

طراحی و ساخت تابلوی کنترل و فرمان اتوماتیک تجهیزات موتورخانه بمنظور کاهش مصرف انرژی در تاسیسات حرارتی و برودتی ساختمان

مهندس رضا اتفاقی اسکویی^۱، مهندس غلامرضا خبازی^۲،
شرکت گزینه صنعت تاسیسات - تلفکس ۲۲۹۲۴۱۲۹

چکیده

در چند دهه اخیر با پیشرفت صنایع مختلف در جهان، صنعت برق و الکترونیک نیز از جایگاه ویژه ای برخوردار گشته و پیشرفت های چشمگیری نموده است. یکی از این پیشرفت ها ساخت تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر است. اینورتر دستگامی است که بوسیله آن میتوان فرکانس برق شهر و به تبع آن دور الکتروموتور را تغییر داد. حال اگر بتوان این فرکانس را کنترل و به عنوان قدرت محرک الکتروموتورها مورد استفاده قرار داد، میتوان تجهیزات الکترومکانیکی دور متغیری ساخت که ظرفیت خروجی از آنها متناسب با تغییر دور الکتروموتور تغییر کند بدیهی است عامل کنترل کننده فرکانس در سیستم های حرارتی دما است و چنین سنسوری، ترانسمیتر حرارتی (Temperature Transmitter) است. در سالهای اخیر در ایران معدود شرکت هایی موفق به ساخت تابلوهای کنترل و فرمان دور متغیر شده اند. در این مقاله شرح داده می شود که چگونه محقق این مقاله موفق به اختراع تابلوی کنترل و فرمان دور متغیری گشته است که فقط با استفاده از یک اینورتر کار مجموعه تجهیزات الکترومکانیکی هر سیستم را کنترل میکند. در تابلوی اخیر برای کنترل کار تجهیزات مذکور از یک برد کنترل و فرمان میکروپروسسوری هوشمند برنامه پذیر بمنظور کنترل کار نوبتی الکتروموتورها، یک جفت کنتاکتور برای هر الکتروپمپ، بی متال و سایر تجهیزات تابلویی لازم استفاده شده است.

واژه های کلیدی: اینورتر - دور متغیر - کاهش مصرف انرژی

۱- مقدمه

امروز جهان به ارزش انرژی پی برده و در جهت کاهش استفاده از آن قدم های مؤثری نیز برداشته است. هزینه های هنگفت تحقیقات جهانی برای کاهش مصرف انرژی و دستیابی به انرژی های جایگزین انرژی فسیلی موید اهمیت استفاده بهینه از انرژی است.

در ایران نیز اخیراً اقداماتی در جهت بهینه سازی مصرف انرژی برداشته شده است که آثار آن در بخش ساختمان اجباری شدن استفاده از پنجره با شیشه دو جداره و مطالعات جدی برای کاهش اتلاف انرژی با استفاده از عایق حرارتی مناسب در جدار خارجی ساختمانهای جدیدالاحداث میباشد. اقدامات مذکور در جهت جلوگیری از اتلاف انرژی است درحالیکه قدم اصلی در بهینه سازی مصرف سوخت صرف انرژی کمتر است که در این مقاله صرفاً به این موضوع اساسی پرداخته میشود. در صورتیکه تابلوهای

کنترل و فرمان دورمتغیر مذکور در تأسیسات موتورخانه ها بمنظور کنترل تعداد الکتروپمپ های در حال کار هر سیستم و تنظیم دور آنها مورد استفاده قرار گیرد ، میتوان دائماً متناسب با تغییرات شرایط محیط خارج طرح بطور اتوماتیک مقدار سیال عبوری از هر یک از سیستم های تأسیساتی را بمنظور تثبیت درجه حرارت های طراحی تنظیم نمود . با این روش تا ۴۰٪ در مصرف برق الکتروپمپ ها صرفه جویی میشود و با کنترل دائم مقدار سیال عبوری از هریک از سیستم ها ضمن تثبیت درجه حرارت داخلی ساختمان ، با استفاده از بالاترین راندمان تجهیزات تأسیساتی ، به بهینه سازی مصرف سوخت کمک شایانی میشود .

۲- آشنایی

ظرفیت تجهیزات تأسیساتی و مشخصات الکتروپمپ های سیستم های حرارتی و برودتی ساختمان بر اساس حداقل و حداکثر نسبی دمای طرح خارج تعیین میگردد ولی به دلیل تغییردمای محیط خارج در طول ساعات شبانه روز ، روزهای هر ماه و ماههای هر فصل نسبت به درجه حرارت طراحی همیشه ظرفیت کامل تجهیزات مذکور موردنیاز نمیشود. سازندگان تجهیزات تأسیساتی برای کنترل توان خروجی مورد نیاز دستگاههای خود از لوازم کنترل و اندازه گیری خاص استفاده میکنند و تجهیزات کنترلی لازم برای عبور مقادیرمختلف سیال حرارتی و برودتی مورد نیاز از تجهیزات مذکور و دستگاهها و واحدهای گرمایشی و سرمایشی فضاهاى مختلف ساختمان برای کنترل درجه حرارت های طراحی توسط مهندسين طراح در طرح پیش بینی میگردد .

در حال حاضر حتی در موتورخانه های بزرگ و پیشرفته از بین تأسیسات موتورخانه ، الکتروپمپ ها وسائلی هستند که معمولاً راه اندازی آنها توسط اپراتور و بصورت دستی انجام میگردد . الکتروپمپ های سیرکولاسیون مدار آب سرد و گرم فن کوپل ها و هواسازها، مدار آب گرم رادیاتورها ، مدار آب برج های خنک کننده وغیره از آن جمله اند .

۳- شرح موضوع

راه اندازی دستی الکتروپمپ ها موجب میگردد تا هیچگونه کنترلی برای عبور مقدار سیال موردنیاز بمنظور حصول اختلاف درجه حرارت پیش بینی شده در طرح در تجهیزات موتورخانه و واحدهای گرم و سردکننده محلی و مرکزی ساختمان وجود نداشته باشد .

عبور مقدار سیال تاسیساتی مازاد بر نیاز از تجهیزات و واحدهای مذکور موجب میگردد تا به لحاظ افزایش سرعت عبور سیال، اختلاف درجه حرارت طرح در آن حاصل نشود و کمتر بودن مقدار سیال عبوری عاملی است تا اختلاف درجه حرارت سیال بیشتر از درجه حرارت طرح گردد. تغییر درجه حرارت محیط خارج طرح نیز موجب میگردد تا اتلافات حرارتی و برودتی ساختمان در طول ساعات شبانه روز تغییر کند .

به لحاظ ثابت بودن مشخصات هریک از دستگاهها و نقطه کار ثابت هر یک از الکتروپمپهای منصوب در هر یک از سیستم ها، باید بتوان برای کنترل درجه حرارت سیال خروجی از دستگاهها، مقادیر سیال عبوری از آنها را متناسب با نیاز کنترل نمود. برای حصول به این مقصود مهندسين طراح تاسیسات، اغلب از شیرهای سه راهه موتوری و مشابه آن استفاده مینمایند.

در شیرهای سه راهه سیال مازاد بر نیاز بدون گذر از دستگاه از مسیربای پاس عبور مینماید که این یکی از مهمترین نکات ضعف شیرهای سه راهه در اتلافات انرژی است زیرا سیال عبوری از مسیر بای پاس هیچگونه نقشی در عملکرد دستگاه ندارد. در این شرایط شاید در نگاه اول اتلافات انرژی قابل صرفنظر بنظر برسد، ولی با تأمل بیشتر ملاحظه میگردد که این مقادیر محسوس و قابل ملاحظه اند.

حال این سوال پیش میاید که برای کنترل مقدار سیال عبوری موردنیاز از تجهیزات، بمنظور ثابت نگاه داشتن درجه حرارت های طراحی در شرایط متفاوت درجه حرارت محیط خارج، بدون استفاده از شیرهای کنترل سه راهه موتوری و مشابه آن چه باید کرد و چگونه؟

جواب ساده است، کنترل مقدار سیال موردنیاز بوسیله تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر.

برای رسیدن به این مقصود اولین گام ساخت وسیله ای است که بتواند دور الکتروموتورهای معمول را که با برق شهر (A.C.) کار میکنند تغییر دهد. تابلوی کنترل و فرمان دورمتغیر با استفاده از اینورترتو ضمن نداشتن معایب مورد بحث شیرهای سه راهه کنترلی با محاسن بی شمار، تنها جایگزین شایسته شیرهای کنترلی مذکور است.

این تابلوها دقیقاً همان تابلوهای کنترل و فرمان بوسترپمپ های دور متغیر است با این تفاوت که بجای پرشرترانسمیتر متناسب با کاربرد تابلوی مذکور در تاسیسات موتورخانه ها و صنایع مختلف از سنسورهای مناسب دیگر از قبیل سنسور درجه حرارت، رطوبت، PH و... استفاده شده است.

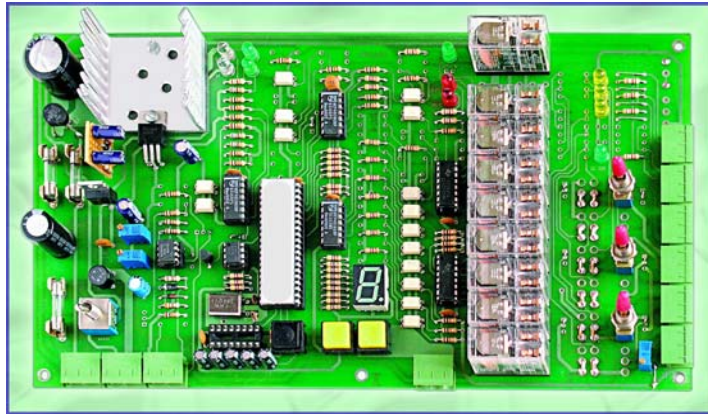
۴- عملکرد تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر در سیستم های تاسیساتی

در هر یک از سیستم های سیرکولاسیون تاسیساتی با روشن شدن دستی یک یا چند الکتروپمپ آنهم با دور نامی نمیتوان درجه حرارت های طراحی آن سیستم را کنترل نمود

برای ثابت نگاه داشتن نقاط طراحی هر سیستم باید بتوان با انتخاب تعداد الکتروپمپ های در حال کار و تنظیم دور آنها مقدار سیال در حال گردش را کنترل نمود. بدین منظور در تابلوی کنترل و فرمان ساخته شده توسط محقق از تجهیزات زیر استفاده شده است:

۱- یک دستگاه اینورتر که با تغییر فرکانس برق شهر اعمالی به الکتروموتور تحت پوشش خود دور آن را از حالت سکون تا دور نامی برای ثابت نگاه داشتن درجه حرارت مورد نظر کنترل میکند.

۲- برد کنترل میکروپروسسوری هوشمند برای امکان انتخاب نوبتی الکتروپمپ تحت پوشش اینورتر.



شکل شماره ۱ : نمونه برد کنترل میکروپروسسوری هوشمند ساخته شده

- ۳- یک جفت کنتاکتور برای امکان کار هر یک از الکتروپمپ ها با برق شهر و با برق اینورتر.
 ۴- سایر تجهیزات مدار فرمان ، مدار قدرت و حفاظت تابلویی .

کار اولین الکتروپمپ هر یک از سیستم های تأسیساتی با فرمان سنسور درجه حرارت پیش بینی شده در آن سیستم از حالت سکون تا دور نامی به نرمی و متناسب با درجه حرارت تنظیم شده بواسطه پنانسیومتر پیش بینی شده روی برد کنترل با بسته شدن مدار کنتاکتور اینورتر پمپ شماره ۱ آغاز میگردد .

در صورتیکه با افزایش دور الکتروپمپ شماره ۱ به دور نامی درجه حرارت مورد نظر تأمین نگردد در یک لحظه کنتاکتور مدار اینورتر الکتروپمپ شماره ۱ باز و همزمان با آن مدار کنتاکتور برق شهر همان الکتروپمپ بسته میشود تا الکتروپمپ با همان دور نامی به کار خود ادامه دهد و اینورتر برای تحت پوشش درآوردن الکتروپمپ شماره ۲ آزاد گردد روشن شدن متوالی الکتروپمپ ها به این منوال ادامه مییابد تا سیستم به درجه حرارت طراحی تنظیم شده برسد . در این حال فرکانس آخرین الکتروپمپ روشن که در مدار اینورتر قرار دارد متناسب با تغییرات درجه حرارت محیط خارج دائماً تغییر میکند تا درجه حرارت طراحی سیستم را همواره ثابت نگاه دارد . با نیاز به کاهش مقدار سیال و رسیدن فرکانس الکتروپمپ تحت فرمان اینورتر به صفر این الکتروپمپ از مدار خارج میگردد و مدار اولین پمپی که وارد سیستم شده بود مجدداً تعویض میشود تا برای تغییر دور ، تحت فرمان اینورتر قرار گیرد.
 تعویض نوبتی الکتروپمپ ها (CHANGE OVER) موجب میگردد تا در طول عمر سیستم کلیه الکتروپمپ ها به یک اندازه کار کنند و استهلاک سیستم به میزان قابل ملاحظه ای کاهش یابد .
 برای پی بردن به ارزش تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر به معایب استفاده از شیرهای کنترلی سه راهه به شرح زیر اشاره میشود:

- ۱- به لحاظ غیر مفید بودن سیال عبوری از مسیر بای پاس شیرهای کنترلی بخشی از انرژی الکتریکی مصرفی در الکتروپمپ ها تلف میشود.

۲- عبور سیال مازاد بر نیاز از شبکه های لوله کشی موجب اتلاف حرارتی یا برودتی بیشتر میگردد.

۳- جریان سیال بیشتر ، عمر مفید شبکه های لوله کشی را کاهش میدهد.

۴- استهلاک الکتروپمپ ها بدلیل کار دائم آنها و پمپاژ سیال مازاد بر نیاز ، زیاد است.

۵- شیرهای کنترلی با صرف هزینه های زیاد تهیه میشود.

۶- برای سرویس و نگهداری شیرآلات و تجهیزات کنترلی به افراد با تخصص بالا نیاز است.

۵- موارد استفاده از تابلوهای کنترل و فرمان دور متغیر در موتورخانه ها

تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر با استفاده از سنسوردرجه حرارت برای تنظیم مقدار سیال عبوری از تجهیزات تأسیساتی بمنظور تثبیت درجه حرارت های طراحی به شرح ذیل کاربرد دارند .



شکل شماره ۲ : نمونه تابلوی کنترل و فرمان ساخته شده

۱- سیرکولاسیون مدار آب سرد و گرم فن کویل ها و هواسازها

۲- سیرکولاسیون مدار آب گرم رادیاتورها

۳- سیرکولاسیون مدار کویل منابع آب گرم کویلی

۴- سیرکولاسیون مدار آب برج های خنک کننده بمنظور تثبیت درجه حرارت سیال خروجی از کندانسور چیلرها

۵- تنظیم سرعت دوران فن برج خنک کننده جهت ثابت نگاه داشتن درجه حرارت آب ورودی به کندانسور چیلر از تشتک برج خنک کننده .

سایر موارد استفاده از تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر در تأسیسات مرتبط ساختمان

- ۱- تنظیم اکسیژن محلول در فاضلاب تصفیه خانه ها
- ۲- تنظیم PH پساب فاضلاب خروجی از تصفیه خانه های فاضلاب
- ۳- تنظیم PH آب آشامیدنی در تصفیه خانه های آب

سیرکولاسیون مدار آب سرد و گرم فن کویل ها و هواسازها

در سیستم های تهویه مطبوع الکتروپمپ های سیرکولاسیون بصورت دستی راه اندازی میشوند و کنترل درجه حرارت هوای فضاهاى مجهز به فن کویل گرچه با ترموستات اطاقی دو منظوره انجام میگردد ، ولی در این سیستم نیز کنترلی برای مقدار سیال عبوری مورد نیاز بخصوص زمانیکه فن دستگاه با فرمان ترموستات اطاقی خاموش است ، وجود ندارد و گذر آب در فن کویل پس از خاموش شدن فن آن موجب تغییر درجه حرارت هوای داخل خواهد شد .

بیشتر بودن مقدار سیال عبوری نسبت به مقدار مورد نیاز موجب میگردد تا سیال در زمان عبور از واحدهای اطاقی فرصت کافی برای تبادل حرارت با هوای فضای مورد نظر را نداشته باشد و اختلافات درجه حرارت سیال لوله رفت و برگشت کمتر از درجه حرارت طرح باشد و یا کمتر بودن مقدار سیال عبوری نسبت به مقدار مورد نیاز به دلیل بالا رفتن زمان ماند سیال در واحدهای اطاقی موجب افزایش اختلاف درجه حرارت سیال ورودی و خروجی گردد.

با استفاده از تابلوی دورمتغیر برای کنترل و فرمان الکتروپمپ های سیرکولاسیون مدار فن کویل ها و نصب سنسور درجه حرارت روی لوله برگشت در موتورخانه میتوان مقدار سیال عبوری را بر اساس تثبیت درجه حرارت برگشت سیال بطور اتوماتیک کنترل نمود .

سیرکولاسیون مدار آب گرم رادیاتورها

مشابه سیرکولاسیون مدار آب سرد و گرم فن کویل ها و هواسازها ، با استفاده از تابلوی دورمتغیر برای فرمان به الکتروپمپ های سیرکولاسیون رادیاتورها و نصب سنسور کنترل درجه حرارت روی لوله برگشت در موتورخانه مقدار جریان سیال بطور اتوماتیک به گونه ای تنظیم میشود که درجه حرارت آب برگشت رادیاتورها ثابت بماند .

سیرکولاسیون مدار کویل منابع آب گرم

مشابه مدار آب فن کویل ها و رادیاتورها ، با استفاده از تابلوی کنترل و فرمان دورمتغیر و نصب سنسور درجه حرارت روی منبع کویلی میتوان مقدار جریان آب کویل را برای ثابت ماندن درجه حرارت آب منبع کنترل نمود .

سیرکولاسیون مدار آب برج خنک کننده

ثابت ماندن درجه حرارت آب ورودی و خروجی به کندانسور چیلرها مطابق با درجه حرارتهای طراحی برای عملکرد صحیح چیلرها بخصوص چیلرهای جذبی ضروری است .

در مناطقی که اختلاف درجه حرارت محیط خارج در طول شبانه روز زیاد است ، در صورت عدم کنترل درجه حرارت آب برج خنک کننده ، این اختلاف درجه حرارت موجب کریستالیزه شدن محلول لیتیوم بروماید در چیلرهای جذبی خواهد شد . با استفاده از تابلوی کنترل و فرمان دورمتغیر برای کنترل الکتروپمپ های مدار برج خنک کننده و نصب سنسور درجه حرارت روی لوله خروجی از کندانسور چیلر میتوان مقدار سیال عبوری از آن را بطور اتوماتیک برای ثابت ماندن درجه حرارت آب خروجی از کندانسور براساس طرح کنترل نمود .

تنظیم سرعت دوران فن برج خنک کننده

اگر چه کار هواکش برج خنک کننده توسط ترموستات چند مرحله ای قابل کنترل است ولی در زمان روشن بودن هواکش ، بخشی از آب نرم برج خنک کننده که توسط افشانک ها در مسیر هوای عبوری از برج خنک کننده پاشیده میشود همراه با هوا خارج شده و به هدر می رود . در صورت استفاده از تابلوی کنترل و فرمان دورمتغیر جهت کنترل دور هواکش برج خنک کننده و نصب سنسور درجه حرارت روی لوله ورودی به کندانسور میتوان درجه حرارت آب ورودی به کندانسور چیلر را با کنترل دور هواکش برج خنک کننده مطابق طرح دائماً ثابت نگاه داشت .

۶- محاسن استفاده از تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر در موتورخانه ها

تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر علاوه بر مزایایی که در جایگزینی با شیرهای سه راهه موتوری به آن اشاره شد دارای مزایای زیر میباشند.

- ۱- به عنوان تابلوهای کنترل و فرمان الکتروپمپ های سیستم مورد استفاده قرارمیگیرد و جایگزین آن میگردد .
- ۲- با حذف شیرهای کنترلی هزینه گزاف تهیه آنها صرفه جویی میشود .
- ۳- با تغییر دور الکتروپمپ های سیستم های مختلف و کنترل درجه حرارت سیال موجب ثابت نگاه داشتن درجه حرارت های طراحی میگردد.
- ۴- با تنظیم مقدار سیال عبوری از سیستم اتلاف حرارتی و برودتی را به حداقل میرساند.
- ۵- هزینه های برق مصرفی و سرویس و نگهداری سیستم ها بطور چشمگیری کاهش مییابد.
- ۶- عمر مفید الکتروپمپ ها ، لوله کشی و شیرآلات به دلیل متناسب بودن مقدار سیال عبوری در مقایسه با حداکثر جریان عبوری از آن ، بیشتر است.
- ۷- برای راهبری سیستم ها میتوان از افراد با تخصص پائین تر استفاده نمود.

نتیجه گیری

با توجه به مطالب مذکور به جرأت میتوان ادعا نمود که تابلوهای کنترل و فرمان دورمتغیر با تنظیم مقدار سیال عبوری از سیستم ها، متناسب با نیاز هر یک از آنها برای تثبیت درجه حرارت های طراحی مناسب ترین وسیله در بهینه سازی مصرف سوخت تا ۴۰ درصد میباشند . اینورتر دستگاهی است که بوسیله آن میتوان فرکانس برق شهر و به تبع آن دور الکتروموتور را تغییر داد. حال اگر بتوان این فرکانس را کنترل و به عنوان قدرت محرک الکتروموتورها مورد استفاده قرار داد، میتوان الکتروپمپ دور متغیری ساخت که مقدار سیال خروجی از آن متناسب با تغییر دور الکتروموتور تغییر کند بدیهی است عامل کنترل کننده فرکانس در سیستم های حرارتی دما است و چنین سنسوری ترانسمیتر حرارتی است. در این مقاله شرح داده شد که چگونه تابلوی کنترل و فرمان دور متغیر با استفاده از یک اینورتر کار مجموعه الکتروپمپ های سیستمهای سیرکولاسیون مدار آب سرد و گرم فن کویل ها و هواسازها ، مدار آب گرم رادیاتورها و مدار کویل منابع آب گرم را کنترل میکند. در تابلوی اخیر برای کنترل کار الکتروپمپ های هر سیستم ، از یک برد کنترل و فرمان میکروپروسسوری هوشمند برای کار نویسی الکتروپمپ ها ، یک جفت کنتاکتور برای هر الکتروپمپ ، بی متال و سایر تجهیزات تابلویی لازم استفاده شده است.

مراجع

- [1] HVAC Handbook, John wiley Sons, USA, 2002.
- [2] Fredendall-Hill, Basics of Vaccon Inverter, The St.luce Press,USA,2001.
- [3] Handifield, Rb., Introduction towater Management , Prentice Hall,1999.
- [4] Hover , Management the Demand – Air conditioning , John wiley Sons, 1999.