتی (چیلر) واقع در یک مکان مرکزی می‌باشد.

به‌علاوه چرخه گرمایی نیز چرخه مشابه‌ای را به مانند

4. chiller package

ASHRAE 55-1992، دامنه های دمایی ذیل را برای تأمین آسایش حرارتی کلی (سراسری) ساکنان، پیشنهاد می دهد:

فصل	پوشش	دمای بهینه	گستره دمایی
زمستان	شلوارهای راحتی کلفت (ضخیم)، پیراهن های آستین بلند و ژاکت ها	22°C (71.6°F)	20-23.5°C (68-74.3°F)
تابستان	شلوارهای راحتی نازک و پیراهن های آستین-کوتاه	24.5°C (76.1°F)	23-26°C (73.4-78.8°F)

کدهای ساختمانی محلی، مقدار تهویه لازم برای ساختمان های تجاری و محیط های کاری را تصریح می کنند. مقدار پیشنهادی هوای بیرونی معمولاً برابر «20 CFM بر فرد» می باشد.

نرخ های تهویه مندرج در ASHRAE، به طور موثری منتج به رقیق سازی دی اکسید کربن و آلاینده های دیگر ناشی از تنفس و فعالیت های دیگر ساکنان می شوند؛ توزیع اکسیژن بسنده ای برای ساکنان و رفع آلاینده ها از فضای درونی الزامی می باشد؛ در مواردی تأمین نرخ های تهویه بالاتری از مقادیر مندرج در ASHRAE برای کنترل بوها و رفع گرمای ورودی بالا (با عدم امکان رفع آن ها از طریق سامانه سرمایش داخلی) الزامی می باشد.

فشار

هوا از طریق «دهانه های در دسترس (در واقع دهانه های باز مابین فضاهای فشارپایین و فشاربالا) از فضاهایی با فشار بالاتر به فضاهایی با فشار پایین تر تغییر مکان می یابد (جابجا می شود). یک ترک یا سوراخ ریز (حتی با دشواری دسترسی) می تواند منتج به نفوذ مقادیر قابل توجهی از هوا از مناطق فشاربالا به مناطق فشارپایین شود؛ به طور کلی انتقال هوا تنها به دلیل دیفرانسیل های فشاری «بالا و بسنده» و از میان ترک ها و روزنه های مابین فضاهای فشار- بالاتر و فشار- پایین تر رخ می دهد. معمولاً اتاق ها و ساختمان ها دارای فشار مثبت ناچیزی در راستای کاهش نفوذ هوای بیرونی به درون اتاق های داخلی و کل ساختمان می باشند. فشار بالاتر می تواند در ابقاء پاکیزگی ساختمان بسیار موثر باشد. معمولاً استفاده از فشار مثبت پایای «۰/۰۵-۰/۱» پیشنهاد می شود. فشار در واقع پارامتری

داوری هر انسان در باب رضایت مندی از شرایط آسایش هر فضای معین (زندگی یا کاری) را نمی توان به کل افراد تعمیم داد (به دلیل تفاوت های انسان ها، مناطق و کشورها). ولی همسانی و یکنواختی دمایی برای دستیابی به شرایط آسایش الزامی می باشد. یعنی دماهای هر منطقه معین نباید هرگز به طور ناگهانی و یا به طور فراینده ای تغییر یابند.

رطوبت

رطوبت در واقع وجود بخار آب در هوا می باشد؛ رطوبت جزء پارامترهای می باشد که بر میزان حس آسایش افراد تأثیرگذار است. ASHRAE 55-1992، ابقاء «رطوبت نسبی (RH)» را در گستره ۲۵ تا ۶۰ درصدی، پیشنهاد می کند. رطوبت نسبی پایین تر از ۲۰ درصدی منتج به خشکی بالای اتاق می شود؛ خشکی بالا (با RH پایین تر از ۲۰ درصدی)، تأثیر نامطلوبی را بر سلامتی ساکنان و ابزارها و تجهیزاتایی نظیر کامپیوترها، چاپگرها و غیره برجای می گذارد. رطوبت نسبی (RH) بالاتر از ۶۰ درصدی اتاق ها نیز منتج به «شرایط خفه-هوایی» (با اکسیژن پایین) اتاق و وقوع مشکل های تنفسی و افزایش احتمال تشکیل و گسترش کپک ها می شود.

تهویه

استاندارد ASHRAE 62-1999 یعنی «تهویه برای دستیابی به کیفیت قابل قبول هوای داخلی»، نرخ های کمینه تهویه، به ازاء هر فرد را در فضاهای تحت- سکنی پیشنهاد می دهد. در شرایط بسیاری،

5. the relative humidity (RH)

6. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality

زمان طولانی‌تر مابین چرخه‌های روشن-خاموش نیز منتج به نوسان‌های دمایی گسترده‌تر فضای داخلی می‌شود. بنابراین تلاش‌هایی برای دستیابی به تراضی صحیح در راستای دستیابی به شرایط آسایش کافی، بدون فرسایش مفرط تجهیزات، به «کنترل تناسبی یا مدولاسیون»^{۱۰} منتج می‌شود. تحت مفهوم فوق‌الذکر، در شرایط بهره‌برداری از یک ساختمان از طریق کاربرد نیمی از ظرفیت اسمی چیلر، آب خنک موردنیاز با نیمی از نرخ اسمی توزیع می‌شود و یا در مورد یک کوره حرارتی، سوخت موردنیاز کوره با نیمی از نرخ طراحی آن به کوره تغذیه می‌شود (در واقع انرژی ورودی با تقاضای انرژی متناسب می‌باشد)؛ ولی با وجود کارایی بالاتر سامانه کنترلی فوق‌الذکر در قیاس با سامانه کنترل چرخه ای (روشن-خاموش‌سازی تناوبی)، سامانه کنترلی تناسبی نیز دارای مشکل‌هایی نظیر محدودیت‌های «نسبت کاهش-ظرفیت»^{*} تجهیزات می‌باشد؛

* نسبت کاهش ظرفیت (*turn-down ratio*):
گستره عملیاتی یک تجهیز که به‌عنوان نسبت ظرفیت بیشینه به ظرفیت کمینه تعریف می‌شود. برای مثال، تجهیز با خروجی بیشینه ۱۰ واحدی و خروجی کمینه ۲ واحدی دارای «نسبت کاهش-ظرفیت» ۵ می‌باشد.

برای مثال کوره‌ای با نسبت کاهش ظرفیت ۵:۱ را تنها می‌توان در بالای ۲۰ درصد از ظرفیت اسمی آن تحت-بهره‌برداری قرار داد؛ بنابراین در شرایط تقاضای پایین‌تر ساختمان از میزان فوق‌الذکر، کاربرد کنترل چرخه ای (روشن-خاموش‌سازی تناوبی) هنوز نیز الزامی می‌باشد.

یک روش جایگزین در راستای فرایند کنترل

با نقش حیاتی در ساختمان‌ها، به‌ویژه در ساختمان‌هایی با پیش‌سخت‌گیرانه کیفیت هوای داخلی، نظیر بیمارستان‌ها می‌باشد.

الزام‌های ویژه کنترل

الزام‌های ویژه فوق‌الذکر در واقع به ارتباط درونی (پیوستگی) مابین «سامانه‌های محافظت از حریق»، «سامانه‌های دودزدا»، «سامانه‌های پالایش هوا» و «کنترل فاضلاب‌های سمی و یا خطرزا» و غیره بستگی دارند.

استراتژی‌های کنترل

ساده‌ترین فرایند کنترل در سامانه‌های HVAC شامل «کنترل روشن-خاموش»^۷ یا «روشن-خاموش‌سازی تناوبی»^۸ برای تطابق با شرایط بارهای جزئی می‌باشد. در شرایط نیاز ساختمان به انرژی ۵۰ درصدی طرح سامانه HVAC، سامانه باید تنها برای ۱۰ دقیقه راه‌اندازی شود و سپس برای ۱۰ دقیقه خاموش گردد و سپس شرایط تناوبی روشن و خاموش‌سازی فوق‌الذکر تکرار شود. به‌محض افزایش بار ساختمان، سامانه HVAC برای بازه طولانی‌تری تحت بهره‌برداری قرار می‌گیرد و بازه زمانی خاموشی آن نیز کوتاه‌تر می‌شود.

مشکل ناشی از روش کنترل فوق‌الذکر شامل «روشن-خاموش‌شدگی کوتاه‌مدت» سامانه می‌باشد؛ وضع مذکور منتج به بهره‌برداری ناکارا از سامانه HVAC و منتج به سایش (فرسایش) سریع اجزاء سامانه HVAC می‌شود.

نکته: همواره برای دستیابی به «کارایی حالت-پایدار»^۹ کوره و یا دستگاه تهویه مطبوع، زمان‌هایی در بازه‌های چندین دقیقه‌ای نیاز می‌باشد؛ بنابراین افزایش زمان مابین راه‌اندازی‌ها برای جلوگیری از روشن-خاموش‌سازی تناوبی کوتاه‌مدت امکان‌پذیر می‌باشد اما چنین شرایطی منتج به عدم آسایش ساکنان برای یک بازه زمانی کوتاه می‌شود.

7. on/off control

8. cycling

9. "steady-state" performance

10. modulation or proportional control



سامانه HVAC در شرایط بارهای جزئی، «مرحله بندی^{۱۱}» می باشد. در روش فوق الذکر (مرحله بندی)، در عوض استفاده از یک واحد بزرگ، از چندین واحد کوچک تر (برای مثال، ۴ واحد با ظرفیت های ۲۵ درصدی) استفاده می شود؛ و در زمان ایجاب شرایطی برای استفاده از ظرفیت طراحی ۵۰ درصدی، تنها دو واحد از چهار واحد فوق الذکر تحت بهره برداری قرار می گیرند. و در بار ۶۰ درصدی نیز دو واحد با بار کامل تحت بهره برداری قرار می گیرند (بهره برداری مستمر) و واحد سوم نیز به طور تناوبی و بر طبق تقاضا (در راستای رفع تقاضای ۱۰ درصدی) کار می کند (از طریق سامانه کنترلی چرخه ای یا مدولاسیون). غالباً برای جلوگیری از سایش (فرسایش) مفرط و برای تغییر تناوبی واحد تحت- چرخه بندی از «توالی بهره برداری^{۱۲}» استفاده می شود.

مثال قبل، یعنی تقاضای بار ۶۰ درصدی را مجدداً در نظر بگیرید: با فرض بهره برداری ظرفیت- کامل واحدهای ۱ و ۲ و بهره برداری تناوبی واحد ۳ بر طبق تقاضا، در زمان برآورده سازی بخش تناوبی بار، واحد ۱ خاموش می شود و واحدهای ۲ و ۳ با ظرفیت کامل کار می کنند. و در شرایط نیاز به ظرفیت بالاتر نیز واحد ۴ تحت بهره برداری قرار می گیرد (بر طبق تقاضا در بار کامل یا جزئی).

در چه مکان هایی به کنترل های HVAC نیاز می باشد؟

معمولاً سامانه کنترل HVAC در طول ۳ بخش توزیع می شود:

- (۱) تجهیزهای HVAC و کنترل های آنها در موتورخانه اصلی (اتاق مکانیکی اصلی) قرار می گیرند. تجهیزهای فوق الذکر شامل چیلرها، دیگ، مولد آب داغ، مبدل های حرارتی، پمپ ها و غیره می باشند.
- (۲) از هواسازها و یا «واحدهای هواساز (AHUs)^{۱۳}» برای گرمایش، سرمایش، رطوبت زایی، رطوبت زدایی، تهویه و یا پالایش (فیلتراسیون) هوا و سپس توزیع هوای مذکور به بخش های مورد نظر ساختمان استفاده می شوند. AHU ها در طرح های متنوع و گوناگون در دسترس می باشند؛ واحدهای مذکور را می توان در یک «اتاق خاص» به نام «اتاق ثانویه تجهیزها^{۱۴}» و یا در فضاهای باز (نظیر «واحدهای هواساز پشت بامی^{۱۵}») قرار داد.
- (۳) کنترل انفرادی اتاق ها به طراحی سامانه HVAC بستگی دارد. تجهیزهای سامانه های HVAC فوق الذکر شامل واحدهای فن کویل، سامانه های حجم- هوای متغیر (VAV)، «باز گرمایش پایانه ای^{۱۶}»، «ونتیلاتورهای اتاقی^{۱۷}»، «تخلیه سازها^{۱۸}»، «بازارهای رطوبت مهار و دما مهار منطقه ای^{۱۹}» و غیره می باشند.

مزایای سامانه های کنترل

کنترل ها به دلایل ذیل (یک و یا ترکیبی از آنها) مورد نیاز می باشند:

11. staging
12. sequencing
13. Air Handling Units (AHUs)
14. secondary equipment room
15. roof top air-handling units
16. terminal reheats
17. unit ventilators
18. exhausters
19. zone temperature/humidistat devices

پارس پویان
www.pouyanpars.ir

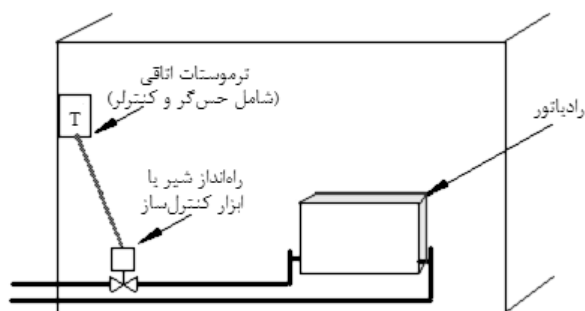
مهندسی، تامین کالا و اجرای پروژه های تاسیساتی (EPC)

۲) کنترلر نیز درواقع ورودی‌ها را از حس‌گرها دریافت می‌نماید و پس از پردازش آن‌ها، سیگنال هوشمندی (به‌عنوان خروجی) را به ابزار کنترل‌ساز ارسال می‌نماید.

۳) ابزار کنترل‌ساز نیز برطبق داده‌های ارسالی از کنترلر، تغییرهایی را برای اصلاح متغیرهای تحت-کنترل اعمال می‌نماید.

۴) منبع انرژی نیز برای تأمین توان موردنیاز «سامانه کنترل» مورد نیاز می‌باشد؛ «سامانه کنترل» از یک منبع توان الکتریکی و یا پنوماتیکی استفاده می‌کند.

شکل ذیل نیز در واقع یک «حلقه کنترل بنیادی»^{۲۰} برای گرمایش اتاق را تشریح می‌کند. در مثال شکل ذیل، «مجموعه ترموستاتی» شامل هر دو، حس‌گر و کنترلر نشان داده شده‌اند. هدف از «حلقه کنترل»^{۲۱} مذکور در واقع ابقاء متغیر تحت-کنترل (دمای هوای اتاق) تا میزان موردنظر (به نام «نقطه تنظیم»^{۲۲}) می‌باشد. انرژی گرمایی لازم برای تأمین گرمایش نیز از طریق رادیاتور تأمین می‌شود و ابزار کنترل‌ساز نیز یک «شیر سولنئیدی یا موتوری»^{۲۳} درپچه‌ای می‌باشد که جریان آب داغ ورودی به رادیاتور را کنترل می‌سازد.



شکل ۲: کنترل دمای اتاق

20. basic control loop

21. control loop

22. setpoint

23. the 2-way motorized or solenoid valve

- ۱) ابقاء شرایط آسایش حرارتی
- ۲) ابقاء کیفیت بهینه هوای درونی
- ۳) کاهش انرژی مصرفی
- ۴) عملکرد ایمن تجهیزات (و یا کل تأسیسات)
- ۵) کاهش هزینه‌های کارگری
- ۶) شناسایی مشکل‌های نگهداری
- ۷) عملکرد کارآی تجهیزات (یا تأسیسات) برای تطابق با بار
- ۸) پایش کارایی سامانه HVAC.

اصول کنترل

کنترل چیست؟

با ساده‌ترین عبارت، کنترل به‌عنوان روش راه‌اندازی، متوقف‌سازی و یا تنظیم‌سازی سامانه گرمایش، تهویه و تهویه‌مطبوع تعریف می‌شود. کنترل‌سازی یک سامانه HVAC شامل ۳ فاز متمایز می‌باشد:

- ۱) اندازه‌گیری متغیرها و گردآوری داده‌های آن‌ها
- ۲) پردازش داده‌های فوق‌الذکر، به‌همراه داده‌های دیگر
- ۳) اجرای فعالیت‌های کنترل‌سازی.
- ۳ فاز فوق از طریق حس‌گرها، کنترلرها و ابزارهای کنترل‌ساز انجام می‌شوند.

المان‌های سامانه‌های کنترل

سامانه کنترل HVAC (از ساده‌ترین سامانه کنترل یعنی ترموستات اتاقی تا پیچیده‌ترین سامانه کنترل یعنی کنترل کامپیوتری) دارای ۴ المان اصلی می‌باشد:

حس‌گر، کنترلر، ابزار کنترل‌ساز و منبع انرژی.

- ۱) حس‌گرها در واقع مقدار واقعی متغیرهای تحت-کنترل نظیر دما، رطوبت و یا جریان را اندازه‌گیری می‌کنند؛ و سپس داده‌های فوق‌الذکر را به کنترلر ارسال می‌نمایند.



پویان

www.pouyanpars.ir



FORBES MARSHALL



Machine Sazi Arak



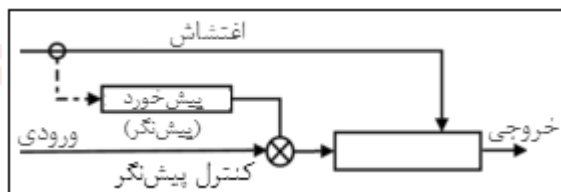
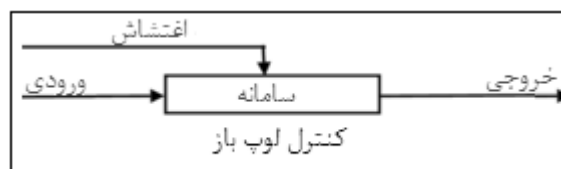
KSB

تئوری کنترل ها

به طور بنیادی، ۲ نوع از کنترل ها وجود دارند: «کنترل حلقه باز»^{۲۴} و «کنترل حلقه بسته»^{۲۵}.

کنترل حلقه باز

کنترل حلقه باز در واقع سامانه ای بدون هیچ بازخوردی می باشد؛ یعنی هیچ روشی برای پایش سامانه فوق الذکر در شرایط کارکرد موثر سامانه کنترلی مذکور وجود ندارد. به علاوه کنترل حلقه باز را «کنترل پیش نگر»^{۲۶} نیز می نامند.



کنترل پیش نگر (feed forward control): شیوه ای از کنترل که در آن با آشکارسازی تغییرهای ورودی و پیش از فعال شدگی خروجی، سیگنال تصحیح ارسال می شود.

در کنترل حلقه باز، کنترلر قادر به راه اندازی یک راه انداز (عملگر) و یا کلید (سوئیچ) می باشد؛ فرایند فوق الذکر غالباً از طریق یک تایمر (زمان سنج) انجام می شود و به بهترین شکل از طریق مثال ذیل (اجاق آشپزی) قابل تشریح می باشد. در شرایط دستیابی به دمای درونی مورد نیاز یک اجاق آشپزی از طریق «روش و خاموش سازی (از طریق کلید)»^{۲۶} یک المان حرارتی، فرایند مذکور را «کنترل حلقه باز یا کنترل متوالی»^{۲۷} می نامند. یک «تایمر»^{۲۸} نیز به وسیله اپراتور تنظیم می شود؛ تایمر (زمان سنج) فوق الذکر مدار الکتریکی المان حرارتی برقی را راه اندازی می نماید. در زمان دستیابی

دمای درونی اجاق به دمای مورد نظر، تایمر فوق الذکر، از طریق فشردن کلید (سوئیچ)، دمای درونی اجاق را در پیرامون «نقطه تنظیم» ابقاء می نماید.

برای ابقاء دمای ثابتی در درون اجاق آشپزی، المان حرارتی اجاق از طریق «بازار زمان بندی از پیش تنظیم شده ای»^{۲۹} روشن و خاموش می شود (از طریق کلیدزنی)؛ ابراز زمان بندی فوق الذکر از طریق یک «بازار راه انداز بادامکی»^{۳۰}، فرایند کلیدزنی (روشن و خاموش سازی) را انجام می دهد. دمای برآیند درونی اجاق به دلیل تغییر دمای درونی اجاق به دلیل تأخیر در دستیابی به شرایط حالت پایدار در واقع ثابت نمی باشد.

برای کنترل دقیق تر، بهترین روش در واقع کاهش «بازه دمایی مابین دماهای روشن و خاموش» تا «میزان عملی» می باشد. کلیدزنی (روشن و خاموش سازی) متوالی و بسیار بالا منتج به سایش و فرسایش «کانکت های کلید»^{۳۱}، به ویژه در شرایط «جرقه زنی» در طول «کانکت های کلید» می شود. ارتباط آشکاری مابین «زمان کلیدزنی» و یا «زمان چرخه کلیدزنی» و میزان دستیابی ها به دمای درونی مورد نیاز اجاق آشپزی وجود دارد. دیاگرام ذیل، کنترل حلقه باز مشابه ای، با زمان کلیدزنی پایین را نشان می دهد. دمای اجاق مذکور محتملاً در نقطه تنظیم و یا در نزدیکی آن قرار می گیرد.

24. open loop control

25. closed loop control

26. switched on and off

27. sequence or open loop control

28. timer

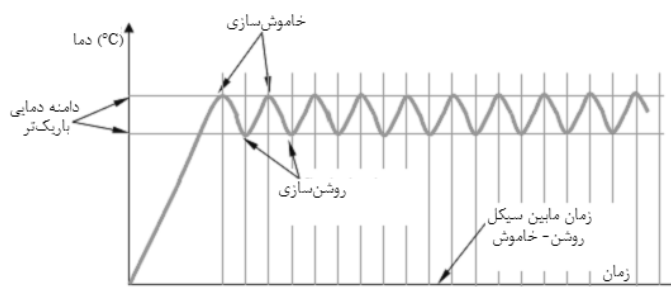
29. pre-set timing device

30. cam driven device

31. switch contacts



شکل ۳: نمودار دما-زمان برای کنترل حلقه باز اجاق



شکل ۴: نمودار دما-زمان برای کنترل حلقه باز اجاق

انواع کنترل‌های فوق برای سامانه‌های برودتی و تهویه مطبوع مناسب نمی‌باشند؛ زیرا کنترل‌های فوق‌الذکر امکان قیاس پارامترهایی با لزوم کنترل را تأمین نمی‌سازند.

سامانه حلقه بسته

اگر اجاق مثال فوق‌الذکر دارای یک ابزار اندازه‌گیری دما باشد و دمای درونی اجاق نیز به‌طور دائمی با دمای مطلوب مقایسه شود، سپس اطلاعات مذکور را می‌توان برای تنظیم مقدار ورودی گرمایی به المان برقی اجاق استفاده کرد. در سامانه بسته (حلقه کنترل بسته)، کنترلر به خطای متغیر (پارامتر) تحت-کنترل واکنش نشان می‌دهد. در این شرایط میزان پارامترهای تحت-کنترل به‌وسیله حس‌گر معین می‌شوند و با «پارامترهای تنظیمی» مقایسه می‌شوند و بر طبق قیاس مذکور، سیگنال‌های متناظری تولید می‌شوند. به‌علاوه «کنترل حلقه بسته» را «کنترل پس‌خورده^{۳۲}» نیز می‌نامند.

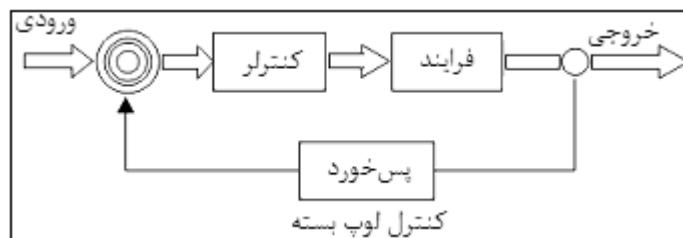
به‌طور کلی، در شرایط اندازه‌گیری یک متغیر تحت-کنترل توسط حس‌گر، سامانه کنترل را «سامانه کنترل بسته» می‌نامند و در غیر این شرایط، سامانه کنترل را «سامانه کنترل حلقه باز» می‌نامند. معمولاً سامانه‌های کنترل HVAC از نوع «سامانه‌های حلقه بسته» می‌باشند.

به‌طور کلی «کنترل‌های حلقه بسته» را می‌توان به دو گروه اصلی دسته‌بندی نمود: «کنترل‌های دوقیستی^{۳۳}» و «کنترل‌های دائمی^{۳۴}».

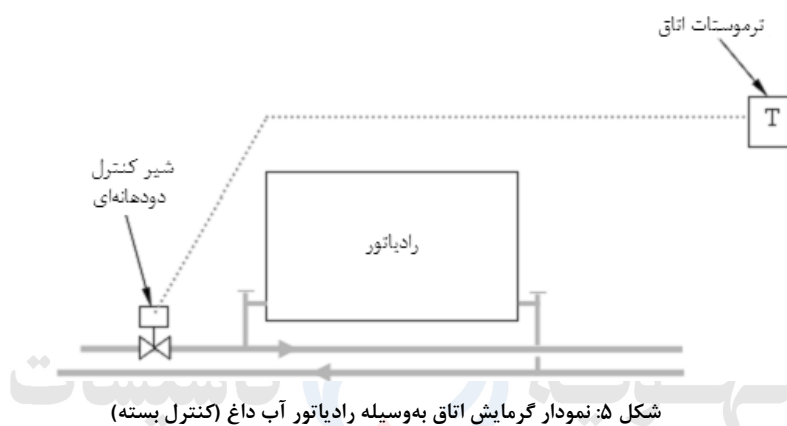
32. feedback control

33. two position controls

34. continuous controls



به عنوان مثال، کنترل دمای سامانه گرمایش فضای ذیل را مشاهده نمایید. دیاگرام ذیل در واقع یک اتاق را نشان می دهد که از طریق یک رادیاتور آب داغ گرم می شود.



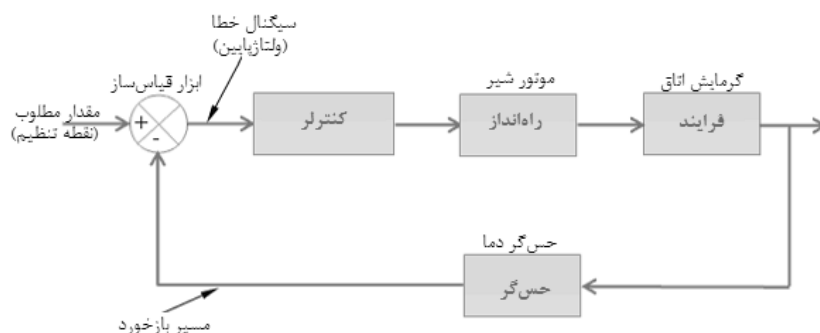
المان های کنترل فوق الذکر در ذیل ارائه شده اند:

(۱) حس گر

(۲) کنترلر

(۳) ابزار کنترل ساز - راه انداز (عملگر) شیر.

توجه نمایید که متغیر تحت - کنترل، دمای هوا می باشد (در واقع پارامتری که باید کنترل شود). از طریق تغییر مقدار آب داغ عبوری از میان شیر، مقدار گرمای توزیعی به اتاق کنترل می شود. توالی کنترل مذکور را می توان از طریق یک نمودار جعبه ای تشریح کرد (شکل ۶):



شکل ۶: دیاگرام حلقه کنترل سامانه گرمایش

مقدار مطلوب و یا «نقطه تنظیم» از طریق «شستی» روی ترموستات تنظیم می‌شود. (توجه نمایید که ترموستات اتاق شامل حس گر، دکمه میزان سازی نقطه-تنظیم، ابزار قیاس و کنترلر می‌باشد که به‌طور مجزا در دیاگرام جعبه‌ای فوق نشان داده شده است). حس گر دمایی، مقدار دمای واقعی را اندازه‌گیری می‌کند و سیگنالی را از طریق «مسیر بازخورد»، به‌طور معکوس به «ابزار قیاس ساز» ارسال می‌کند. سپس «ابزار قیاس ساز»، میزان دمای حس گر و میزان دمای مطلوب (نقطه-تنظیم) کنترلر را مقایسه می‌کند. اختلاف دو دمای فوق‌الذکر (یعنی مقدار دمای موردنظر و مقدار دمای اندازه‌گیری شده) را «سیگنال خطا^{۳۵}» می‌نامند. سپس «سیگنال خطای» ورودی به کنترلر به‌عنوان یک سیگنال ولتاژپایین (برای مثال ۰ ولتی) به «راه‌انداز (عملگر)» ارسال می‌شود. ابزار کنترلر ساز (در واقع راه‌انداز شیر ۲ دهانه‌ای) نیز به نوسان‌های دمایی فوق‌الذکر دریافتی از کنترلر واکنش نشان می‌دهد و به‌عنوان برآیندی برای رفع چنین نوسان‌هایی، جریان آب داغ را تغییر می‌دهد. فرایند کنترلی فوق‌الذکر منتج به تغییر شرایط دمایی فضا یا فرایند به سوی دمای مطلوب (تنظیمی) می‌شود. کنترلر نوع فوق‌الذکر را «کنترل میزان ساز^{۳۶}» می‌نامند؛ زیرا المان‌های کنترلی به‌طور دائمی سیگنال‌های ارسالی از «ابزار قیاس ساز» را برای ابقاء دمای تقریباً ثابتی در اتاق (ولو در شرایط تغییر دمای درونی و بیرونی) تغییر می‌دهند.

ماهنامه فنی و مهندسی

ادامه دارد ...



35. error signal

36. modulated control