

# معرفی امکانات و قابلیت های سیستم کنترل هوشمند موتورخانه - ارائه الگوهای صرفه جویی با توجه به نوع کاربری ساختمان

امیرحسین محمودی - کارشناس الکترونیک - شرکت پیشران انرژی  
تورج بطحایی - کارشناس مکانیک - شرکت پیشران انرژی  
محمد میرزایی - کارشناس ارشد مکانیک - بخش ساختمان  
سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور

تهران - میدان توحید - ابتدای ستارخان - خیابان کوثر یکم - پلاک ۱۵۴  
تلفن: ۸-۶۶۹۱۸۰۷۶ و ۶۶۹۳۷۰۴۰ (خط ۶) فکس: ۶۶۴۳۳۳۷۷  
e-mail: info@pishrun.com- www.pishrun.com

(مقاله ارائه شده در پنجمین همایش بین المللی بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان - ۵-۶ اردیبهشت ماه ۱۳۸۵)

**چکیده:** امروزه روشهای مختلف بهینه سازی مصرف سوخت و انرژی به ویژه در بخشهای صنایع، ساختمان، حمل و نقل بدلیل بحرانهای متعدد انرژی، محدودیت منابع آن و فاصله زمانی تا بکارگیری تکنولوژی انرژی های نو در تولید انبوه محصولات انرژی بر موجب شده است تا ضرورت صرفه جویی در مصرف سوخت و انرژی بیش از پیش آشکار گردد.

یکی از مصرف کنندگان عمده انرژی بخش ساختمان می باشد که از پتانسیلهای قابل ملاحظه صرفه جویی نیز برخوردار است.

در سالهای سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور گذشته تلاشهای دامنه داری را برای ترویج و گسترش روشهای موفق بهینه سازی در این حوزه انجام داده است. یکی از موفق ترین این روشها، سیستم های کنترل هوشمند تاسیسات حرارتی ساختمان می باشد که رکوردهای صرفه جویی بیش از ۶۰٪ نیز داشته است که با ممیزی انرژی محتاطانه سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور صرفه جویی متوسط ۴۰٪ در ساختمانهای با کاربری غیرمسکونی و اداری را دارا می باشد.

در مقاله حاضر در دو بخش به معرفی ویژگیهای این روش، قابلیتها و توانایی های کنترلی آن و ارائه مدل و الگوی ممیزی انرژی با در نظر گرفتن نوع کاربری ساختمان پرداخته می شود.

## ۱. آشنایی با نحوه عملکرد سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه :

در حال حاضر میزان درجه حرارت آب گرم چرخشی و آب گرم مصرفی در موتورخانه ها بصورت دستی و تمام تنظیم درجه حرارت ترموستات دیگ و یا پمپهای سیرکولاسیون انجام می گردد و معمولاً برای تمام مدت بر روی یک عدد ثابت قرار دارد. تغییرات دمای هوا در طول روز موجب افزایش یا کاهش دمای داخل ساختمان شده که نتیجه آن انحراف دمای داخل ساختمان از محدوده آسایش و مصرف بیهوده سوخت و انرژی می باشد. همچنین در بسیاری از ساختمانهای غیرمسکونی با کاربری اداری- عمومی- آموزشی- تجاری که از فضای ساختمان بصورت غیرپیوسته و تنها در بخشی از ساعات روز استفاده می گردد و نیازی به کارکرد موتورخانه پس از اتمام ساعت کاری وجود ندارد. روش فعلی تنظیم دستی ترموستات دیگها و پمپها، قابلیت اعمال خاموشی و یا کنترل تجهیزات در وضعیت آماده باش را ندارند. بنابراین با توجه به عدم کارایی دقیق و محدودیتهای کنترلی ترموستاتهای دستی، ضرورت استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه به منظور :

- راهبری و کنترل صحیح تجهیزات موتورخانه شامل مشعلها و پمپها
  - بهینه سازی و جلوگیری از مصرف بیهوده سوخت و انرژی الکتریکی
  - تثبیت محدوده آسایش حرارتی ساکنین ساختمان
  - کاهش استهلاك تجهیزات و هزینه های مربوطه
  - کاهش هزینه های سرویس- نگهداری تاسیسات حرارتی
  - کاهش تولید و انتشار آلاینده های زیست محیطی
- آشکار می گردد.

اصول بهینه سازی مصرف سوخت و انرژی توسط سیستمهای کنترل هوشمند موتورخانه مبتنی بر کنترل گرمایش از مبداء و محل تولید انرژی حرارتی (موتورخانه) می باشد. این سیستم با دریافت اطلاعات از سنسورهای حرارتی که در محلهای زیر نصب می گردند :

- ضلع شمالی ساختمان جهت اندازه گیری دمای سایه (حداقل دمای محیط خارج ساختمان)
- کلکتور آب گرم چرخشی
- خروجی منبع آب گرم مصرفی

لحظه به لحظه اطلاعات حرارتی موقعیتهای فوق را اندازه گیری و با تشخیص هوشمند نیاز حرارتی ساختمان تا برقراری شرایط مطلوب در تابستان یا زمستان تجهیزات حرارتی موتورخانه شامل مشعلها و پمپهای آب گرم چرخشی را راهبری می نماید. بدین صورت مصارف گرمایشی (گرمایش- آب گرم مصرفی) نیز متناسب با نوع کاربری ساختمان مسکونی یا غیرمسکونی (اداری- عمومی- آموزشی- تجاری) تامین و کنترل می شود. صرفه جویی مصرف انرژی حاصل از عملکرد سیستم به دو دسته تقسیم می شوند :

- کنترل مصارف گرمایشی در زمان استفاده از ساختمان (مسکونی و غیرمسکونی)
- خاموشی یا آماده باش موتورخانه پس از ساعت کاری ساختمان های غیرمسکونی (در ساختمانهای اداری- آموزشی- عمومی- تجاری)

هنگام استفاده از موتورخانه در ساختمانهای مسکونی و یا غیرمسکونی و با در نظر گرفتن شرایط کارکرد زمستانی تابستانی و برای کنترل گرمایش، مشعلها و پمپها توسط یک منحنی حرارتی کنترل می شوند. در این منحنی دمای آب گرم چرخشی در تاسیسات، تابعی از درجه حرارت محیط خارج ساختمان می باشد و به صورت لحظه ای و خودکار متناسب با تغییرات دمای خارج ساختمان کنترل می شود و باعث ایجاد دمای یکنواخت در داخل ساختمان می گردد. بدین صورت هنگام گرم شدن دمای محیط خارج ساختمان مشعلها و پمپها به اندازه ای کار می کنند که گرمایش در

حد مورد نیاز و در محدوده آسایش حرارتی تامین شود و از تولید بیش از حد حرارت که موجب کلافگی و باز شدن پنجره ها بمنظور تعدیل دمای اتاقها می گردد جلوگیری می نماید.

برای تامین دمای آب گرم مصرفی مطابق با شرایط مطلوب تعریف شده نیز تجهیزات موتورخانه به اندازه ای کار می کنند که تنها دمای آب گرم مصرفی در ساعتهای مورد نظر به حد تعریف شده و مطلوب برسد و نه بیشتر.

در ساختمانهای با کاربری غیرمسکونی نظیر ادارات، مدارس، مجتمع های تجاری و ... نیز بدلیل غیرپیوسته بودن ساعت بهره برداری از ساختمان، سیستم کنترل هوشمند موتورخانه توسط یک تقویم زمانی پس از ساعت کاری و تا زمان پیش راه اندازی موتورخانه در صبح روز بعد، موتورخانه را کاملاً خاموش و یا در وضعیت آماده باش (کنترل دمای آب گرم چرخشی در یک دمای ثابت و پائین) قرار می دهد.

## ۲. ویژگیهای منحصر بفرد استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه در مقایسه با سایر روشهای بهینه سازی مصرف انرژی :

ویژگیهای منحصر بفرد استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه در مقایسه با سایر روشهای بهینه سازی مصرف انرژی :

### ۱-۲- مستقل بودن عملکرد سیستم از مساحت زیربنای ساختمان:

با افزایش مساحت زیربنای ساختمان، مصرف سوخت و انرژی آن نیز به نسبت ساختمانهای کوچکتر افزایش می یابد و موجب می شود تا اجرای روشهای بهینه سازی مصرف انرژی در ساختمانهای بزرگتر، پر هزینه تر شود. بعنوان مثال در صورتیکه مساحت پنجره های هر ساختمان ۱۵٪ مساحت کل ساختمان در نظر گرفته شود در یک ساختمان با مساحت ۱۰/۰۰۰ متر مربع، مقدار و هزینه اجرای پنجره دو جداره ۵ برابر مقدار و هزینه اجرای آن در یک ساختمان با مساحت ۲۰۰۰ متر مربع می باشد و به همین ترتیب برای روشهای دیگری مانند : عایق حرارتی، عایق های حرارتی دیوار و کف و سقف، شیرهای ترموستاتیک رادیاتور.

برخلاف روشهای فوق، سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه دارای ویژگی منحصر بفرد و متمایز "مستقل بودن عملکرد از مساحت بنای ساختمان" می باشند. به عبارت دیگر در موتورخانه هر ساختمان، صرف نظر از مساحت آن، تنها با نصب یک دستگاه با هزینه ای ثابت و حداقل، موتورخانه هوشمند می گردد. دلیل این ویژگی منحصر بفرد در تعداد مشعلها و دیگهای هر موتورخانه است. تعداد و ظرفیت حرارتی مشعلها و دیگهای تاسیسات حرارتی هر ساختمان (مصرف کنندگان سوخت) با مساحت آن نسبت مستقیم دارد و همواره تعداد مشعلها و ترکیب ظرفیت حرارتی آنها به نحوی است که علاوه بر تامین بار حرارتی مورد نیاز ساختمان، موجب افزایش هزینه های اجرایی نیز نگردند. طبق تحقیقات انجام شده در سطح موتورخانه های کشور در بیش از ۹۹٪ ساختمانهای موجود تعداد دیگها و مشعلها حداکثر ۳ دستگاه می باشد. در ساختمانهای کوچک با مساحت زیر ۲۰۰۰ مترمربع، ظرفیت حرارتی مشعلها و دیگها پائین و در حدود  $150/000 - 100/000$  kcal/h می باشد و با افزایش مساحت ساختمان با ثابت ماندن تعداد دیگ و مشعل، ظرفیت حرارتی آنها افزایش می یابد و حتی به حدود  $1000/000$  kcal/h و یا بیشتر نیز می رسد.

عملکرد هر خروجی مشعل یا پمپ در سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه به شکلی است که بصورت سریال (سری) در مدار برق این تجهیزات قرار گرفته و صرف نظر از ظرفیت جریانی و آمپراژ آنها با فرمان ON/OFF در زمانهای مقتضی آنها را کنترل می نماید.

بنابراین با توجه به توضیحات فوق سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه با قابلیت کنترل تا ۳ مشعل دارای ویژگی منحصر بفرد مستقل بودن عملکرد از مساحت بنای ساختمان می گردند.

## ۲-۲- پیک زدایی مصرف سوخت در اوج سرما :

اوج مصرف گاز در فصل سرما از ساعت ۱۷ تا ساعات اولیه بامداد می باشد. این محدوده زمانی مقارن با غروب خورشید و کاهش دمای هوا و نیاز به افزایش فرآیند گرمایشی ساختمان می باشد (افزایش درجه حرارت بخاریهای گاز سوز، افزایش درجه ترموستات دیگ در ساختمانهای دارای موتورخانه مرکزی و یا افزایش تعداد رادیاتورهای فعال در هر واحد ساختمانی). نکته قابل توجه دیگر، زمان پایان ساعت کاری ادارات، مجتمع های عمومی و تجاری و مدارس می باشد که دقیقاً همزمان با ساعت اوج مصرف گاز می باشد. این مهم در کنار قابلیت ویژه و منحصر بفرد سیستمهای کنترل هوشمند که توانایی خاموشی و یا اعمال دمای آماده باش مصرف موتورخانه ساختمانهای غیر مسکونی پس از پایان ساعت کاری را دارند مفهوم ویژه ای را پدید می آورد : پیک زدایی مصرف در اوج سرما

از مصرف گاز سالانه تاسیسات حرارتی هر ساختمان در حدود ۲۰٪ آن مربوط به فصل گرما (متوسط ۷ ماه سال) و در حدود ۸۰٪ آن مربوط به فصل سرما (متوسط ۵ ماه یا ۱۵۰ روز در سال) می باشد.

همچنین در بسیاری از ساختمان های اداری و مدارس، موتورخانه در تابستان خاموش و تنها در زمستان مورد بهره برداری قرار می گیرد. بنابراین در این دسته از ساختمانها عملاً ۱۰۰٪ صرفه جویی حاصل از عملکرد سیستمهای کنترل هوشمند موتورخانه مربوط به فصل سرما خواهد بود. که طبیعتاً میزان اثر بخشی آن بر روی جبران پیک مصرف نیز بسیار محسوس و قابل تامل می باشد.

در حدود ۸۰٪ از حجم گاز صرفه جویی شده حاصل از عملکرد سیستمهای کنترل هوشمند موتورخانه در فصل سرما مربوط به خاموشی یا دمای آماده باش موتورخانه پس از پایان ساعت کاری ساختمانهای غیرمسکونی و از ساعت ۱۷ تا ساعت های اولیه بامداد می باشد که همزمان با ساعت اوج مصرف گاز است.

پیک های مصرف گاز در ساختمانهای غیرمسکونی و اداری طی دو نوبت یکی صبحها به هنگام شروع کار اداره و دیگری در هنگام ظهر و موقع نماز و ناهار و استفاده از آب گرم مصرفی می باشد که البته اثرات آن بر روی مصرف گاز شبکه ناچیز می باشد ولی با این وجود در صورت استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه با توجه به افزایش دمای هوا به هنگام ظهر و نیاز گرمایش کمتر در این مقطع زمانی نیز پیک زدایی صورت می پذیرد.

## ۲-۳- کنترل مستقیم و از مبداء تجهیزات حرارتی ساختمان :

با اجرای روشهای مختلف بهینه سازی در ساختمانهایی که دارای سیستم حرارت مرکزی می باشند، فرآیند صرفه جویی و کاهش مصرف سوخت نهایتاً منجر به تقلیل زمان کارکرد مشعل ها به دو صورت مستقیم و یا غیر مستقیم می گردد.

در تمامی روشهای بهینه سازی مصرف سوخت، به استثناء سیستمهای کنترل هوشمند، کاهش زمان کارکرد مشعلها بصورت غیرمستقیم و با :

- کاهش نرخ افت دمای آب گرم چرخشی، مانند استفاده از عایق های حرارتی در بدنه دیگها، منابع آب گرم مصرفی و سیستمهای لوله کشی گرمایش از کف، مشعل پربازده
- کاهش حجم آب گرم چرخشی در ساختمان، مانند شیر ترموستاتیک رادیاتور
- کاهش توام موارد فوق، مانند پنجره دوجداره، عایق کاری حرارتی سقف و کف دیوارها می باشد.

در صورتیکه سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه بطور مستقیم علاوه بر کنترل زمان روشنی-خاموشی مشعلها، پمپهای آب گرم چرخشی را نیز با منطقی هماهنگ و سازگار با برنامه کارکرد مشعل ها، متناسب با تغییرات دمای خارج ساختمان و شرایط مطلوب دمای آب گرم مصرفی کنترل می نماید.

این ویژگی منحصر بفرد (کنترل تجهیزات در مبداء) باعث می گردد تا دمای آب گرم چرخشی تنها به اندازه مورد نیاز و تا برقراری شروط مصرف گرمایشی افزایش یابد. در غیراینصورت همواره دمای آب گرم چرخشی در بالاترین حد خود بوده و با اجرای روشهای بهینه سازی در محل مصرف می بایست از اتلاف آن جلوگیری نمود. علاوه بر آن کنترل

مستقیم پمپهای آب گرم چرخشی به میزان قابل ملاحظه ای در مصرف انرژی الکتریکی، صرفه جویی شده و هزینه های استهلاک و سرویس-نگهداری نیز به شدت کاهش می یابند.

#### ۴-۲- بهینه سازی مضاعف مصرف سوخت در ساعتهای تعطیلی ساختمانهای غیرمسکونی :

قابلیتهای کنترلی سیستم های هوشمند موتورخانه موجب صرفه جویی در مصرف سوخت به دو صورت زیر می گردند :

**الف- کنترل مصارف گرمایشی در زمان کارکرد و بهره برداری از موتورخانه**

ب- امکان خاموشی و یا آماده باش موتورخانه در دمایی ثابت و پائین پس از ساعت کاری در ساختمانهای غیرمسکونی ساختمانها به لحاظ کاربری به دو دسته مسکونی و غیرمسکونی (اداری- آموزشی- عمومی- تجاری) تقسیم می شوند در ساختمانهای مسکونی از موتورخانه بصورت پیوسته و دائم به منظور تامین مصارف گرمایشی استفاده می شود و صرفه جویی ناشی از عملکرد سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه در این دسته از ساختمانها صرفاً به لحاظ اعمال تغییرات دمای خارج ساختمان و کنترل دمای آب گرم مصرفی می باشد و صرفه جویی در این ساختمانها تا ۲۰٪ امکان پذیر است.

در ساختمانهای غیرمسکونی مانند ادارات و مدارس بدلیل استفاده منقطع و غیرپیوسته از ساختمان امکان خاموشی و یا آماده باش موتورخانه پس از ساعت کاری نیز وجود دارد. بهره برداری از این پتانسیل تنها توسط سیستمهای کنترل هوشمند امکان پذیر می باشد. بعنوان مثال در مدرسه ای که ساعت کاری آن از ساعت ۷ صبح تا ۱۶ عصر می باشد و جمعه ها نیز تعطیل است، تنها از محل خاموشی موتورخانه پس از ساعت کاری بیش از ۵۵٪ صرفه جویی حاصل می شود و در صورتیکه صرفه جویی زمان کارکرد موتورخانه نیز به آن اضافه گردد این رقم صرفه جویی به حدود ۶۵٪ افزایش می یابد.

در سایر روشهای بهینه سازی، صرفه جویی در مصرف سوخت تنها در زمان کارکرد موتورخانه ممکن می باشد و قادر به استفاده از پتانسیل بالای صرفه جویی زمان تعطیلی در ساختمانهای غیرمسکونی نمی باشند.

#### ۵-۲- صرفه جویی هوشمند در پیش راه اندازی و تسریع در خاموشی (یا دمای آماده باش) موتورخانه

##### ساختمانهای غیرمسکونی:

یکی دیگر از پتانسیلهای قابل ملاحظه صرفه جویی در مصرف سوخت ساختمانهای اداری-آموزشی، استفاده از قابلیتهای هوشمند پیش راه اندازی و تسریع در خاموشی یا آماده باش سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه در ساختمانهای غیرمسکونی می باشد. با توجه به اطلاعات ارسالی از سنسور حرارتی که در ضلع شمالی ساختمان نصب شده است، سیستم های کنترل هوشمند قادر می باشند طبق برنامه جدول زمانی و متناسب با سردی هوای خارج ساختمان موتورخانه ها را از چندین ساعت زودتر از ساعت شروع به کار ساختمان روشن و یا از دمای آماده باش به شرایط تابع حرارتی برسانند. همچنین با توجه به دمای هوای خارج ساختمان و در ساعات انتهایی کار ساختمان، تا ۱ ساعت زودتر موتورخانه را خاموش و یا به دمای آماده باش می برند که موجب صرفه جویی هوشمند در مصرف سوخت میگردد.

#### ۶-۲- دوره موثر صرفه جویی و بهینه سازی مصرف سوخت (۱۲ ماه سال) :

سیستم های کنترل هوشمند بر خلاف سایر روشهای بهینه سازی (به استثناء عایق کاری موتورخانه و سیستم های لوله کشی) که تنها در دوره سرما و پنج یا شش ماه سال قادر به صرفه جویی و بهینه سازی مصرف سوخت ساختمان می باشند، بدلیل کنترل دمای آب گرم مصرفی با دو دمای حداقل و حداکثر در طی شبانه روز در تابستانها نیز به میزان قابل ملاحظه ای مصرف سوخت را کاهش می دهند و بدین ترتیب بصورت لحظه ای در ۱۲ ماه سال فعال می باشند.

## ۷-۲- زمان مناسب نصب و بهره برداری از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه :

مدت زمان نصب و راه اندازی سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه بسیار کوتاه و بطور متوسط در حدود ۳ ساعت می باشد که بدون هیچگونه تغییرات مکانیکی در موتورخانه انجام می گردد. بهمین علت این روش در هر زمان از سال قابل اجرا می باشد و هیچگونه وقفه ای در تامین مصارف گرمایشی ساختمان بوجود نمی آورد.

در دیگر روشهای بهینه سازی این فاکتور عامل محدودکننده ای برای زمان اجرای پروژه می باشد. بعنوان مثال پنجره های دو جداره را نمی توان در فصل سرما و در ساختمانهایی که از آن بهره برداری شده است اجرا نموده یا تعویض شیرهای ترموستاتیک رادیاتور با شیرهای قدیمی در زمستان موجب اختلال چند روزه در گرمایش ساختمان می گردد.

## ۸-۲- تثبیت محدوده آسایش حرارتی در ساختمان :

در صورت استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه بدلیل لحاظ نمودن تغییرات دمای خارج ساختمان بر فرآیند کنترل دمای آب گرم چرخشی دمای داخل ساختمان با دامنه نوسانات محدودی کنترل شده و موجب تثبیت نسبی آسایش حرارتی ساکنین می گردد. البته این ویژگی بصورت دقیق تر در شیرهای ترموستاتیک رادیاتور نیز وجود دارد.

## ۳. معرفی قابلیت های فنی و امکانات سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه :

سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه دارای قابلیت ها و امکاناتی برای کنترل تجهیزات موتورخانه اعم از مشعل، پمپ سیرکولاسیون آب گرم چرخشی می باشند که نحوه عملکرد و کنترل آنها می بایست متناسب با شرایط ساختمان، آب و هوا و اقلیم محل استفاده، نحوه طراحی و اجرای موتورخانه ها و فرهنگ مصرف کنندگان باشد. از مهمترین قابلیت ها و توانایی های فنی سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه هماهنگ با موارد فوق الذکر به موارد زیر می توان اشاره نمود :

### ۱-۳- کنترل دمای حداکثر و حداقل آب گرم مصرفی در طی شبانه روز :

این سیستم ها می بایست قابلیت کنترل دمای آب گرم مصرفی در دو بازه زمانی و با دو دمای مختلف در طی شبانه روز را دارا باشند.

### ۲-۳- کنترل گرمایش توسط منحنی حرارتی با قابلیت تغییر منحنی (تغییر دمای داخل ساختمان) :

با توجه به نصب سنسور حرارتی در خارج ساختمان و بر روی مسیر رفت آب گرم چرخشی در موتورخانه این امکان بوجود می آید تا کنترل گرمایش توسط یک منحنی حرارتی که در آن دمای آب گرم چرخشی در وسایل گرمایشی (رادیاتور- فن کویل- هواساز) تابعی از درجه حرارت محیط خارج ساختمان گردد. وجود این تابع حرارتی موجب تثبیت دمای آسایش حرارتی در داخل ساختمان می گردد.

### ۳-۳- شناسایی هوشمند وضعیت تابستانی / زمستانی تاسیسات حرارتی :

امکان شناسایی هوشمند وضعیت تابستانی و زمستانی موجب می گردد تا سیستم کنترل با استفاده از اندازه گیری های لحظه ای دمای محیط خارج ساختمان به صورت خودکار به وضعیت تابستانی و یا زمستانی وارد شود. البته بدلیل ایجاد ثبات در نحوه کنترل و فرمانهای روشنی و خاموشی به تجهیزات دمای وضعیت تابستانی- زمستانی می بایست دارای یک محدوده هیستریزس باشد. بعنوان مثال دماهای کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد بعنوان حالت زمستانی و

دماهای بالاتر از ۱۹ درجه سانتیگراد بعنوان وضعیت تابستانی در نظر گرفته شود و در داخل این بازه دمایی (۱۵ تا ۱۹ درجه سانتیگراد) نیز با حفظ وضعیت قبلی، تجهیزات موتورخانه را کنترل نماید. در حالت تابستانی مشعلها و پمپها صرفاً بدلیل کاهش دمای آب گرم مصرفی روشن می شوند. همچنین در صورتیکه دمای محیط خارج ساختمان کمتر از ۱۵ درجه سانتیگراد شود، سیستم به صورت خودکار وارد وضعیت زمستانی می شود، در این صورت علاوه بر کنترل دمای آب گرم مصرفی، دمای آب گرم چرخشی نیز متناسب با تغییرات دمای محیط خارج ساختمان و طبق منحنی حرارتی به منظور تامین گرمایش ساختمان کنترل می شود. با توجه به تنوع آب و هوایی در اقلیم های متفاوت و وجود درصدهای مختلف رطوبت نسبی این سیستم ها می بایست دارای آستانه متغیر تابستانی - زمستانی نیز باشند.

#### ۳-۴- قابلیت کنترل تعداد مشعلهای در سرویس متناسب با بار حرارتی ساختمان :

به منظور افزایش درصد صرفه جویی و استفاده موثر از مشعلها در صورتیکه در موتورخانه ای بیش از یک مشعل باشد، مشعل با ظرفیت حرارتی بیشتر بعنوان مشعل پیشرو و سایر مشعلها بعنوان مشعل پسرو طبق پارامترهای تنظیم شده مورد نظر و در صورتی وارد مدار می شوند که مشعل پیشرو قادر به تامین بار حرارتی مورد نیاز نباشد.

#### ۳-۵- قابلیت تنظیم و تغییر پارامترهای کنترلی مشعل :

به منظور افزایش راندمان عملکرد مشعلها و افزایش ایمنی آنها، این سیستم ها می بایست دارای پارامترهای کنترلی قابل برنامه ریزی نظیر حداقل زمان روشنی مشعل، حداقل زمان خاموشی مشعل، حداکثر زمان کارکرد مشعل و پارامتر راه اندازی مشعل پسرو باشند.

#### ۳-۶- قابلیت کنترل عملکرد پمپهای سیرکولاسیون در حالت های تابستانی / زمستانی :

با توجه به نحوه کاربری تجهیزات در تاسیسات حرارتی ساختمان ها یکی از موارد بسیار مهم در استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه قابلیت راه اندازی و کنترل پمپهای سیرکولاسیون آب گرم چرخشی هماهنگ با کارکرد مشعلها می باشد. این ویژگی علاوه بر کاهش مصرف انرژی الکتریکی و استهلاک پمپها موجب عملکرد صحیح مشعل و جلوگیری از مصرف بی رویه سوخت نیز می گردد.

#### ۳-۷- قابلیت کنترل شیر برقی تابستانی / زمستانی :

در اصول صحیح طراحی موتورخانه می بایست مسیرهای آب گرم چرخشی برای مصارف گرمایشی و تامین آب گرم مصرفی از یکدیگر جدا باشد تا در روزهایی که هوای خارج ساختمان گرم می باشد و نیاز به دمای کمتری برای آب گرم چرخشی است بطور همزمان بتوان از مسیری مستقل آب گرم مصرفی با دمای مطلوب را نیز در اختیار داشت. در حال حاضر طراحی و اجرای موتورخانه ها در ایران به صورت فوق نمی باشد و آب گرم چرخشی از یک محل مشترک برای دو مسیر فوق فرستاده می شود. با توجه به اینکه زمانهای نیاز به گرمایش و پیک مصرف آب گرم همسو نمی باشد، مثلاً در حوالی ظهر که بدلیل افزایش دمای محیط خارج ساختمان نیاز به گرمایش کمتری داریم در اوج مصرف آب گرم بهداشتی قرار گرفته ایم. در نتیجه نحوه طراحی موتورخانه ها کماکان مشکلات خاصی را بوجود می آورد. بعنوان مثال در یک روز گرم زمستان که آب چرخشی در رادیاتورها با دمای متوسط در حدود ۵۰ درجه سانتیگراد قادر به تامین دمای مطلوب داخل ساختمان می باشد قابلیت تامین دمای مطلوب آب گرم مصرفی را ندارد. بنابراین مشعلها تنها بخاطر جبران دمای آب گرم مصرفی روشن شده و به طبع آن حجم عظیمی از آب گرم چرخشی داخل رادیاتورها نیز بیهوده گرم شده و موجبات کلافگی ساکنین را فراهم می آورد. برای حل چنین مشکلی با نصب و کنترل یک شیر برقی بر روی مسیر رفت آب گرم چرخشی رادیاتورها، در روزهای گرم زمستان و در صورتی که از گرمایش مطلوب

رادیاتورها اطمینان حاصل شود، شیر برقی، مسیر مذکور را بسته و موتورخانه را به حالت تابستانی در می آورد. در نتیجه آب گرم مصرفی نیز در مدت زمانی کوتاه و با مصرف سوخت کمتر به دمای مطلوب می رسد.

### ۳-۸- قابلیت راهبری موتورخانه در وضعیت های بحرانی احتمالی :

این سیستم ها می بایست دارای قابلیت کنترل تجهیزات در شرایط بحرانی باشند بعنوان مثال در هنگامی که بنا به هر دلیلی سنسورهای حرارتی قطع شوند می بایست در وضعیتی نسبتاً مطلوب راهبری موتورخانه را تا رفع اشکال ادامه دهند.

### ۳-۹- اعلام آلام های صوتی - تصویری در شرایط بحرانی :

در صورت وقوع حالت های بحرانی به منظور اطلاع مصرف کننده از وضعیت پیش آمده سیستم می بایست با آلام های صوتی - تصویری وضعیت جدید را اطلاع دهد.

### ۳-۱۰- تعریف دماهای بحرانی آب گرم مصرفی و آب گرم چرخشی به منظور افزایش ایمنی :

در برخی مواقع بدلیل سپری شدن عمر مفید ترموستاتها احتمال یکسره شدن آن و آسیب دیدگی دیگ خصوصاً در تابستانها که حجم آب گرم چرخشی در موتورخانه کم می باشد وجود دارد. برای جلوگیری از اتفاق چنین حادثه ای و به منظور افزایش ضریب ایمنی موتورخانه برای سنسورهای حرارتی نصب شده روی لوله ها دمای بحرانی تعریف شده می گردد.

### ۳-۱۱- قابلیت کالیبراسیون نرم افزاری سنسورهای حرارتی :

برای انجام تنظیمات دوره ای و تصحیح خطاهای احتمالی بوجود آمده در اندازه گیری دمای سنسورهای حرارتی امکان کالیبراسیون نرم افزاری آنها وجود داشته باشد.

### ۳-۱۲- منوی تست خروجی ها :

پس از نصب تجهیزات کنترل هوشمند در موتورخانه و به منظور حصول اطمینان از صحت کارکرد صحیح و سیم کشی برق تجهیزات می بایست قابلیت خاموش - روشنی پمپها و مشعلها بصورت دستی و از روی دستگاه کنترل هوشمند وجود داشته باشد.

### ۳-۱۳- قابلیت انتخاب حالت کارکرد Manual موتورخانه و By pass نمودن سیستم کنترل هوشمند :

سیستم کنترل موتورخانه علاوه بر وضعیت اتوماتیک کنترل باید قابلیت بازگشت به وضعیت پیشین موتورخانه و کنترل دما توسط ترموستات را در مواقع نیاز داشته باشد. این موارد شامل : خرابی احتمالی دستگاه، انجام تعمیرات در موتورخانه، نیاز به کارکرد موتورخانه در روزهای تعطیل و ایام ویژه می باشد.

### ۳-۱۴- دارای جدول زمانی به تفکیک روزهای هفته:

به منظور غیرفعال نمودن موتورخانه (خاموشی/ آماده باش) پس از ساعت کاری ساختمانهای غیر مسکونی مانند ادارات- مدارس- ساختمانهای عمومی و تجاری برای دستیابی به حداکثر میزان صرفه جویی در مصرف سوخت و کاهش استهلاک سیستم کنترل باید دارای قابلیت جدول زمانی به تفکیک روزهای هفته باشد.

### ۱۵-۳- قابلیت برنامه ریزی دستگاه متناسب با نوع وسایل گرمایشی:

پایانه های حرارتی در ساختمانهایی که از سیستم حرارت مرکزی استفاده می نماید متفاوت بوده و در آنها از رادیاتور، فن کوئل، هواساز استفاده می گردد. تنوع در پایانه های حرارتی موجب ویژگی های خاص آنها در رابطه با دمای آب گرم چرخشی می گردد بنابراین سیستمهای کنترل هوشمند نیز می بایست قابلیت کنترل دمای آب گرم چرخشی متناسب با نوع وسایل حرارتی را داشته باشند.

### ۱۶-۳- قابلیت پیش راه اندازی و تسریع در خاموشی هوشمند موتورخانه در ساختمانهای غیر مسکونی:

جهت کارآیی بیشتر در صرفه جویی سوخت این سیستم ها میبایست قابلیت پیش راه اندازی و تسریع در خاموشی یا آماده باش موتورخانه ها را متناسب با دمای محیط خارج ساختمان داشته باشند.

### ۱۷-۳- برنامه Anti-frost و ضد انجماد سیستم لوله کشی (ویژه ساختمانهای غیر مسکونی):

در ساختمانهای غیر مسکونی مانند ادارات- مدارس و مجتمع های تجاری و عمومی بدلیل ماهیت و نوع کاربری ساختمان که از آنها در طی شبانه روز استفاده غیر پیوسته می گردد در ساعاتی که ساختمان تعطیل است بدلیل جلوگیری از یخ زدگی و انجماد آب در لوله های تأسیسات حرارتی، می توان از امکان **Anti - frost** سیستم کنترل استفاده نمود.

### ۱۸-۳- برنامه Stand by و آماده باش موتورخانه (ویژه ساختمانهای غیر مسکونی):

در صورت عدم استفاده از امکان خاموشی کامل تأسیسات حرارتی ساختمانهای غیر مسکونی پس از ساعت کاری ساختمان، این سیستم ها می بایست دارای قابلیت کنترل موتورخانه بعد از این ساعت و در حالت آماده باش (دمایی ثابت و پائین بعنوان مثال ۳۵ درجه سانتیگراد) را داشته باشد.

### ۱۹-۳- قابلیت تغییر اتوماتیک ساعت و تقویم سالانه :

در برخی از کشورها بدلیل مختلف از جمله کاهش مصرف انرژی الکتریکی در فصول مختلف سال ساعت رسمی کشور جابجا می گردد. سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه می بایست دارای قابلیت تغییر خودکار ساعت رسمی کشور داشته باشد تا اختلالی در فرآیند کنترل مصارف گرمایشی ساختمان که تابعی از زمان نیز می باشد بوجود نیاید. بعنوان مثال در کشور ایران تغییر ساعت رسمی کشور در ابتدای فروردین و ۳۰ شهریور می باشد. از دیگر عوامل موثر در کنترل زمانی وجود تقویم سالانه برای پیش بینی تعطیلات رسمی و غیر فعال نمودن موتورخانه ساختمانهای غیر مسکونی در این ایام می باشد که به عنوان مثال برای استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه در کشور ایران، این سیستم ها می بایست دارای تقویم شمسی باشند.

### ۴. ارائه الگوهای صرفه جویی با توجه به نوع کاربری ساختمان :

با توجه به تنوع کاربری ساختمانها الگوهای صرفه جویی در مصرف سوخت نیز برای آنها متفاوت می باشد. ساختمانها به دو دسته مسکونی و غیر مسکونی دسته بندی می شوند. ساختمانهای غیر مسکونی نیز دارای کاربریهای متفاوتی از جمله اداری- تجاری- عمومی- آموزشی می باشند. صرفه جویی در مصرف سوخت حاصل از عملکرد سیستمهای کنترل هوشمند موتورخانه نیز دو دسته زیر تقسیم می شود :

- صرفه جویی ناشی از کنترل مصارف گرمایشی به هنگام بهره برداری از موتورخانه

- صرفه جویی ناشی از خاموشی و یا اعمال دمای آماده باش پس از ساعت کاری ساختمان

بنابراین با توجه به نوع کاربری ساختمان و نحوه کنترل موتورخانه الگوی صرفه جویی متفاوت می باشد که دیلاً به آن اشاره می گردد.

#### ۴-۱- الگوی صرفه جویی در ساختمانهای مسکونی (خانگی) :

کنترل مصارف گرمایشی در ساختمانهای مسکونی بصورت مستمر و مداوم و ناشی از کنترل دمای آب گرم مصرفی در ساعت مختلف شبانه روز و کنترل گرمایش متناسب با دمای محیط خارج ساختمان می باشد. صرفه جویی در مصرف سوخت ساختمانهای مسکونی در تابستان و زمستان و مجموعاً تا ۲۰٪ می باشد

#### ۴-۲- الگوی صرفه جویی در ساختمانهای غیرمسکونی :

##### ۴-۲-۱- ساختمانهای اداری :

در ساختمانهای اداری ساعت استفاده و بهره برداری از ساختمان طی شبانه روز منقطع می باشد. با استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه در این ساختمانها دو دسته صرفه جویی امکان پذیر می باشد. دسته اول در حین ساعت کاری اداره و کنترل مصارف گرمایشی متناسب با تغییرات دمای بیرون ساختمان و در دسته دوم امکان صرفه جویی پس از ساعت کاری اداری ساختمان می باشد. برای استفاده از پتانسیل موجود صرفه جویی پس از ساعت کاری می بایست موتورخانه ساختمان را خاموش و یا غیرفعال (دمای آماده باش پائین و ثابت آب گرم چرخشی) نمود. امکان خاموشی و یا دمای آماده باش موتورخانه در صورتی ممکن می باشد که مصارف گرمایشی نگهداری یا سرایداری ساختمان از موتورخانه مرکزی مستقل باشد و یا اصولاً کلیه بخشهای اداری ساختمان پس از ساعت کاری نیز تعطیل باشند. در این صورت مجموع صرفه جویی مصرف سوخت در زمان بهره برداری از موتورخانه و صرفه جویی ناشی از خاموشی یا آماده باش آن پس از ساعت کاری حداکثر تا ۷۵٪ می باشد.

در صورتی که مصارف گرمایشی سرایداری- نگهداری ساختمانهای اداری از موتورخانه مرکزی مجزا نباشد و یا تمامی بخش های ساختمان اداری بدلیل ماهیت و نوع فعالیت کاری به صورت دائم مورد استفاده قرار گیرند مانند کلانتری ها و ... ، از نظر صرفه جویی در مصرف سوخت ساختمان مانند ساختمان مسکونی با حداکثر ۲۰٪ صرفه جویی در مصرف سوخت می گردد.

البته لازم به ذکر است در صورت صرف هزینه برای جداسازی مصارف گرمایشی این نوع ساختمانها، خصوصاً ساختمانهایی که تنها دارای سرایداری و نگهداری می باشند جداسازی مصارف گرمایشی این واحدها از موتورخانه مرکزی فراهم شده و امکان استفاده از پتانسیل های بالای صرفه جویی پس از ساعت کاری ساختمان میسر می گردد. همچنین هزینه صرف شده نیز با توجه به افزایش درصد صرفه جویی در دوره کوتاه مدت بازگردانده می شود.

##### ۴-۲-۲- ساختمانهای آموزشی :

این ساختمانها نیز به لحاظ نوع کاربری مانند ساختمانهای اداری هستند با این تفاوت که برنامه کاری ساختمان منظم تر می باشد. البته از جهت دیگر بدلیل وجود امتحانات دوره ای و ... در مقاطعی از سال تحصیلی بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد. بهره برداری از موتورخانه در این ساختمانها بیشتر بدلیل تامین گرمایش می باشد و استفاده از آب گرم مصرفی دارای اولویت ویژه ای نمی باشد. تمامی موارد مربوط به پتانسیل های صرفه جویی در این ساختمانها نیز مانند ساختمانهای اداری (بخش ۱-۲-۴) می باشد. صرفه جویی قابل دسترس در این ساختمانها تا ۷۰٪ امکان پذیر می باشد.

##### ۴-۲-۳- ساختمانهای تجاری :

ساختمان پزشکان، مجتمع های تجاری، فروشگاه های زنجیره ای، مجتمع های تفریحی و ... از این قبیل ساختمانها می باشد که هر یک بنا به نوع کاربری دارای ساعت کاری متفاوت طی شبانه روز می باشند. بعنوان مثال مجتمع های

تجاری از ساعت ۹ الی ۲۲، فروشگاه های زنجیره ای از ساعت ۸ الی ۲۱، ساختمان پزشکان از ساعت ۱۵ الی ۲۱ مشغول به فعالیت می باشند.

از ویژگی این نوع ساختمانها تردد زیاد مراجعه کنندگان و تعداد رفت و آمدهای بالا در طی روز می باشد. بنابراین بدلیل تکرر دفعات تجدید هوا، پتانسیل صرفه جویی کاهش یافته و حداکثر تا ۵۰٪ می باشد.

#### ۴-۲-۴- ساختمانهای عمومی :

ساختمانهایی نظیر سالنهای ورزش، مساجد، کتابخانه ها، درمانگاه ها و ... از این نوع می باشند. کاربری و استفاده برخی از این ساختمانها نامنظم می باشد. بعنوان نمونه برخی از ورزشگاهها هر روز فعال بوده و برخی دیگر چندین روز در هفته تعطیل می باشند و در روزهای خاصی از آنها بهره برداری می شود. ساختمانهایی مانند مساجد، حسینیه ها و کتابخانه ها دارای ساعت استفاده منظم تری می باشند و در مجموع پتانسیل صرفه جویی در مصرف سوخت این ساختمانها بستگی به ساعت استفاده از آنها دارد و حداکثر تا ۵۰٪ می باشد.

### نتیجه گیری :

بنا به تائید سازمان بهینه سازی مصرف سوخت کشور، استفاده از سیستم های کنترل هوشمند موتورخانه موثرترین روش بهینه سازی مصرف سوخت با کوتاه ترین دوره بازگشت سرمایه در ساختمانهای غیرمسکونی (اداری- آموزشی- عمومی- تجاری) می باشد. ویژگی منحصر بفرد این سیستم ها، کنترل گرمایش از مبدا و امکان خاموشی یا آماده باش تجهیزات موتورخانه پس از ساعت کاری ساختمان می باشد و امکان استفاده از پتانسیل های صرفه جویی تا ۷۵٪ نیز فراهم می باشد.

بنابراین با توجه به ویژگی های منحصر بفرد و قابلیت های فنی این روش بهینه سازی مصرف سوخت خصوصاً قابلیت پیک زدایی مصرف سوخت در اوج سرما ضرورت استفاده گسترده از آن در ساختمانهای با کاربری غیرمسکونی بیش از پیش آشکار می گردد و لازم است دولت و دستگاههای ذیربط در جهت اجباری شدن استفاده از آن اقدامات لازم را انجام دهند.

### منابع :

- مقالات ارائه شده در همایشهای سوم و چهارم بهینه سازی مصرف سوخت در ساختمان