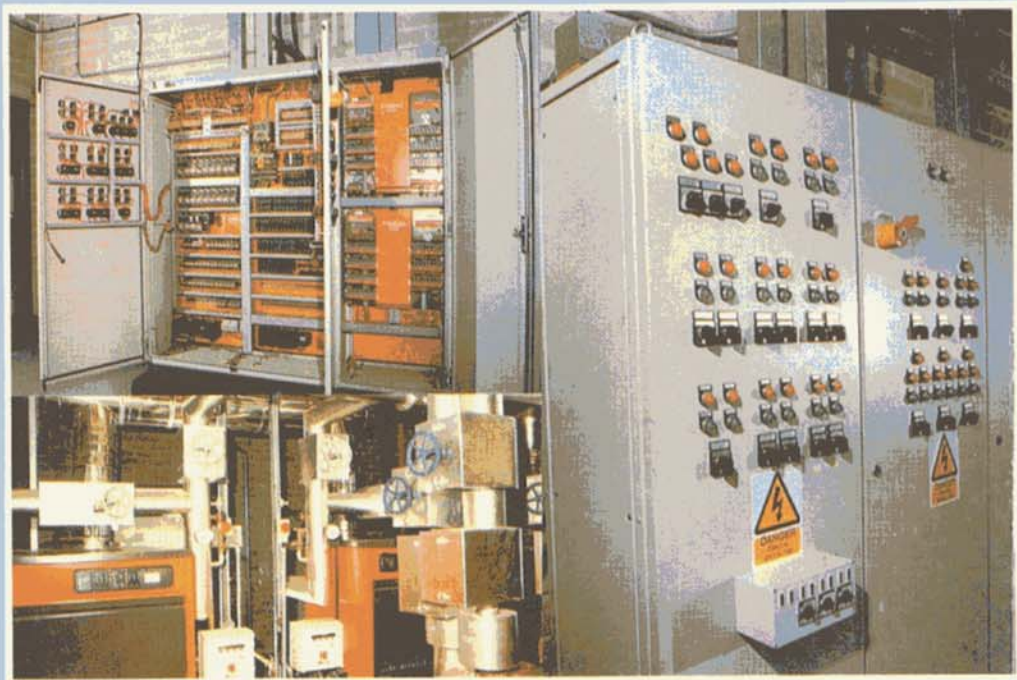




جمهوری اسلامی ایران  
وزارت نیرو  
اسوار انرژی

## راهنماهای فنی مدیریت انرژی



**کنترلرها  
و صرفه جویی  
انرژی**



دفتر بهینه سازی مصرف انرژی

## پیشگفتار

در طی دهه آینده، هزینه انرژی الکتریکی چه برای گرمایش و سرمایش، چه برای روشنایی و چه بعنوان نیروی محرکه در فرآیند تولید صنعتی، ادارات، مدارس، منازل، ... رشد چشمگیری پیدا خواهد کرد که البته دلایل این رشد، خارج از بحث این نوشتار است.

در عرصه رقابت جهانی در راستای مصرف کمتر (مصرف بهینه) و تولید هرچه بیشتر، کشورها، جوامع و صنایعی موفقتر خواهند بود که در این رقابت که شاید از دیدگاهی بتوان آن را مبارزه برای تنوع بقا و ادامه فعالیت نامید، با تحقیقات و مطالعات موفق به یافتن و پس از آن بکار بردن راههای جلوگیری از اتلاف انرژی شوند.

انرژی بطور عام و انرژی الکتریکی بطور خاص که امروز در اختیار و خدمت هم میهنان عزیز، قرار می گیرد، با هزینه‌ای به مراتب گزافتر تهیه می شود ولیکن دولت جمهوری اسلامی ایران با تأمین بخشی از هزینه‌های تولید آن از محل درآمدهای عمومی خود و یا به قیمت عدم انجام بسیاری از پروژه‌های زیربنایی ملی، آنرا بدینگونه در اختیار وا می گذارد.

اتلاف این انرژی الکتریکی و اصولاً هر نوع انرژی تولید شده از منابع فسیلی، علاوه بر خسارات مالی جبران ناپذیری که دارد، زیانهای غیرقابل انکاری نیز بر محیط زیست ملی ما و جهان وارد خواهد آورد. اکنون سالیان متمادی از زمانی می گذرد که کشورهای پیشرفته که حتی برخی از آنها از حداکثر امکانات طبیعی و صنعتی برای تولید انرژی برخوردارند، در کنار تلاش در جهت استفاده از انرژی‌های نو (خورشید، باد، امواج، ...)، استفاده صحیح از انرژی را در رأس اهم اهداف خود قرار داده و صاحبان صنایع، صنعتگران، مدیران سازمانها، ..... و حتی سازندگان ساختمانهای مسکونی و بالاخره استفاده کنندگان این بناها را مخاطب قرار داده و با وضع دستورالعملها و در مواردی ضوابط و قوانین بازدارنده، آنها را تشویق، راهنمایی و حتی راهبری در جهت جلوگیری از اتلاف انرژی می نمایند.

انجام پاره‌ای از این اقدامات، اگر در زمان مناسب نسبت به اعمال آنها اقدام گردد، حتی هیچگونه هزینه اضافی را نیز تحمیل نخواهد نمود و جهت همه گیر شدن جنبش جلوگیری از اتلاف انرژی، دائماً جلسات توجیهی و سمینارهایی برای تصمیم گیرندگان برگزار می گردد تا از پی آمدها و بهتر بگوئیم عواقب مختلف آن آگاه گردند. در کنار اقدامات فوق، تلاش متخصصین و دانشمندان در جهت اختراع، ابداع و تولید وسایل و تجهیزات کارآمد نیز جبهه دیگری است که برای مبارزه با اتلاف انرژی گشوده شده است که از جمله آنها می توان به تولید صنعتی تجهیزات و لامپهای پراوری، کم مصرف و بادوام اشاره کرد.

با توجه به روند افزایش جمعیت و تبعات آن و هرچه بیشتر مستهلک شدن منابع تولید انرژی، چندان دور نخواهد بود که نه تنها افراد، بلکه جوامع نیز در موقعیتی قرار نداشته باشند که بتوانند به میزان مورد علاقه خود انرژی مصرف نمایند بلکه با هرچه فشرده تر شدن جوامع، حتماً اهرمهای ملی و جهانی و خود

محدودکننده‌ای وارد عمل خواهند گردید که ابتکار عمل در زمینه تولید و مصرف انرژی را بعهدہ خواهند گرفت.

علیرغم اینکه کاربرد بعضی از اقدامات صرفه‌جویانه (یا بهتر است گفته شود استفاده صحیح و جلوگیری کننده از اتلاف بیهوده)، نیاز به مقداری سرمایه‌گذاری اولیه دارند که البته میزان آن بستگی به دامنه و وسعت اقدامات بعمل آمده دارد، ولی نکته‌ای که مبرهن و غیرقابل انکار می‌باشد آن است که این سرمایه‌گذاری اولیه در مدت کوتاهی خودبخود مستهلک می‌گردد.

علاوه بر نشست‌ها و سمینارهایی که به آنها اشاره گردید تشکیلات گوناگونی که در کشورهای مختلف جهان جهت سامان دادن به مشکل انرژی و آگاه کردن قشرهای مختلف جامعه ایجاد شده‌اند، اقدام به نشر جزوات، بروشورها و اطلاعیه‌هایی نموده و آنها را در دسترس کلیه افرادی که به نوعی با مصرف و صرفه‌جویی انرژی ارتباط دارند قرار می‌دهند.

در همین راستا، معاونت انرژی وزارت نیرو نیز اقدام به ترجمه و چاپ جزوه‌ای که ملاحظه می‌فرمائید نموده است که در کشور انگلستان و بتوسط "مرکز تحقیقات ساختمان" (Building Research Establishment) "واحد صرفه‌جویی انرژی مرکز تحقیقات ساختمان" (Building Research Energy Conservation Support Unit) "واحد پشتیبانی تکنولوژی انرژی" (Energy Technology Support Unit) "اداره کارائی انرژی" (Energy Efficiency Office) تهیه گردیده‌اند که این معاونت به لحاظ ضرورت تسریع در نشر و ارائه راهنماها و دستورالعملهای فنی، هیچگونه تغییری در ارقام، آمار، نمودارها، جداول و اشکال آن نداده است ولیکن امیدوار است که انشاء... چاپ‌های بعدی این جزوه و همچنین جزوات دیگری که در دست ترجمه و چاپ قرار دارند، براساس آمار و اطلاعات کشور ایران تهیه شده و در اختیار شما قرار داده شوند.

## فهرست مطالب

۶	۱- مقدمه
۶	۲- وظایف سیستم‌های کنترل
۷	۳- پتانسیل‌های صرفه‌جویی در انرژی
۸	۴- راهنمایی عمومی
۸	۱- ۴- تجمع و کنترل دما
۹	۲- ۴- محل سنسور
۹	۵- کنترل حرارت مرکزی
۹	۱- ۵- کنترل زمانی
۹	۱- ۱- ۵- کلیدهای زمانی
۱۰	۲- ۱- ۵- بهینه‌سازها
۱۱	۳- ۱- ۵- تجمع متغیر
۱۱	۲- ۵- کنترل دما
۱۱	۱- ۲- ۵- جبران‌کننده‌ها
۱۲	۲- ۲- ۵- دمای اتاق
۱۳	۳- ۲- ۵- شیرهای ترموستاتی رادیاتور (TRVs)
۱۳	۳- ۵- کنترل دیگ بخار
۱۳	۱- ۳- ۵- کنترل احتراق
۱۴	۲- ۳- ۵- کنترل ترتیبی
۱۴	۳- ۳- ۵- کنترل بارگذاری
۱۵	۶- کنترل گرمایش با هوای گرم
۱۵	۷- کنترل گرمایش الکتریکی
۱۶	۱- ۷- گرم‌کننده‌های قابل حمل
۱۶	۲- ۷- گرم‌کننده‌های ذخیره‌ای
۱۷	۳- ۷- گرمایش زیرسطحی
۱۷	۸- کنترل سیستم‌های آب گرم
۱۷	۱- ۸- اجتناب از ذات‌الریه (سینه پهلو)
۱۸	۲- ۸- کمینه کردن تلفات ثابت

- ۳ - ۸ - کنترل زمانی ..... ۱۸
- ۴ - ۸ - کنترل دما ..... ۱۸
- ۵ - ۸ - گرم‌کننده‌های آب با شعله مستقیم ..... ۱۹
- ۶ - ۸ - گرم‌کننده‌های الکتریکی آب ..... ۱۹
- ۹ - کنترل سیستم‌های تهویه مطبوع ..... ۱۹
- ۱۰ - سیستم‌های مدیریت انرژی ساختمان (BEMS) ..... ۲۱
- ۱۱ - ساختمان‌های هوشمند ..... ۲۲
- ۱۲ - انتخاب سیستم‌های کنترل ..... ۲۲
- ۱ - ۱۲ - ترکیب کنترل‌ها ..... ۲۴
- ۱۳ - طرایی، تعیین مشخصه، نصب و راه‌اندازی ..... ۲۵
- ۱۴ - نگهداری سیستم‌های کنترل ..... ۲۶
- ۱۵ - خلاصه ..... ۲۷
- ضمیمه ۱: مقررات ساختمان ..... ۲۷

## ۱- مقدمه

هزینه بهره‌برداری و نگهداری یک سیستم حرارتی و تهویه، معرف بخش قابل توجهی از کل هزینه جاری یک ساختمان است.

کنترل خوب این سیستمها، در حالیکه شرایط راحتی را برای ساکنان در ساختمان فراهم می‌کند، هزینه‌های مربوط به انرژی و نگهداری را حداقل خواهد کرد. تعیین ملاحظات کنترلی مناسب برای تجهیزات کنترل ساختمان، جهت اطمینان از اینکه صرف هزینه مربوطه متناسب با فواید بالقوه سیستم می‌باشد، ضروری است. بعلاوه برطبق قوانین ساختمانی، حداقل سطحی از سیستم کنترل در ساختمانهایی که متناوباً پر می‌شوند، الزامی است.

این کتابچه قصد دارد درباره انواع مختلف سیستمهای کنترل گرم‌کننده‌ها و تهویه مطبوع، از تنظیم‌کننده ساده دما (ترموستات) تا پیچیده‌ترین کنترل‌کننده‌های دیجیتالی مختصراً راهنمایی نماید. این کتابچه نحوه انتخاب مناسبترین سیستم کنترل برای یک کاربرد نمونه با احتساب اندازه ساختمان، میزان ساکنان آن و نوع سیستم گرم‌کننده را ارائه می‌دهد. اهمیت نصب و نگهداری صحیح نیز باید تأکید شود. این نکات در بخشهای ۳۱ و ۳۱ کتابچه آورده خواهد شد.

## ۲- وظایف سیستم‌های کنترل

کنترل‌کننده‌ها دو عمل اصلی را انجام می‌دهند:

- قطع و وصل تجهیزات بین دو حالت (معمولاً روشن و خاموش).
- تغییر خروجی قسمتی از تجهیزات جهت نگهداشتن مقدار یک متغیر (معمولاً، اما نه ضرورتاً در مقدار ثابت).

ساده‌ترین وسیله دستیابی به صرفه‌جویی انرژی، خاموش کردن دستگاه هنگامی است که آن دستگاه مورد نیاز نیست. این امر می‌تواند با استفاده از کنترل‌های مقدماتی همانند کلیدهای خاموش - روشن که متکی به کاربرد صحیح ساکنان ساختمان از آنها می‌باشد، انجام گیرد. عرضه سنسورهای جدید، تأسیسات با قابلیت کنترل پذیری بیشتر و وسایل ارتباطی متکی بر ریزپردازنده، امکان دستیابی به صرفه‌جویی انرژی را مقدور ساخته است. بنابر یک اصل خوب، باید از پیچیدگی غیرضروری یک سیستم اجتناب نمود. در یک کاربرد خاص، ممکن است یک ترموستات ساده، مؤثرترین شکل کنترل باشد. این اصل برای هر اندازه‌ای از ساختمان و هر نوع سیستم حرارتی و تهویه صادق است.

### ۳ - پتانسیل های صرفه جویی در انرژی

حداقل سطح کنترل گرمایش و تهویه مطبوع در ساختمانهای جدید توسط قوانین ساختمانی الزامی است (به ضمیمه ۱ نگاه کنید). دستیابی به این سطح کنترل در یک ساختمان که در حال حاضر دارای کنترلهای ضعیف است یا اصلاً هیچ کنترلی ندارد، باعث صرفه جویی های قابل ملاحظه ای خواهد شد. اما بیش از ۲۰٪ صرفه جویی انرژی از نظر اقتصادی می تواند از طریق سرمایه گذاری در سیستمهای کنترل پیشرفته تر<sup>۱</sup> عملی باشد. یک قاعده سرانگشتی برای ارزیابی هزینه - سود می تواند با استفاده از جدول ۱ بدست آید. این جدول مفهوم گروه بندی کنترلها را نشان می دهد. گروه صفر «۰» کمترین سطح کنترلی لازم در قوانین ساختمانی برای تأسیسات جدید می باشد. گروههای ۱ و ۲ تأسیسات با هزینه بیشتر اما با بازده بیشتر انرژی هستند.

جدول ۱: قاعده سرانگشتی برای ارزیابی هزینه - سود: گروه بندی کنترلها				
گروه کنترل	هزینه سرمایه گذاری اضافی برحسب گروه صفر	کاربرد در مقایسه با گروه صفر	برگشت هزینه کنترلها برحسب گروه صفر	توضیحات
۲	۱۰۰ الی ۲۰۰ درصد	کمتر از ۲۰ درصد	۲ الی ۴ سال	برای استفاده از حداقل انرژی بسیار توصیه شده است
۱	۵۰ الی ۱۰۰ درصد	کمتر از ۱۰ درصد	۱ الی ۲ سال	برای صرفه جویی مؤثر در هزینه انرژی توصیه شده است
۰	صفر درصد	صفر درصد	غیر قابل دسترسی	حداقل صرفه جویی مؤثر در هزینه انرژی
-۱	غیر قابل دسترسی	بیش از ۵۰ درصد	غیر قابل دسترسی	از سال ۱۹۸۵ قوانین ساختمانی را ارضاء نمی کند

سطوح ۱، صفر و ۱ - برای کنترل سیستمهای گرمایش مرطوب و آب گرم با هر مقدار خروجی حرارتی بکار می روند. سطح ۲ تنها برای کنترل سیستمهایی با خروجی حرارتی بیش از ۱۰۰ کیلووات بکار می رود. بخش ۱۲، جزئیات تجهیزات لازم برای دستیابی به این سطوح کنترل را بطور مفصل شرح می دهد. مطالعات موردی متعددی توسط مؤسسه تحقیقات ساختمانی انجام شده است که ارزش صرفه جویی انرژی از طریق نصب و استفاده از سیستمهای کنترل خوب طراحی شده، در گستره ای از انواع ساختمانها را اثبات کرده است. بطور مثال نصب یک کنترل کننده گرمایش الکترونیکی چند ناحیه ای، ساختمان عمومی River Wyer را در Lancashire قادر کرده است تا بار گرمایشی را برای سطوح مختلف تجمع، پاسنکو باشد و حدود ۶۱۰ پوند در سال صرفه جویی داشته باشد. این سیستم با گروهی از اندازه گیریهای دیگر ترکیب شده است تا مصرف کلی انرژی را به میزان ۳۰٪ کاهش دهد.

<sup>1</sup> Sophisticated Control Systems

## ۴ - راهنمایی عمومی

مهمترین تابع یک سیستم کنترل گرمایش یا تهویه تامین شرایط محیطی مناسب برای ساکنین ساختمان است. جهت داشتن توانایی در انجام این امر، ارزیابی صحیح نیازهای ساکنین مختلف ضروری است.

### ۱ - ۴ - تجمع و کنترل دما

دوره‌های زمانی تجمع در اکثر ساختمانها قابل پیش‌بینی است اما ممکن است برای اتاقهای مختلف داخل ساختمان مثل اتاقهای کنفرانس، اتاقهای سخنرانی و غیره یکسان نباشد. در موقعیتهایی که زمان کاری متغیر می‌باشد میزان تجمع در یک اتاق در طول روز تغییر خواهد کرد. بطور مشابه، نقاط مختلف، نیاز دمایی متفاوتی بسته به فعالیتهای انجام شده در آنجا خواهند داشت. انبارها و راهروها می‌توانند دمایی کمتر از دفاتر داشته باشند. نقاطی که افراد به کار فیزیکی یا ورزش گمارده می‌شوند نیز بایستی خنک‌تر باشند.

مشکل در نقاطی با فعالیتهای مختلف آمیخته در هم روی می‌دهد. اگر دما، به میزان کافی برای کارمندان پشت میز، بالا نگهداری شود تا آنها تنها لباسهای سبک و راحت بپوشند، برای کسانی که کار فیزیکی انجام می‌دهند خیلی گرم بوده و بایستی دما کاهش داده شود. کارکنان نشسته همیشه می‌توانند لباسهای بیشتری بپوشند اما میدان برای کارکنانی که تحرک دارند از جهت درآوردن لباسهایشان محدود می‌باشد. در این موارد بجای تکنولوژی کنترل نیاز به مهارتهای مدبرانه می‌باشد.

وجود نیازهای متنوع ضرورت ناحیه‌بندی مناسب را نشان می‌دهد. هر ناحیه باید قادر باشد که طبق نیازهایش کنترل شود. ناتوانی در انجام ایمن امر باعث هدر رفتن انرژی قابل ملاحظه‌ای می‌شود. در بعضی نقاط ساختمان مانند اتاقهای کامپیوتر، کنترل سخت و جدی محیط مورد نیاز است. برای کار معمولی، تغییرات جزئی در دمای محیط پیرامون، قابل توجه نیست و کنترل در یک محدوده دمایی در حدود  $2^{\circ}\text{C}$  کافی خواهد بود.

ساکنین ساختمان خصوصی ممکن است از اینکه محیط اطرافشان از دور کنترل شود آزرده خاطر شوند. در شرایط صحیح مناسب، تنظیم‌کننده‌های محلی با نقطه تنظیم مبنا<sup>۱</sup> می‌توانند نه تنها شرایط آسودگی را بهبود دهند بلکه همچنین می‌توانند با اجازه به ساکنان برای انجام بعضی از کنترلها روی شرایط کارشان، احساس خوبی را به آنها بدهند. تنظیم بایستی به  $\pm 2^{\circ}\text{C}$  محدود شده باشد. از آنجائی که در شرایط نامناسب کنترل دما می‌تواند نامطلوب باشد باید دقت لازم صورت گیرد.

<sup>1</sup> Local Set - Point Adjusters



## ۲- ۴- محل سنسور<sup>۱</sup>

محل سنسور دمای فضا، باید با توجه به برخی ملاحظات انتخاب گردد. اگر ساختمان تنها دارای یک مدار جبران‌ساز گرمایش باشد، سنسور باید در یک اتاق رو به شمال و تقریباً در وسط ساختمان قرار گیرد. اگر ساختمان دارای تعدادی مدار حرارتی باشد و نیاز باشد که یک سنسور در اتاق رو به جنوب قرار گیرد، باید در معرض نور مستقیم خورشید نباشد. اتاق انتخاب شده باید نمایانگر فعالیت عمومی ساختمان باشد. نباید یک اتاق که بندرت اشغال می‌شود و یا یک اتاق با بهره‌های حرارتی غیرعادی ناشی از کامپیوتر، دستگاه‌های فتوکپی و غیره مورد استفاده قرار گیرد. سنسور باید جایی قرار داده شود که یک جریان آزاد هوا پیرامون آن وجود داشته باشد و یقیناً نباید بالای یک رادیاتور باشد.

یک مشکل می‌تواند همراه با طراحی ساختمانهای جدید، بخصوص اگر ساکنین ساختمان در آن زمان معلوم نباشند بوجود آید. سنسورهای دمای اتاق در جاهایی قرار داده می‌شوند که بعنوان جاهای مناسب شناخته می‌شوند اما ممکن است که برای تامین نیاز ساکنین، نامناسب باشد. در واقع ساکنین جدید شاید حتی وجود آنها را نیز نادیده بگیرند. بعلاوه مشخص نیست که قفسه‌های کتاب در پیرامون سنسورهای اتاق نصب شوند و یا قفسه ظروف در جلوی آنها قرار داده شوند.

## ۵- کنترل حرارت مرکزی

مجموعه کنترل‌های مطروحه در این بخش در خصوص سیستمهای حرارت مرکزی مرطوب اعمال می‌شوند. کنترل‌کننده‌های گرم‌کننده‌های الکتریکی و هوای گرم به ترتیب در بخشهای ۶ و ۷ بیان می‌شوند.

### ۱- ۵- کنترل زمانی

اگر وضعیت تجمع برای یک ساختمان از قبل معلوم باشد در این صورت مدت زمان بهره‌برداری از سیستم حرارتی را می‌توان توسط یک کلید قطع و وصل زمانی یا یک بهینه‌ساز<sup>۲</sup> کنترل نمود.

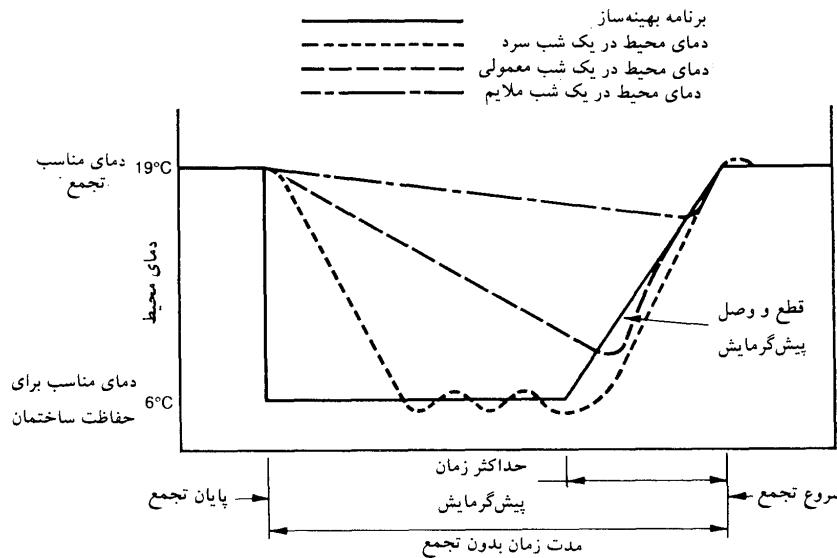
### ۱- ۱- ۵- کلیدهای زمانی

کلیدهای الکترو مکانیکی مرسوم اغلب ویژه سیستمهای کوچک بوده و ارزان، قابل اعتماد و با تنظیم ساده می‌باشند. برای کاربردهای پیچیده‌تر، وسایل الکترونیکی یا میکروپروسسوری با چندین خروجی، انعطاف‌پذیری بیشتر و سهولت برنامه‌ریزی برای یک دوره مثلاً یک ساله وجود دارند. کلیدهای زمانی باید دارای یک قدرت تفکیک ۱۵ دقیقه یا کمتر برای بهره‌برداری مؤثر و قابلیت اولویت دادن جهت حفاظت دمای پائین باشند. (بخش ۴- ۵ را ملاحظه کنید).

<sup>۱</sup> Sensor

<sup>۲</sup> Optimiser

یک بهینه‌ساز، اساساً وسیله‌ای شامل یک سوئیچ زمانی است که سیستم حرارتی را در زمانی روشن می‌کند که در زمان تجمع و یا قبل از آن (که از قبل تعیین شده است) دمای اتاق به مقدار مورد نیاز برسد. اکثر بهینه‌سازها زمان راه‌اندازی را از ترکیب خروجیهای سنسور دمای فضای داخل و دمای محیط محاسبه می‌کنند. بهینه‌سازهای کم قیمت ممکن است تنها از دمای فضای داخل استفاده کنند. اما آنها دارای این اشکال هستند که برای ساختمانهایی که در ۵ روز یک هفته عادی استفاده می‌شوند، تمایل دارند که سیستم حرارتی را در صبح روز دوشنبه (روز اول هفته)<sup>۱</sup> خیلی دیر روشن کنند زیرا آنها قادر نیستند که برای تلفات حرارتی اضافی آخر هفته آمادگی مطلوب را داشته باشند. این مورد می‌تواند با تنظیم زمان شروع به کار زودتر برای دوشنبه‌ها به میزان زیادی کاسته شود. در این کشور، اکثر مدل‌های بهینه‌سازها، تنها برای گرمایش، شروع بهینه را فراهم می‌آورند اما شروع بهینه سرمایش و نیز توقف بهینه آن را نیز می‌توان فراهم نمود. بهره‌برداری از یک بهینه‌ساز در شکل ۱ نشان داده شده است.



شکل ۱ - تابع بهینه‌ساز

قوانین ساختمانی تصریح می‌کند که یک بهینه‌ساز یا یک برنامه شروع بهینه برای ساختمانهایی با یک بار حرارتی بیش از ۱۰۰ کیلووات، موود نیاز است.

برای تأسیسات و جایگزین‌های جدید، هزینه اضافی کم یک بهینه‌ساز ساده، عموماً بسرعت از طریق هزینه‌های کاهش داده شده انرژی روی سیستمهایی با بار گرمایشی تا حدود ۳۰ کیلووات جبران می‌شود حتی هنگامیکه سوختهای حرارتی ارزانتری بکار برده شوند. با سوختهای حرارتی گرانتر، بهینه‌سازها شاید دربارهای حرارتی کمتری قابل اعمال باشند.

<sup>۱</sup> در کشورهای غربی، دوشنبه روز اول هفته است.

### ۳- ۱- ۵- تجمع متغیر

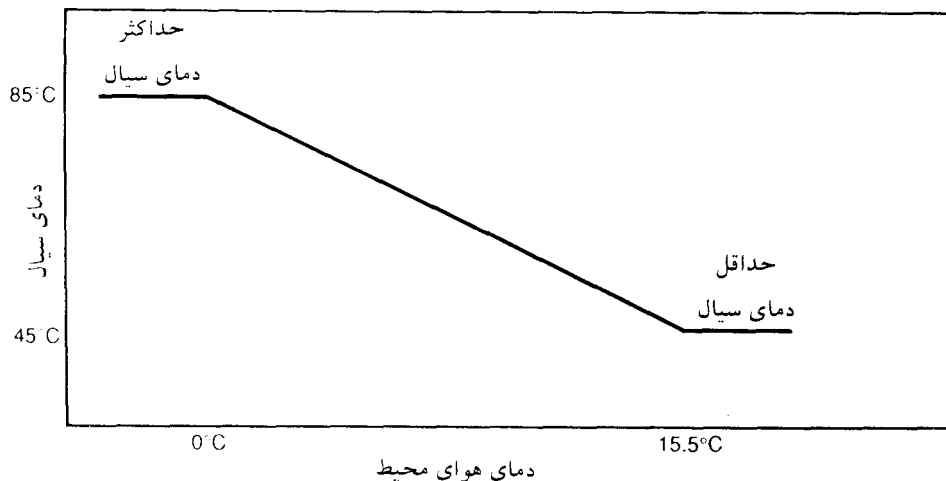
برای اتاقهایی که فقط گاهی اوقات و یا برای مدت‌های زمانی کوتاهی استفاده می‌شوند نیاز به کنترل‌های جداگانه می‌باشد. یک سوئیچ روشن - خاموش در صورتی کافی خواهد بود که بتوان به استفاده‌کنندگان اعتماد کرد که هنگامیکه اتاق را ترک می‌کنند دستگاه را خاموش می‌کنند. اما اغلب این حالت وجود ندارد. یک مورد انتخاب ساده نیمه دستی عبارتست از اینکه یک دکمه فشاری جهت روشن کردن، به همراه یک تایمر برای خاموش کردن دوباره دستگاه پس از مدت زمان خاص، استفاده گردد.

### ۲- ۵- کنترل دما

علاوه بر کنترل زمان بهره‌برداری از سیستم حرارتی، توانایی حفظ دمای محیط در مقدار کنترل شده نیز ضروری است.

### ۱- ۲- ۵- جبران‌کننده‌ها

برای ساختمانهای غیر مسکونی، قوانین ساختمانی ملزم می‌دارد که دمای سیستم گرمایشی برحسب دمای خارج ساختمان تنظیم شود. این امر با استفاده از یک جبران‌کننده که دمای سیال مدار گرمایشی را مطابق با افزایش یا کاهش دمای خارجی تنظیم می‌کند، قابل دستیابی است. رایج‌ترین رابطه، یک خط مستقیم شیبدار است که در شکل ۲ نشان داده شده است. حداکثر دمای سیال توسط مشخصه دیگ بخار و حداقل دمای سیال توسط دمای محیط مربوط به سیستم آب، محدود می‌شود.



شکل ۲ - منحنی شیب جبران‌کننده

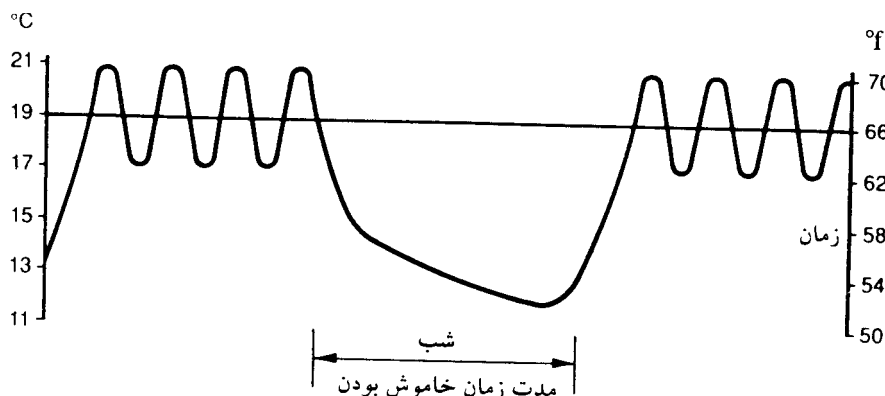
محل شیب می‌تواند با احتساب دمای داخلی، بهره‌تشنوعی خورشید یا خنکی باد بوسیله سنسورهای که در محل مناسبی قرار داده شده‌اند، مشخص گردد.

بعضی جبران‌کننده‌ها از یک رابطه غیرخطی استفاده می‌کنند که دمای داخلی را بشکل صحیحتری به دمای خارجی مرتبط می‌کند. این رابطه مخصوصاً در ساختمانهایی با سطوح شیشه‌ای یک جداره بزرگ جهت کاهش عدم آسایش ناشی از جریانهای هوای سطح پائین وقتی که دمای خارجی به زیر  $10^{\circ}\text{C}$  افت می‌کند، مفید است. جبران‌کننده‌های تطبیقی<sup>۱</sup> تأثیر مشخصات ساختمان بر دمای داخلی را حس کرده و دمای سیال را بر اساس رابطه دمای سیال / دمای خارجی، مربوط به روزهای قبل، تنظیم می‌کنند.

مدارهای جبران‌کننده‌ها معمولاً از طریق لوله‌کشی و ترکیب شیرها در مدار گرمایشی ایجاد می‌شوند اما جبران‌سازی مستقیم دیگ بخار نیز امکان‌پذیر است. در عمل در یک واحد اکثر جبران‌کننده‌ها با یک بهینه‌ساز ترکیب می‌شوند که تسهیلاتی همچون تنظیم مجدد دمای فضا در شب، حفاظت از یخ‌زدگی، دتکتورهای تأثیر خورشید و باد و غیره را فراهم می‌سازند.

## ۲-۲-۵- دمای اتاق

ترموستاتهای ثابت نگهدارنده دمای اتاق عموماً برای کنترل سیستمهای گرمایشی خانگی استفاده می‌شوند. آنها همچنین در کاربردهای غیرخانگی ممکن است بکار روند گرچه برای ساختمانهای بزرگ، ناحیه‌بندی و محل صحیح ترموستاتها مهم است. ترموستاتها، بهره‌برداری و روشن و خاموش شدن دیگ بخار و یا پمپ را در هنگامیکه دمای قضا به مقادیر حدی خود برسد، کنترل می‌کنند. الگوی قطع و وصل در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳- سیال ساده کنترل و روشن و خاموش ترموستاتی با سوئیچ زمانی

در سیستمهای کوچک معمولاً از ترموستات فقط برای قطع و وصل پمپ حرارت مرکزی استفاده می‌شود و عمل خاموش کردن دیگ بخار بوسیله کلیدهای محدودکننده انجام می‌گیرد. به‌رحال، همانند پمپها با قطع و وصل دیگ بخار می‌توان به صرفه‌جویی قابل ملاحظه انرژی دست یافت.

<sup>1</sup> Self-adapted Compensators

### ۳-۲-۵ - شیرهای ترموستاتی رادیاتور (TRVs)<sup>۱</sup>

شیرهای ترموستاتی دمای فضا را حس کرده و براساس آن جریان گرمایشی انتشار یافته از گرم‌کننده مربوط به خود را کنترل می‌نمایند. این وسایل معمولاً برای رادیاتورها بکار برده می‌شوند اما بر روی گرم‌کننده‌های همرفتی<sup>۲</sup> نیز نصب می‌شوند. شیرهای ترموستاتی با سنسورهای دما که داخل آنها تعبیه شده و یا با سنسورهای دما در محلی دور از آنها، وجود دارند و دارای اتصالات مناسب برای کاربردهای غیرخانگی می‌باشند. در حالیکه ترموستاتهای مجهز به سنسور داخلی با سهولت بیشتری به کارگرفته می‌شوند، لیکن ضروری است در محلی مناسب قرارگیرند به طوری که جابجایی هوا (کنوکسیون) از رادیاتور و یا لوله‌ها بر سنسور تأثیرنگذارد. سنسور باید بطور افقی در بالای رادیاتور دور از جریانهای هوای سرد یا نور مستقیم خورشید نصب گردد. همچنین وجود یک جریان آزاد هوا در پیرامون سنسور و دسترسی آسان به آن مهم است. شیرهای ترموستاتی، امکان کنترل بسیار مؤثری بر بازده انرژی را فراهم می‌نمایند. در یک اتاق بزرگ با چندین رادیاتور و با فعالیتهای متنوع و با بهره‌های حرارتی مختلف، کنترل تک‌تک رادیاتورها می‌تواند سطح صحیحی از گرمایش موضعی را فراهم کند.

### ۳-۵ - کنترل دیگ بخار

کاربرد نامناسب یا غلط کنترل‌کننده دیگ بخار بسادگی می‌تواند افزایشی معادل ۱۵ الی ۳۰ درصد سوخت مصرفی را در مقایسه با یک سیستم خوب کنترل شده موجب گردد. بویژه نحوه کنترل تأسیسات متشکل از چندین دیگ بخار عموماً بطور کامل شناخته شده نیست و در نتیجه آن بسیاری از سیستم‌های موجود، آرایشی نامناسب و در بعضی حالات غیرقابل کنترل دارند. هدف اصلی از کنترل دیگ بخار کاهش تلفات قابل اجتناب به سطح حداقل در عین تأمین نیاز خروجی می‌باشد.

### ۱-۳-۵ - کنترل احتراق

هدف از کنترل احتراق دیگ بخار عبارت از کنترل مشعل برای نگهداشتن دمای جریان خروجی دیگ بخار در مقدار مطلوب است. مشعلها می‌توانند از نوع روشن / خاموش، زیاد / کم و یا تنظیم شونده باشند. مشعلهای روشن / خاموش و زیاد / کم / خاموش توسط ترموستاتها کنترل می‌شوند و مقداری تغییرات در دمای جریان بخاطر قطع و وصل جزئی در ترموستات که جهت کنترل پایدار شعله، ضروری است، ایجاد می‌شود. مشعلهای تنظیم شونده از طریق سنسورهای دما و کنترل‌کننده، کنترل می‌شوند و دمای نسبتاً ثابت جریان خروجی از دیگ بخار را فراهم می‌کنند.

<sup>1</sup> Thermostatic Radiator Valves (TRVS)

<sup>2</sup> Convectors

کنترل‌کننده‌های شعله معمولاً با دیگ‌های بخار به صورت یکپارچه ساخته می‌شوند و در تأسیساتی که از چندین دیگ بخار استفاده می‌گردد باید در حالت بهره‌برداری نگاه داشته شوند. در مواقعی که دیگ‌های بخار بطور مستقیم جبران‌سازی می‌شوند، یا از چندین دیگ بخار تنظیم شونده استفاده می‌شود، کنترل‌کننده شعله دیگ بخار ممکن است از حالت کار عادی خارج شده و موجب خاموش نمودن شعله و یا کاهش خروجی گردد.

### ۲- ۳- ۵ - کنترل ترتیبی

کنترل ترتیبی دیگ بخار، تنها به آن تعداد از دیگ‌های بخار اجازه کار می‌دهد که واقعاً برای برآوردن تقاضای سیستم مورد نیاز هستند و بنابراین بهره‌برداری پایدار از دیگ‌های بخار را در یک حالت پر بازده از نظر انرژی فراهم می‌کند.

ترتیب بهره‌برداری از دیگ‌های بخار، معمولاً بصورت دستی انتخاب می‌شود اما می‌تواند بطور خودکار براساس زمان یا کاربرد جهت تقسیم وظایف بین دیگ‌های بخار گردش کند.

### ۳- ۳- ۵ - کنترل بارگذاری

کنترل‌کننده بارگذاری دیگ بخار بر تعداد دیگ‌های در حال بهره‌برداری نظارت می‌کند، بصورتی که فقط دیگ‌های بخاری در مدار باشند که بتوانند بار مورد نیاز را تأمین نمایند. مابقی دیگ‌های بخار باید خاموش بوده بگونه‌ای که تلفات ثابت و مصرف انرژی حداقل باشد.

جهت مؤثر بودن کنترل بارگذاری دیگ بخار به طراحی بسیار دقیق هیدرولیکی و متعادل کردن سیستم نیاز است.

### ۴- ۵ - یخزدگی و حفاظت ساختمان

حفاظت در برابر میعان و یخزدگی وظیفه مهم سیستم‌های کنترل حرارت می‌باشد. این امر معمولاً بصورت قسمتی از وظایف یک بهینه‌ساز در نظر گرفته می‌شود اما در مواقعی که از بهینه‌ساز استفاده نمی‌شود و یا وظایف فوق را دربر نمی‌گیرد کنترل‌های اضافه‌ای ممکن است نیاز باشد. در این صورت تجهیزات حفاظتی جداگانه‌ای برای مناطقی که گرم نمی‌شوند و شامل قسمت‌هایی هستند که می‌توانند توسط دمای پائین خسارت ببینند، مورد نیاز است.

سنسورهای حفاظت ساختمان باید در بخشهایی از ساختمان قرار داده شوند که سریعتر از دیگر مکانها خنک می‌شود و یا بیشتر در معرض خسارت است. این قسمت معمولاً گوشه‌ای از بالاترین طبقه رو به شمال است. در مواردی که بیش از یک سنسور دمای داخلی نصب می‌گردد، و یک کنترل‌کننده قابل برنامه‌ریزی یا کنترل‌کننده مناسب دیگری استفاده می‌شود. ممکن است از کمترین مقدار قرائت شده توسط سنسورها استفاده شود. سیستم حفاظتی باید ساختمان را در حداقل دمای مورد نیاز، معمولاً بین ۴ الی ۱۰ درجه سانتیگراد، نگهدارد. تنظیم برای دمای کمتر، انرژی کمتری را مصرف می‌کند.

حفاظت در برابر یخزدگی لوله‌ها معمولاً در دو مرحله انجام می‌شود. مرحله اول کار انداختن پمپهای سیستم در هنگامی است که دمای محیط خارجی به ۲ تا ۳ درجه سانتیگراد افت می‌کند و مرحله دوم روشن کردن دیگ‌های بخار در مواقعی است که دمای آب برگشتی به سیستم به کمتر از  $5^{\circ}\text{C}$  افت می‌کند. عایق‌بندی و حرارت باقی مانده داخلی اطمینان می‌دهد که دمای آب معمولاً بالای دمای محیط است. دیگ‌های بخار بایستی قادر باشند تا هنگامیکه دمای آب برگشتی به ۵۰ تا ۶۰ درجه سانتیگراد نرسیده باشد از چرخش آب و میعان گاز خروجی جلوگیری نمایند. این امر در اکثر سیستمها بدون هیچ کنترل اضافه‌ای قابل‌دستیابی است.

حفاظت جداگانه در برابر یخزدگی لوله‌ها در جائیکه لوله‌کشی روباز است و یا حتماً دستخوش دماهای پایین می‌شود لازم است. خصوصاً این امر در ساختمانهایی که خوب عایق‌بندی شده‌اند ولی احتمال یخزدگی موتورخانه قبل از اینکه گرمایش ساختمان مورد نیاز باشد، قابل توجه می‌باشد.

## ۶ - کنترل گرمایش با هوای گرم

سیستمهای هوای گرم پاسخ سریعتری را نسبت به سیستم‌های حرارتی مرطوب فراهم می‌سازند بنابراین یک کنترل خوب جهت تامین شرایط مناسب و بهره‌برداری پر بازده از نظر انرژی، ضروری است.

نوع کنترل وابسته به حالت بهره‌برداری است. جهت کمینه کردن تعداد دفعات تغییر هوا در ساعت، از گرم‌کننده‌های هوای تازه استفاده می‌شود. در نتیجه، فن‌های هوا بایستی بطور مداوم کار کرده و دما توسط تغییر خروجی مشعل کنترل شود.

برای سیستم‌هایی که هوا در آنها گردش می‌کند، مشعل و فن هر دو کنترل می‌شوند. این امر ممکن است از طریق یک ترموستات به صورت کنترل روشن / خاموش مشعل و یا ترجیحاً توسط کنترل تنظیم شونده مشعل با توجه به دمای محیط داخلی انجام گیرد. بهره‌برداری از مشعل باید با عملکرد فن، هماهنگ شده باشد تا اطمینان حاصل شود که هوا قبل از ایجاد شعله جریان پیدا می‌کند.

## ۷ - کنترل گرمایش الکتریکی

سیستمهای گرمایشی الکتریکی عموماً آمیخته‌ای از گرم‌کننده‌های ذخیره‌ای و گرم‌کننده‌هایی با عملکرد مستقیم می‌باشند. گرم‌کننده‌های ذخیره‌ای اکثر گرمایش مورد نیاز را در اوقات اوج مصرف فراهم می‌کنند. گرم‌کننده‌های مستقیم گرمایش مورد نیاز را در اوقات اوج مصرف فراهم می‌کنند. گرمادهی مستقیم به تنهایی معمولاً فقط در ساختمانها یا قسمتهایی از آنها که متناوباً پر و تخلیه می‌شوند، استفاده می‌شود.

گرمایش الکتریکی مستقیم، در نرخ‌های اوج می‌تواند به میزان دو برابر حالت گرمایش غیراوج، هزینه صرف کند و در نتیجه انتخاب نامناسب یا عملکرد نامناسب سیستم کنترل، هزینه سنگینی را تحمیل خواهد کرد.

اکثر منتشرکننده‌های الکتریکی حرارت دارای کنترل ترموستاتیکی تعبیه شده داخلی هستند که کنترل محلی در هر منتشرکننده را فراهم می‌کنند. بهرحال، چون ترموستات‌ها در داخل تعبیه شده‌اند، معمولاً برای حس دمای محیط مناسب نیستند. در حالت کلی، جهت کاربرد مناسب می‌توان بسادگی تنظیماتی روی آنها اعمال کرد.

با وجود هزینه بالای گرمایش الکتریکی در روز، صرفه‌جویی‌های قابل توجهی می‌تواند با محدود کردن دسترسی به کنترل‌های گرم‌کننده صورت گیرد. این امر می‌تواند با از قبل تنظیم کردن کنترل‌ها و حذف یا قرار دادن پوششهایی روی کلیدها انجام گیرد. سپس می‌توان تایمرهای قابل برگشت<sup>۱</sup> همراه با تنظیم حدود را برای افزایش حرارت توسط استفاده‌کننده فراهم نمود.

کنترل تعدادی گرم‌کننده‌های الکتریکی با کلید زمانی متمرکز مشکل است مگر اینکه سیم‌کشی خاصی استفاده شود. انتخاب دیگر، استفاده از کلیدهای زمانی محلی متصل به منبع برق است اما ممکن است منجر به عدم استفاده صحیح شود. به منظور تبعیت از قوانین ساختمانی جاری (۱۹۹۰ میلادی)، تأسیسات مربوط به گرم‌کننده‌های بالای ۱۰۰ کیلووات باید توسط یک برنامه بهینه راه‌اندازی کنترل شوند و لذا بایستی از یک سیم‌کشی جداگانه کنترل‌پذیر استفاده شود.

## ۱ - ۷ - گرم‌کننده‌های قابل حمل

گرم‌کننده‌های قابل حمل معمولاً به ترموستات‌های تعبیه شده داخلی مجهز می‌باشند. در غیر این صورت استفاده از یک ترموستات متصل به پریز اصلی برق امکان‌پذیر است. تایمرهای قابل برگشت می‌توانند برای محدود کردن ساعات استفاده از گرم‌کننده‌ها بکار روند.

گرم‌کننده‌های الکتریکی قابل حمل معمولاً نباید برای تکمیل کردن یک سیستم حرارتی مرطوب بکار روند زیرا آنها می‌توانند باعث ایجاد مشکلات کنترلی شوند. حرارت اضافی اغلب می‌تواند باعث خاموش شدن سیستم حرارتی مرطوب یا بازنشانی<sup>۲</sup> آن برای دمای پاتین تری گردد، و در نتیجه موجب استفاده بیشتری از گرم‌کننده‌های الکتریکی شود.

## ۲ - ۷ - گرم‌کننده‌های ذخیره‌ای

سیستمهای گرم‌کننده ذخیره‌ای عموماً برای تأمین ۹۰٪ از نیاز گرمایشی با استفاده از برق غیراوج طراحی می‌شوند. بقیه نیاز گرمایشی معمولاً توسط گرم‌کننده‌های مستقیم تأمین می‌گردد.

گرم‌کننده‌های ذخیره‌ای باید در مواقعی که برق غیر اوج و کم قیمت در دسترس است، استفاده شوند. این وسایل جهت کاربرد برای ساختمانهایی که مصرف الکتریسیته روزانه آنها زیاد است مناسب نمی‌باشد، زیرا هزینه اضافی مصرف روزانه ممکن است مهمتر از صرفه‌جوییهای غیراوج باشد.

<sup>۱</sup> Run – Back Timers

<sup>۲</sup> Reset



گرم‌کننده‌های ذخیره‌ای همرفتی طبیعی (بدون فن کمکی) با تنظیم دمپرها کنترل می‌شوند که این کار سبب می‌شود از تامین حرارت زیاد در صبح و کاهش آنها در حین روز، اجتناب شود. گاهی اوقات لازم است دمپرها چندین بار در طول سیال تنظیم شوند. بعضی گرم‌کننده‌های ذخیره‌ای دارای یک کنترل افزایشی هستند که اجازه می‌دهد حرارت اضافی در دوره‌های زمانی کوتاه تأمین شود.

گرم‌کننده‌های ذخیره‌ای با فن کمکی نسبت به واحدهای همرفتی طبیعی بیشتر قابل کنترل هستند، زیرا حرارت خروجی می‌تواند توسط ترموستات اتاق، کنترل شود. بعنوان یک نتیجه، حرارت استفاده نشده، تا شب بعد ذخیره خواهد شد و لذا هزینه لازم کاهش می‌یابد.

بهینه‌سازهایی در دسترس هستند که هزینه مورد نیاز را بر پایه دماهای روز قبل و سراسر شب پیش‌بینی می‌کنند. این بهینه‌سازها باید برای سیستمهای گرمایشی ذخیره‌ای بیش از ۱۰۰ کیلووات استفاده شوند و برای سیستمهای کوچکتر نیز توصیه می‌شوند.

### ۳-۷ - گرمایش زیرسطحی<sup>۱</sup>

باید کنترل‌کننده‌های خاص برای تامین کنترل جبرانی دمای گرم‌کننده‌های الکتریکی زیرسطحی استفاده شوند. جهت جلوگیری از گرمایش بیش از حد کف اتاق که موجب عدم آسایش و احتمالاً خسارت به بنا می‌شود باید حد بالای دما را در نظر گرفت.

### ۸ - کنترل سیستمهای آب گرم

بسیاری از سیستمهای آب گرم منبع تلفات عمده انرژی هستند. مخصوصاً این موضوع در مواقعی که گرمایش فضا و آب گرم از یک منبع تامین می‌شوند صحت دارد که در این حالت ۹۰٪ مصرف انرژی می‌تواند از طریق کنترل بهبود یافته در طول تابستان، صرفه‌جویی شود. همچنین برای اجتناب از به خطر انداختن سلامتی، مخصوصاً ذات‌الریه و سوختگی ناشی از آب داغ، کنترل مهم می‌باشد. آیین‌نامه‌ها و ملاحظات سازمان آب باید برای کلیه سیستمهای آب گرم مورد توجه قرار داده می‌شود.

#### ۱-۸ - اجتناب از ذات‌الریه (سینه پهلو)

ذات‌الریه می‌تواند دارای نسبت مرگ و میر ۱۰٪ در گروههای آسیب‌پذیر مردم باشد. این بیماری توسط باکتریهای ذات‌الریه که بداخل ریه‌ها تنفس می‌شوند، ایجاد می‌شود.

ساختار کنترلی لازم برای دوری از عفونت ذات‌الریه عبارت است از:

- نگهداری دمای جریان خروجی در  $60^{\circ}\text{C} \pm 2/5^{\circ}\text{C}$

- نگهداری دمای آب برگشتی از سیکل گردش در بالای  $50^{\circ}\text{C}$

<sup>1</sup> Underfloor Heating

## ۲ - ۸ - کمینه کردن تلفات ثابت

تا حدود ۹۰٪ از انرژی مصرف شده برای تامین آب گرم بدلیل تلفات حرارتی و تولید غیرموثر، می‌تواند هدر رود. بسیاری از ساختمانها دارای مخازن ذخیره با اندازه‌های بزرگ‌تر از حد لازم هستند. این مخازن از طریق یک سیستم توزیع از دیگ‌های بخاری که در ایام تابستان نسبت به مصرف خیلی بزرگ هستند، حرارت داده می‌شوند. استفاده از یک تعداد دیگ‌های بخار کوچکتر با کنترل بارگذاری، تلفات را کاهش می‌دهد (همانند دیگ‌های بخاری که اندازه آن برای آب‌گرم متغیر در تابستان و زمستان طراحی شده است)، حتی با این حال هنوز انرژی مصرفی مربوط به توزیع بالا است. صرفه‌جویی‌های قابل ملاحظه‌ای می‌تواند از طریق تولید تفکیکی و توزیع شده آب گرم به دست آید.

## ۳ - ۸ - کنترل زمانی

در ساختمانهایی که متناوباً پر می‌شوند، سیستمهای ذخیره آب گرم باید طبق قوانین جاری ساختمان، از نظر زمانی کنترل شوند. برای اجتناب از بوجود آمدن باکتریهای ذات‌الریه، یکی از موارد زیر باید برآورده شود:  
- دمای آب در یک حداقل  $60^{\circ}\text{C}$  نگهداشته شود. این امر می‌تواند در صورت گردش مجدد آب بسیار پر تلفات باشد.

- دمای آب برای مدتی قبل از تجمع در محل، تا  $70^{\circ}\text{C}$  بالا برده شود. این امر نیاز به استفاده از یک ترموستات کنترل دو تنظیمی با سوئیچ زمانی یا یک کنترل‌کننده جامع دارد. اگر سیستم محلی ترکیبی دمای کم وجود نداشته باشد، زمانها باید طوری تنظیم شوند که دمای آب قبل از تجمع تا سطوح مطمئنی کاهش یافته باشد.

## ۴ - ۸ - کنترل دما

کنترل دمای مخزن ذخیره بایستی با استفاده از یک ترموستات شناور نصب شده در ارتفاعی معادل  $\frac{2}{3}$  ارتفاع مخزن و یک ترموستات حد بالا در بالای مخزن یا در مسیر خروجی آن صورت پذیرد.  
برای اطمینان از بالا بودن دمای آب به میزان کافی جهت جلوگیری از عفونت ذات‌الریه و به منظور اجتناب از سکون آب، آن را باید در داخل مخزن گردش داده و به داخل سیستم توزیع پمپ نمود.  
در مواقعی که خطر سوختگی وجود دارد، بایستی آب در دماهای بالاتر ذخیره شده و با آب سرد در نزدیکی محل مصرف با استفاده از شیرهای کنترل ترموستاتیکی مخلوط شود.

## ۵ - ۸ - گرم‌کننده‌های آب با شعله مستقیم

واحدهای شعله مستقیم معمولاً توسط مشعل‌های گازی یا نفتی، آب را قبل از مصرف بسرعت حوادث می‌دهند. دما بایستی توسط ترموستاتهایی در بالای گرم‌کننده و نزدیک به مسیر خروجی کنترل شود. این کنترلها عموماً با گرم‌کننده به صورت یکپارچه دیده می‌شوند. در مواقعی که آب گرم متناوباً استفاده می‌شود، صرفه‌جویی‌های بیشتری ممکن است توسط گرم‌کننده‌های آب با شعله گاز، با استفاده از دمپرهای گاز خروجی ایجاد شود. دمپرهای گاز خروجی به گونه‌ای کنترل می‌شوند که در زمان مورد نیاز روشن شدن آبگرم‌کن، باز شوند. سازندگان ادعا می‌کنند که تا ۵۰٪ صرفه‌جویی، در کاربردهای خاصی مانند مراکز ورزشی قابل دستیابی است.

## ۶ - ۸ - گرم‌کننده‌های الکتریکی آب

دمای گرم‌کننده‌های شناور از طریق ترموستاتهای تعبیه شده داخلی کنترل می‌شود و باید در مواقع مورد نیاز به صورت زمانی نیز کنترل شود. گرم‌کننده‌های شناور با ورودی از بالا توصیه نمی‌شوند زیرا تنها قسمت فوقانی مخزن گرم می‌شود.

برای حداقل ساختن مصرف برق در اوقات اوج بار:

- مخازن ذخیره باید طوری از نظر اندازه طراحی شوند که ۹۰٪ مصرف بتواند با نرخ برق شبانه تامین شود.
  - ترموستات دمای آب باید جهت کنترل دمای آب ذخیره در  $60^{\circ}\text{C}$  تنظیم گردد.
  - تایمرهای قابل برگشت باید برای تامین عملکرد اقتصادی در برابر افزایش نرخ اوج برق نصب شوند.
- گرم‌کننده‌های موضعی آب دارای کنترل‌کننده داخلی دمای متغیر هستند. چون در سیستم ظرفیت ذخیره وجود ندارد، هیچ کنترل اضافی نیاز نیست.

## ۹ - کنترل سیستمهای تهویه مطبوع

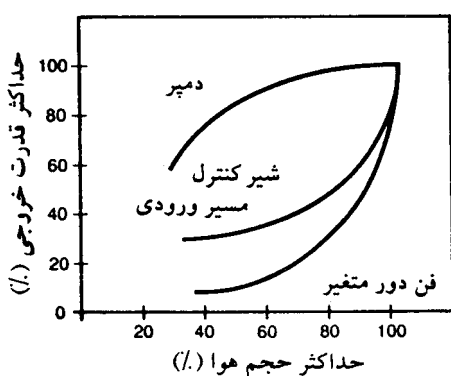
در یک دفتر مجهز به تهویه مطبوع تا ۴۰٪ صورت‌حساب مصرف انرژی ساختمان، می‌تواند درخصوص سیستم تهویه مطبوع باشد. کنترل‌های خوب می‌توانند بطور قابل توجهی هزینه بهره‌برداری سیستم را کاهش دهند. انتخاب سیستم مناسب و طرح‌هایی که مسئله انرژی را مد نظر قرار می‌دهند نیز حائز اهمیت می‌باشد. یک واحد مربوط به هوا ممکن است نیاز به کنترل‌هایی برای دسته‌ای از متغیرها مانند: گرمایش، سرمایش، رطوبت، فشار، حجم دبی هوا و منبع هوای تازه داشته باشد، یک نکته مورد توجه اولیه عبارتست از اینکه چه دامنه‌ای از تغییرات متغیرهای کنترل شده قابل قبول است. کنترل دما با تغییراتی در حدود  $\pm 1^{\circ}\text{C}$  معمولاً کافی است. تغییرات بیشتری برای رطوبت نسبی قابل قبول است که معمولاً در محدوده ۴۰ الی ۲۰ درصد کنترل می‌شود و ساکنان ساختمان بعید است که تغییرات در این محدوده را متوجه شوند. کنترل دقیقتر مخصوصاً برای دما،

انرژی را هدر خواهد داد زیرا هم تجهیزات گرم‌کننده و هم تجهیزات خنک‌کننده بیش از اندازه بکار گرفته می‌شوند.

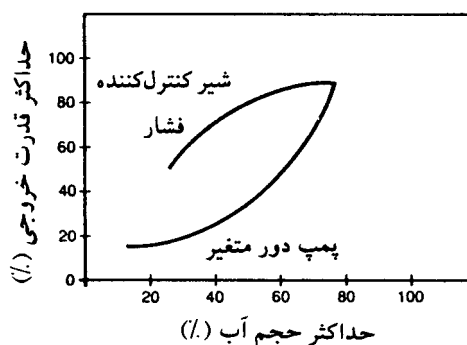
همچنین در مواقعی که هوا ابتدا سرد شده و سپس برای تامین دما و رطوبت صحیح دوباره حرارت داده می‌شود، انرژی هدر می‌رود. این امر می‌تواند با بهینه کردن استفاده از هوای بیرون برای خنک‌کردن، از طریق روشی بنام «اقتصادی کردن انتالپی»<sup>۱</sup>، حداقل شود.

پمپها و فن‌ها درصد زیادی از انرژی استفاده شده در تهویه مطبوع را مصرف می‌کنند. انرژی می‌تواند با تغییر حجم هوا مطابق با نیاز، صرفه‌جویی شود. عموماً واحدهای تامین‌کننده هوا، طوری طراحی می‌شوند که از عهده شرایط حداکثر بار برآیند. در عمل، حجم هوا می‌تواند هنگام گرم شدن، کاهش و هنگام سرد شدن افزایش یابد. در ساختمانهایی که تغییرات زیادی در حد تجمع وجود دارد، با متناسب نمودن نوع تهویه هوا با میزان تجمع ممکن است صرفه‌جویی‌های قابل ملاحظه‌ای بدست آید. معمولاً شمردن تعداد افراد در یک ناحیه بطور خودکار عملی نمی‌باشد. اما یک روش معمول تعیین تعداد افراد با استفاده از یک سنسور کیفیت هوا، می‌باشد. این سنسور میزان CO<sub>2</sub> در کانالهای برگشت هوا را اندازه‌گیری کرده و مطابق با آن فن‌های جریان هوا را تنظیم می‌کند. این نوع کنترل مخصوصاً، مناسب ساختمانهایی همچون سینماها، مجتمع‌های ورزشی و فروشگاههای بزرگ می‌باشد.

مکانیسم کاهش حجم هوا بطور سنتی با استفاده از دمپرها یا شیرهای کنترل مسیر ورودی، انجام می‌گیرد. محرکه‌های دور متغیر<sup>۲</sup> (VSDs) یک روش دیگر با قیمت مناسب جهت دستیابی به صرفه‌جویی‌های انرژی است. زیرا آنها برای همان حجم هوا در مقادیر کمتر از قله بار، قدرت کمتری را مصرف می‌کنند. شکل ۴ مشخصه مصرف انرژی با سه روش را نشان می‌دهد. VSDها می‌توانند برای پمپها نیز مؤثر باشند. شکل ۵ مقایسه بین یک پمپ دور متغیر و یک پمپ مجهز به کنترل‌کننده فشار با استفاده از شیر دو وضعیتی را نشان می‌دهد.



شکل ۴: مصرف انرژی روشهای کنترل حجم هوا



شکل ۵: مقایسه انرژی مصرفی در دو حالت استفاده محرکه‌های دور متغیر و شیرهای کنترل‌کننده فشار

<sup>1</sup> Enthalpy

<sup>2</sup> Variable Speed Drive

## ۱۰ - سیستمهای مدیریت انرژی ساختمان<sup>۱</sup> (BEMS)

BEMS سیستمهای متکی بر کامپیوتر هستند که بطور خودکار سرویسهای ساختمان از قبیل گرمایش، تهویه مطبوع، تهویه، دیگهای بخار و روشنایی را نظارت و کنترل می‌نمایند. بخش مهمی از وظیفه آنها علاوه بر کنترل پارامترهای محیطی، فراهم آوردن اطلاعاتی درباره عملکرد انرژی است که باعث توانایی در تعیین اهداف جهت صرفه‌جویی‌های انرژی می‌شود.

دو نوع عمده BEMS وجود دارد: متمرکز و غیرمتمرکز هوشمند.

در سیستمهای متمرکز تمام سرویسهای مرکز مورد نظر، از یک واحد کامپیوتری کنترل می‌شود. این نوع BEMS برای ساختمانهای تجاری و صنعتی همچون بیمارستانهایی با بیش از ۵۰۰ تختخواب، کارخانجات بزرگ و ترمینال فرودگاهها مناسبتر هستند.

سیستمهای غیرمتمرکز هوشمند یک دستاورد جدید می‌باشند. این نوع شامل تعدادی پایگاههای هوشمند محلی می‌باشد که هر پایگاه، ساختمان کوچکی را که قسمتی از یک ساختمان بزرگ یا یک سرویس خاص است کنترل می‌کند. پایگاهها اطلاعات را برای یک واحد مرکزی ارسال می‌کنند بطوریکه مجموعه اطلاعات جمع شده را می‌توان تحلیل نمود. این نوع سیستم عموماً برای ساختمانهای کوچک تا متوسط که تحت یک مالکیت مشترک هستند همچون مدارس، هتلها، فروشگاههای زنجیره‌ای و عمومی استفاده می‌گردد.

با نصب یک BEMS در مقایسه با کنترل مستقل تک‌تک سرویسها بهبودهایی در بازه انرژی از ۱۰ تا ۲۰ درصد حاصل می‌شود. بهرحال عواملی وجود دارند که ممکن است صرفه‌جویی‌های واقعی قابل حصول را محدود سازند. این عوامل قبل از اینکه یک سیستم نصب شود باید مشخص شوند.

### • تناسب ساختمانها و تجهیزات موجود

برای اینکه BEMS در یک ساختمان موجود بطور مؤثری کار کند باید دسته‌بندی سیستمهای گرمایش تهویه‌ها و روشنایی مطابق با کاربرد موجود در نواحی مختلف ساختمان امکان‌پذیر باشد. تأسیسات باید همچنین بقدر کافی انعطاف‌پذیر باشد تا بتواند به تغییرات لازم در سیستم جواب بدهد. اغلب مشکلات در ساختمانهایی رخ می‌دهد که وظیفه آنها در طول سالیان دراز بدون تغییر در سیستم سرویسها تغییر یافته است.

### • بهره‌برداری و نگهداری صحیح

اگر تجهیزات موجود بطور مناسبی نگهداری نشوند و یا کنترلها به شکل غلط کار گذاشته شوند در ابتدا اصلاح این موارد می‌تواند باعث صرفه‌جویی‌های اساسی شود. هنگامیکه این عمل انجام شد، ممکن است نصب یک BEMS با توجه به هزینه موثر نباشد. نکته کوچکی در داشتن یک BEMS وجود دارد، در واقع وظیفه اصلی آن نشان دادن این است که چقدر سرویسهای ساختمان نامناسب هستند.

<sup>1</sup> Building Energy Management Systems

## • تعهد و درگیر شدن کارکنان در کار

ضرورت دارد کارکنانی که بهره‌برداری و نگهداری سیستم به عهده آنهاست به موفقیت خویش اعتقاد داشته باشند آنها بایستی از شروع پروژه درگیر کار شده و در جریان پیشرفت کار باشند. آنها باید از کارکرد سیستم دقیقاً آگاه بوده و نسبت به استفاده از اطلاعات بدست آمده تصمیم گیرنده باشند.

جهت استفاده کامل از سیستم، کارکنان نیاز به آرامش و اعتماد دارند و این امر تنها می‌تواند با آموزش خوب و تجربه بدست آید. پیش‌بینی‌های معقول برای آموزش تمام کارکنانی که از سیستم استفاده خواهند کرد باید در قرارداد گنجانده شود در حالیکه این امر ممکن است گران بنظر آید اما استفاده غیرکار از سیستم بخاطر فقدان آموزش، اغلب پرهزینه‌تر است. تمام تأمین‌کنندگان معتبر BEMS نه تنها BEMS را در اختیار می‌گذارند بلکه تشویق به آموزش نیز می‌کنند، زیرا آنها به کار خوب سیستم علاقمند هستند.

## ۱۱ - ساختمانهای هوشمند

«ساختمان هوشمند» اصطلاحی است که اغلب برای توصیف ساختمانهایی با یک سطح بالای کنترل کامپیوتری، جهت کنترل تعداد زیادی از عملیات، به همراه مجموعه‌ای از سیستم‌های کنترل مختلف، بکار می‌رود. سیستم‌های مجتمع در دو سطح توسعه داده می‌شوند. مرحله اول عبارتست از اینکه تمام سیستم‌های مدیریت ساختمان مانند مدیریت انرژی، ایمنی و سیستم‌های جلوگیری از حوادث، به یکدیگر مرتبط شوند. مرحله دوم عبارتست از اینکه سیستم مدیریت ساختمان با سیستم‌های اتوماسیون دفتر و سیستم‌های خارجی ارتباط راه دور مرتبط گردد.

تخمین زده می‌شود که هزینه تکنولوژیهای مورد نیاز برای سیستم‌های مجتمع می‌تواند تا ۵۰ درصد بیشتر از هزینه ساختمان معمولی بدون تکنولوژیهای هوشمند و بین ۱۵ تا ۲۰ درصد بیشتر از یک ساختمان با سیستم‌های غیرمجموعه باشد. این صرف هزینه اضافی بر پایه صرفه‌جویی هزینه در مصرف انرژی، بهره‌وری و انعطاف‌پذیری توجیه می‌شود. سیستم‌های مجتمع مدعی هستند که به دلیل کاهش قضا برای تأسیسات و کنترل و مدیریت گروهی متمرکزتر، منافع مالی بیشتری را ارائه می‌دهند.

## ۱۲ - انتخاب سیستم‌های کنترل

در حالیکه تعداد زیادی تجهیزات کنترلی در دسترس می‌باشند، براساس پیچیدگی سه سطح کنترل وجود دارد:

- کنترل‌کننده‌های سنتی، ساده، قابل اعتماد و آسان برای استفاده اما انعطاف‌ناپذیری محدود می‌باشند.
- کنترل‌کننده‌های میکروپروسسوری، از قبل برنامه‌ریزی شده و بدون ارتباطات مخابراتی بتدریج جایگزین کنترل‌کننده‌های سنتی می‌شوند. همچنین کنترل‌کننده‌هایی به صورت ترکیبی از هر دو مورد بالا نیز وجود دارند. آنها معمولاً دارای دکمه‌های لمسی بجای دکمه‌های معمولی و سوئیچها هستند ولی از لحاظ درک نسبتاً ساده هستند و تمایل به انعطاف‌پذیری بیشتر و تعداد خروجی بیشتری نسبت به کنترل‌کننده‌های سنتی دارند.

بعضی از آنها در حقیقت، یک سیستم کنترل، بطور مثال یک بهینه‌ساز و جبران‌کننده ترکیب شده با تسهیلات اضافی قطع و وصل و نظارت درخودشان دارند.

- کنترل‌کننده‌های میکروپروسسوری با ارتباط مخابراتی و قابلیت برنامه‌ریزی که اغلب کنترل‌کننده‌های دیجیتال مستقیم<sup>۱</sup> (DDC) نامیده می‌شوند. این نوع کنترل‌کننده‌ها، همانطور که از نامشان مشخص است اساس واحد کنترل یک BEMS را تشکیل می‌دهند هر چند خودشان به تنهایی نیز می‌توانند استفاده شوند. آنها بسیار انعطاف‌پذیر بوده و می‌توانند برای انجام عملیات کنترل پیچیده و تأثیرگذار بر هم، برنامه‌ریزی شوند. آنها باید توسط یک فرد آموزش دیده و با استفاده از یک کامپیوتر برنامه‌ریزی شوند، هر چند بعضی سازندگان، یک ابزار برنامه‌ریزی دستی را که اجازه ایجاد تغییرات کمی همچون تغییر نقاط تنظیم و یا زمانهای توقف و شروع را بسادگی می‌دهد، فراهم می‌کنند.

بعنوان یک قاعده کلی، پیچیدگی غیر ضروری یک سیستم، بهترین حالت برای سیستم نیست. به هر حال سیستمهای پیچیده‌تر در صورتی قابلیت بیشتری درخصوص صرفه‌جویی انرژی ایفا می‌کنند که بطور صحیح بکار گرفته و نگهداری شوند. اگر چندین کنترل‌کننده بدون ارتباط مخابراتی، برای کنترل متغیرهای مختلفی استفاده شوند، لازم است اطمینان حاصل شود که با یکدیگر تداخل نداشته باشند.

قبل از تصمیم‌گیری دویاره سطح مناسب پیچیدگی لازم، در نظر گرفتن نکات زیر لازم است:

- اندازه و پیچیدگی ساختمان

برای ساختمانهای کوچک که اختصاصی یا ساختمانهایی که دارای یک الگوی یکنواخت تجمع هستند، سرمایه‌گذاری در یک BEMS احتمالاً اقتصادی نخواهد بود. کنترل‌های از پیش تنظیم شده یا خود تطبیقی با قابلیت حذف کنترل در ساعات غیرکاری باید سطح خاصی از آسایش را فراهم کنند و نیز باعث صرفه‌جویی انرژی در یک سیستم نامناسب کنترل شده گردند.

- تجهیزات موجود

تجهیزات موجود گرمایش یا تهویه ممکن است قادر به پاسخگویی مؤثر به سطح کنترل پیشنهادی نباشند. در این صورت ممکن است سرمایه‌گذاری برای تجهیزات جدید قبل از اینکه صرفه‌جویی بتواند از طریق کنترل‌های پیچیده تحقق یابد، ضروری باشد. بطور مشابه باید اطمینان یافت که ناحیه‌بندی ساختمان مطابق با نیاز، امکان‌پذیر است.

- کارکنان موجود

یک سیستم کنترل پیچیده نیازمند به افرادی است که به‌طور مکفی آموزش دیده و وقت کافی برای مدیریت آن داشته باشند و از اطلاعات بدست آمده استفاده کنند. اگر هیچ شخصی در دسترس نباشد، صرفه‌جویی‌های بالقوه سیستم کنترل قابل حصول نخواهد بود.

---

<sup>1</sup> Direct Digital Controllers

۱ - ۱۲ - ترکیب کنترل‌ها

کلیه ساختمانها، ترکیبی از کنترلها را برای گرمایش فضا، گرمایش آب، دیگ‌های بخار، سیستمهای توزیع و غیره نیاز دارند. جدول ۲ ترکیبات تجهیزات لازم برای رسیدن به گروههای مختلف کنترل را (بخش ۳ را ملاحظه کنید) برای یک خووجی حرارتی بالاتر از ۱۰۰ کیلووات نشان می‌دهد. جدول فوق همچنین ملاحظات مربوط به راه‌اندازی، مستندسازی و تعمیر و نگهداری که برای اطمینان از بهره‌برداری صحیح لازم است را نشان می‌دهد. جدول ۳ اطلاعات مشابهی را برای سیستمهای کوچکتر از ۱۰۰ کیلووات ارائه می‌نماید.

**جدول ۲: کنترل‌های سیستم‌های گرمایشی: خووجی بزرگتر از ۱۰۰ kW**

سطح تقسیم‌بندی	کنترل‌های زمانی	کنترل‌های دیگ بخار	کنترل سیستمهای توزیع	کنترل‌های گرمایش فضا	آب‌گرمکن‌ها	راه‌اندازی	مستندات	نگهداری	محدوده ROI (بازگشت سرمایه و مصرف انرژی)	توضیحات
۲	بسیه‌ساز به‌علاوه کنترل زمانی توزیع که مناسب است. کنترل زمانی ذخیره آب گرم	کنترل بار دیگ بخار، جریان هوا و آب دیگ‌های بخار/گرمایشی	جسورانشده با بازنشانی مایع فضا، مدارهای جبرانشده برای جهت‌دهی، ساختار و تجمع در جای مناسب	کنترل متقابل انتقال، انتشاردهنده در جای مناسب، کابله انتشاردهنده با کنترل شرفی و تنظیم کردن آن در جای مناسب	آب‌گرمکن‌های تک‌یک یا واحدهای تک‌یک موفی	بازرسی کامل روی بهره‌برداری سیستم و کالیبره کردن آن. تنظیمات راه‌اندازی برحسب زده شوند. نظارت بر سیستم تحت شرایط بارگیری متفاوت	همانند سطح ۱	همانند سطح ۱ بسیه‌ساز سیستم طراحی شده برای نگهداری ساده	ROI ۲۷۱ سال - ۲۱۰ - قسری مصرف حداقل انرژی توصیه می‌شود	بسیه‌ساز برای مصرف حداقل انرژی توصیه می‌شود
۱	بسیه‌ساز به‌علاوه کنترل زمانی توزیع که مناسب است. کنترل زمانی ذخیره آب گرم	کنترل ترنسی، مایزر، دیگ بخار، استرژن‌های ساده اما کنترل گسترده دیگ‌های بخار با بازه بالا و با دیگ‌های بخار کف‌سوری	جسورانشده با بازنشانی مایع فضا، مدارهای جبرانشده برای جهت‌دهی، ساختار و تجمع در بازرگانه‌ها، کم حداقل شده است.	فیرهای ترنوستاتی و ترنوستاتهای اتاق سبزر در اتاق با مشور بازنشانی فضا	سیستم آب‌گرمکن تک‌یک یا ترنوستاتهای فوالتی با دوگانه بر روی سیستم‌های آب‌گرمکن اگر روش تک‌یک مسکن باشد	بازرسی کامل روی بهره‌برداری سیستم و کالیبره کردن آن. بازرسی‌های فصلی و اگر روش تک‌یک	همانند سطح ۰ بسیه‌ساز، نسوختن نسوختن سیستم و کالیبره کردن آن. بازرسی‌های فصلی	بازرسی‌های کامل شامل دوره کالیبره کردن در سال	ROI ۲۷۱ سال - ۲۱۰ - قسری مصرف شده	توصیه شده برای مصرف‌کننده‌های مایزر در هزینه انرژی
۰	بسیه‌ساز به‌علاوه کنترل زمانی ذخیره آب گرم	کنترل ترنسی، مایزر، دیگ بخار	جسورانشده با بازنشانی مایع فضا	بدون کنترل و با انتشاردهنده با کنترل جداگانه	ترنوستات‌های مایزر روی سیستم‌های آب‌گرمکن	بازرسی کامل روی بهره‌برداری سیستم و کالیبره کردن آن	نسوختن کامل سازندگان ثبت کامل دیگران‌های سیستمی و غیره	بازرسی‌های کامل سیستم‌های کنترل اصلی و سیستم بهره‌برداری	مصرف پایه انرژی حداقل نیاز فوالتی برای ساخت‌های جدید از سال ۱۹۸۵	حداقل نیاز فوالتی برای ساخت‌های جدید از سال ۱۹۸۵
-۱	توزیع زمانی	کنترل ترنسی، مایزر، دیگ بخار با بدون کنترل ترنسی	جبرانشده	بدون کنترل یا استفاده از سیستم‌های ترنوستاتی	ترنوستات‌های غیرمایزر در محل تعیین گرمایش است. کنترل متقابل	بازرسی‌های گسه مسووب اطمینان از تعیین گرمایش است. کنترل متقابل	حداقل اطلاعات	نسخت جزئیات نگهداری	نسخت مصرف انرژی تقریبی	مقررات ساختمانی و برگزیده نمی‌سازد



جدول ۳: کنترل‌های سیستم‌های گرمایشی: خروجی کمتر از ۱۰۰KW										
سطح تقسیم‌بندی	کنترل‌های زمانی	کنترل‌های دیگر بخار	کنترل سیستم‌های توزیع	کنترل‌های گرمایشی فضا	کنترل‌های آب‌گرم‌کن‌ها	راه‌اندازی	مستندات	نگهداری	محدوده ROI (بازگشت سرمایه و مصرف انرژی)	توضیحات
۱	بهینه‌سازی بخار، کنترل زمانی نواحی که مناسب‌اند. کنترل زمانی ذخیره آب گرم	کنترل ترتیب مؤثر دیگر بخار در جای مناسب. استراتژی‌های ساده اما مؤثر کنترل دیگرهای بخار با باره بالا و با دیگرهای بخار کاتسوری	جسبرانشده با بارنشانی فضای مدارهای چیرانشده. چسب‌گانه برای جهت‌دهی. ساختار و تجمیع اگر تغییرات وسیع در بار و مصرف باشد.	جیره‌های ترموستاتی و ترموستات‌های اتاقی بسجور در اتاق با سنسور بارنشانی. فضا کنترل تداعلی انتقالها در جای مناسب	سیستم آب‌گرم‌کن تکنیکی، ترموستات‌های فراقالی یا دوگانه روی سیستم‌های آب‌گرم‌کن، اگر روش تکنیکی امکان‌پذیر نباشد.	بازرسی کامل روی بهره‌برداری سیستم و کالیبره کردن آن. بازرسی فصلی	همانند سطح صاف به‌عنوان نشانه‌های تسویبی مفهوم سیستم و کنار آن دیگرهای منطقی	بازرسی کامل شامل دیوار کالیبره کردن در سال	ROI ۲۵٪ سال - ۱۰٪ تسروزی مصرف‌شده	برای صرفه‌جویی مؤثر در هزینه انرژی توصیه می‌گردد.
۰	کنترل زمانی مؤثر بخار، کنترل سیستم ذخیره آب گرم	ترموستات‌های مؤثر دیگر بخار	جسبرانشده با بارنشانی فضای طراحی شده برای کنترل چسب‌گانه	بدون کنترل یا با تست‌شده‌های طراحی شده برای کنترل چسب‌گانه	ترموستات‌های مؤثر بر روی سیستم‌های آب‌گرم‌کن	بازرسی کامل روی بهره‌برداری سیستم و کالیبره کردن	نوشته‌جات کامل سازندگان، ثبت کامل دیباگ‌های سیم‌کشی	بازرسی سالانه سیستم‌های کنترل اصلی و سیستم‌های بهره‌برداری	مصرف پایه انرژی	حداقل نیاز قانونی برای ساختمان‌های از سال ۱۹۸۵
-۱	سروچ زمانی	ترموستات‌های دیگر بخار	جبرانشده	بدون کنترل، جیره‌های ترموستاتی	ترموستات‌های قرار گرفته غیر مؤثر یا قرار گرفته در محل نامناسب	بازرسی‌های گه‌گه‌ای از سوی اطمینان از تأمین گرمایش است. کنترل مشغله‌ای.	حداقل اطلاعات نگهداری	فقط جزئیات نگهداری	تا ۷۵٪ مصرف اضافی انرژی	از سال ۱۹۸۵ مقررات ساختمانی را برآورده نمی‌سازد.

### ۱۳ - طراحی، تعیین مشخصه، نصب و راه‌اندازی

درصد زیادی از خطاهایی که در سیستم‌های کنترل ساختمان رخ می‌دهند ناشی از طراحی ضعیف، مشخصه ناکافی، نصب غلط یا راه‌اندازی ناقص است. این مسئله مهم است که در یک پروژه پول و زمان کافی کنار گذاشته شود تا اجازه دهد که این نکات با جزئیات مورد لزوم در نظر گرفته شوند.

#### • طراحی

طراحی سیستم‌های کنترل می‌تواند تأثیر اساسی روی بازده انرژی واحد داشته باشد. مثلاً صرفه‌جویی‌هایی در حدود ۲۰ درصد یا بیشتر از یک سطح بالای کنترل در مقایسه با یک سطح ابتدایی نتیجه خواهد شد. بازگشت سرمایه‌گذاری اضافی مورد نیاز برای سطح بالای کنترل معمولاً بین ۲ تا ۴ سال است.

#### • مشخصه

مشخصه کنترلها باید جهت اطمینان از دقت مدارک، جزئیات فنی و توصیفی مورد نیاز را در برمی‌گیرد. بخصوص، محل سنسور باید توضیح داده شود و استانداردهای عمومی خوب و عملی برای نصب و مکان‌یابی وسایل کنترل مشخص شود.

#### • نصب

خطاهایی که در مرحله نصب رخ می‌دهند باید در حین راه‌اندازی شناسایی شوند. عملاً بسیاری از آنها مشخص نیستند، بنابراین، مطلوب‌ست که تا جایی که امکان دارد کنترل در این مرحله بسته نگهداشته شود تا شانس رخ دادن خطاها در کار سیستم کاهش یابد. بعضی از نکات کلیدی عبارتند از:

- تقسیم وظایف بین پیمانکاران و مشاوران مکانیکی و الکتریکی

- حفظ ارتباط بین پیمانکاران مکانیکی و الکتریکی از طریق جلسات منظم  
- نصب تجهیزات کافی جهت توانایی در راه‌اندازی صحیح و ارزیابی‌های بعدی جهت اطمینان از بهره‌برداری  
کاراً

#### • راه‌اندازی

راه‌اندازی ایده‌آل سیستم کنترل باید توسط تأمین‌کنندگان سیستم کنترل، و یا افراد دیگری که دوره آموزشی مناسب را گذرانده‌اند انجام گیرد.  
راه‌اندازی در سه مرحله انجام می‌گیرد:  
- پیش از راه‌اندازی: هنگامیکه مرحله نصب کنترلها پایان یافت، ترتیب عملیات، عملکرد شیرها و دمپرها و نقاط تنظیم بایستی بازرسی شوند.  
- راه‌اندازی: تأسیسات اصلی باید راه‌اندازی شده و قبل از راه‌اندازی سیستم‌های کنترل مورد بهره‌برداری قرار گیرد. وقتی این امر انجام شد، کنترلها باید کالیبره و تنظیم شوند تا شرایط پایدار طراحی را فراهم آورند.  
- پس از راه‌اندازی: پایداری سیستم تحت تغییرات شرایط آب و هوایی بایستی بازرسی شود. دوبار انجام بازرسی پس از راه‌اندازی در سال اول توصیه می‌شود.

### ۱۴ - نگهداری سیستم‌های کنترل

هنگامیکه یک سیستم نصب می‌شود و بشکل صحیحی تنظیم می‌گردد، به سهولت باید انتظار داشت که سیستم‌های کنترل، صرفه‌جویی مورد نظر انرژی را باعث شوند. به‌رحال بدون نگهداری و بازرسی منظم، از کارایی سیستم بتدریج کم می‌شود. مشکلات معمول شامل: کثیف شدن سنسورها، از تنظیم خارج شدن کنترلها و عدم بازنشانی و اشکالات مکانیکی شیرها، ترموستاتها و غیره می‌باشند.

توصیه می‌شود که یک برنامه منظم تعمیر و نگهداری در نظر گرفته شود که شامل بازرسی‌های زیر باشد:

- آیا هیچیک از کنترلها از مدار خارج شده‌اند؟
  - آیا همه کنترلها هنوز هم بطور صحیح کالیبره‌اند؟
  - آیا اجزاء بطور صحیح عمل می‌کنند؟
  - آیا محیط ساختمان هنوز هم راحت است؟
  - آیا هر تغییری که در مصرف رخ می‌دهد موجب تغییرات در سیستم می‌شود؟
  - آیا تمام وسایل ایمنی در شرایط اضطراری کار خواهند کرد؟
- یک سیستم جامع مدیریت انرژی اطلاعاتی درباره مصرف انرژی فراهم خواهد کرد که به مجرد وقوع مشکل در سیستم آنرا نمایان می‌سازد.

کنترل خوب سرویسهای ساختمان می‌تواند صرفه‌جویی‌های قابل ملاحظه‌ای را باعث شود. نصب تجهیزات مناسب کنترل معمولاً برگشت هزینه‌ای در حدود ۲ سال و اغلب سریعتر خواهد داشت. بهر حال مهم است که بازده انرژی تجهیزات و سیستمهای کنترل در مراحل طراحی و نصب در نظر گرفته شود، زیرا بعداً اصلاح اشتباهات می‌تواند مشکل باشد.

سیستم کنترل باید برای مصارف مختلف ساختمان مناسب باشد. ناحیه‌بندی جهت حداقل ساختن مصرف انرژی در نواحی که متناوباً پر می‌شوند یا با سطوح مختلفی از فعالیتها می‌باشند، ضروری است. ملاحظات دقیقی باید برای تعیین میزان پیچیدگی مورد نیاز، انجام گیرد. سیستم کنترل باید سادگی خود را حفظ کند مگر اینکه بعضی منابع قابل اندازه‌گیری را بتوان با پیچیدگی سیستم بدست آورد. برای صرفه‌جویی‌های انرژی که قرار است در طول یک مدت زمانی حاصل گردد، ضروری است تجهیزات و سیستم کنترل بشکل مناسب نگهداری شوند. سوئیچهای زمانی، برنامه‌ها و نقاط تنظیم باید بطور منظم بازرسی شوند تا اطمینان حاصل گردد که آنها تغییر نکرده‌اند. سیستم کنترل باید هنگامیکه تغییراتی در مصرف ساختمان رخ می‌دهد تنظیم شود.

یک سیستم مدیریت انرژی ساختمان تنها هنگامی بطور مؤثر کار می‌کند که استفاده‌کننده‌گان به آن متعهد شوند و تخصص مناسب موجود باشد.

### ضمیمه ۱: مقررات ساختمان

مقررات ساختمانی سال ۱۹۹۰ میلادی شامل همان ملزومات برای کنترل گرمایش تهویه (H&V) می‌باشد که در قوانین سال ۱۹۸۵ میلادی وضع شده بود. قوانین در موارد زیر اعمال نمی‌شوند.

- سیستمهایی که آب را به منظور یک فرآیند صنعتی حرارت داده یا ذخیره می‌کنند.
- سیستمهایی که به ساختمانی با بنای کمتر از ۱۲۵ مترمربع سرویس می‌دهند.
- کاربردهای اختصاصی با ظرفیت خروجی ۱۰ کیلووات و یا کمتر.

نیازهای کنترل سیستمهای گرمایش و تهویه در بخش L4 مقررات ساختمانی سال ۱۹۹۰ میلادی قرار دارد. نیازها در زیر توضیح داده می‌شوند. کلمات جهت وضوح بیشتر دوباره مرتب شده و کمی تغییر داده شده است. تفسیری از ملاحظات عمومی مقررات در پایان این ضمیمه ارائه شده است.

مقررات ساختمانی هر چند مدت اصلاح می‌شوند. تطبیق با مقررات جاری باید در زمان طراحی بازمینی شود.

### ملاحظات مقررات ساختمان (L4)

- کلیات

بند L4- سیستمهای گرمایش فضا یا آب گرم در ساختمانها باید با کنترلهای خودکار که قابلیت کنترل عملکرد و خروجی سیستمهای گرمایشی فضا و دمای آب ذخیره شده را دارند، مجهز شوند.

- سطوح قابل قبول عملکرد

۱: هرگونه کنترل توصیف شده در زیر، نیازمندیهای بند L4 را برآورده خواهد ساخت.

۲: کنترلها باید قادر به تنظیم خروجی سیستمهای گرمایش فضا و دمای آب ذخیره شده باشند تا شرایط معمولی برای کاربرد مورد نظر در ساختمان، فراهم گردد.

- کنترل زمانی برای ساختمانهایی که متناوباً گرم می‌شوند

- یک سوئیچ زمانی، حداقل نیاز کنترل برای مکانی است که خروجی سیستم گرم‌کننده فضا ۱۰۰ کیلووات یا کمتر باشد.

جهت جلوگیری از خسارت به ساختار ساختمان، یخزدگی سرویسهای یا مخازن، رطوبت بیش از حد یا میعان که سوئیچهای زمانی یا بهینه‌ساز را خراب می‌کنند، با فراهم آوردن میزان کمی گرمایش، ممکن است گرفته شوند.

- کنترل ترتیبی دیگ بخار

کنترل‌های دیگ بخار برای دستیابی به بهره‌برداری کارآ در مواقعی که دو یا تعداد بیشتری دیگ بخار گازی یا نفتی با بار کلی بیش از ۱۰۰ کیلووات به منبع تغذیه‌ای برای تامین حرارت درخواست شده، وصل می‌شوند، لازم می‌باشند. دیگ‌های بخار در حوالی بار کامل با حداکثر بازده کار می‌کنند و کنترل باید به شکلی باشد که بتواند تغییرات نیاز گرمایشی یک ساختمان را احساس کرده و سپس شروع، توقف و یا تنظیم دیگ‌های بخار را مطابق با نیاز (کنترل ترتیبی) فراهم کند. جهت پایداری کنترل باید در طراحی هیدرولیکی دقت لازم بعمل آید.

- کنترل دمای سیستم

جائیکه سیستم گرمایش فضا از آب گرم استفاده می‌کند، یک وسیله حساس به دما (کنترل جبران‌ساز وضعیت جوی) باید خارج از ساختمان، تنظیم دمای آب جاری در مدار گرمایشی را فراهم کند.

- کنترل دمای اتاق

توموستاتها، شیرهای ترموستاتیکی رادیاتور یا هر شکل دیگری از سنسور دما باید برای هر قسمت سیستم گرمایش فضا که برای کنترل جداگانه طراحی شده است، نصب گردند.

- کنترل ذخیره آب گرم

تمام مخازن ذخیره آب گرم باید دارای ترموستاتی باشند تا آب را در دمای مورد نیاز نگهدارد. مخازن ذخیره آب گرم با گنجایش بیش از ۱۵۰ لیتر باید یک سوئیچ زمانی داشته باشند تا هنگامیکه تقاضای آب گرم وجود نداشته باشد، تأمین حرارت را قطع کنند. این امر به مخازن حرارت داده شده توسط برق غیرقله اعمال نمی‌شود.

- تفسیر ملاحظات عمومی مقررات ساختمان

ملاحظات عمومی مقررات تجربه خوبی هستند. نکات زیر، کاربرد قوانین را روشن می‌کند. ساختمانهایی که بطور پیوسته دارای ساکنینی هستند ممکن است در تمام اوقات گرم شوند. بهرحال در ساختمانهایی چون سرای سالمندان و بیمارستانها، نیاز به حرارت عموماً در طول شب کاهش می‌یابد. این امر باعث صرفه‌جویی‌های اساسی در انرژی می‌شود.

در قسمت کنترل دمای اتاق، عبارتی با عنوان «هر قسمت از سیستم طرح‌شده گرمایش فضا باید جداگانه کنترل شوند» ارائه شده که در آن منظور این است که دمای فضا باید کنترل گردد.

در مواقعی که تعدادی اتاق با مشخصات مشابه، یک ناحیه را تشکیل می‌دهند، هر یک از موارد زیر باید مفهوم مقررات را ارضاء کنند.

- کنترل ناحیه از طریق یک سیستم کنترل ناحیه‌ای

- تنظیم دوباره دمای فضا با یک جبران‌کننده که تنها دو آن ناحیه عمل می‌کند.

سطوح قابل قبول عملکرد سیستم، مورد شماره ۲، نشانگر آنست که برای کاربرد معمولی در یک ساختمان، روشهای کنترل دیگری بجز آنهایی که توصیه شده ممکن است استفاده شوند. این موضوع بایستی با احتیاط عمل شود و تنها در جایی که ساختمان یا سیستم بطور قابل ملاحظه‌ای با حالت معمول تفاوت داشته باشد باید از روشهای دیگر استفاده شود. دلایل موجه روشن در استفاده از روشهای دیگر ممکن است ضروری باشد. جائیکه قانون یا راهنمای تجارب عملی خوب استفاده از دیگر روشها را لازم بداند آنگاه توجیه استفاده از آن روشها مشکل کمی خواهد داشت یک نمونه، ذخیره آب گرم با یک حداقل دما در تمام اوقات جهت اجتناب از اثرات ذات‌الریه می‌باشد.