

روش های کاهش مصرف انرژی در سردخانه ها

محمد باقری – محسن دریانی

کارشناس مرکز مطالعات انرژی

خلاصه

نزدیک به دو دهه است که مباحث صرفه جوئی انرژی در ایران مطرح گردیده است. موضوع انرژی امروزه به عنوان مهمترین دستاورد رویدادهای اقتصادی و سیاسی درجهان امروز جایگاهی انحصاری را به خود اختصاص داده است. در این میان صنایع سرد کننده یکی از موارد عمده مصرف انرژی در بخشهای خانگی، تجاری و صنعتی را به خود اختصاص داده اند. در این میان سردخانه ها در زمینه صنایع، کشاورزی و بازرگانی از اهمیت به سزایی برخوردار هستند در این مقاله توجه به طراحی صحیح و بررسی ضوابط عملکرد صحیح سردخانه ها و راه کارهایی جهت کاهش مصرف انرژی در سردخانه ها مدنظر قرار گرفته است.

واژه های کلیدی: سردخانه – انرژی – مبرد – فریون ها – آمونیاک

مقدمه

در میان صنایع سرد کننده سرد خانه ها از اهمیت به سزایی برخوردار هستند. بر طبق آمار منتشره از سازمان گسترش خدمات بازرگانی ظرفیت سردخانه های مواد غذایی در کشور در سال ۷۵ بالغ بر یک میلیون تن و مصرف انرژی این تجهیزات در حدود ۴۲۰۰۰ مگاوات ساعت در سال بوده است. با توجه به ارقام مذکور، دقت در طراحی و ارایه روشهایی جهت کاهش میزان مصرف این تجهیزات می تواند نقش به سزایی در صرفه جویی انرژی الکتریکی کشور داشته باشد. در این مقاله روش هایی جهت کاهش مصرف انرژی در مراحل طراحی و نصب مورد بررسی قرار گرفته است و به طور خلاصه شامل مراحل زیر می باشد.

- ۱- انواع سردخانه ها و تجهیزات مصرف کننده انرژی در آن
- ۲- بررسی اثرات شرایط اقلیمی مناطق مختلف بر روی مصرف انرژی در سردخانه ها و توجه به طراحی صحیح متناسب با بدترین شرایط
- ۳- ممنوعیت استفاده از CFCs (کلروفلورکربنها) در سال های آتی بر اساس پروتکل مونترال و بررسی تحلیلی راجع به تغییر در طرح کمپرسور برای جایگزینی های این مواد.
- ۴- انواع مبردهای قابل مصرف در سردخانه ها با توجه به حذف CFCs، تاثیر آن بر بازدهی سیکل، آرتروپهای جدید و تاثیر آن بر بازدهی سیکل،
- ۵- روغنهای مبرد در سیکل تبرید و کاربرد و انتخاب آنها
- ۶- معرفی نرم افزار جهت بررسی تحلیلی و طراحی سردخانه ها
- ۷- عیب یابی دستگاه ها و راه های رفع آنها جهت بالا بردن بازدهی سیکل
- ۸- کنترلرهای سردخانه ها
- ۹- تست سردخانه ها و روش تعیین مصرف انرژی در آن
- ۱۰- تحلیل اقتصادی روش های پیشنهاد شده

دسته بندی سردخانه ها -۱

سیکل های سرماساز، به طور کلی به چهار دسته اصلی تقسیم می شوند و در یک نگرش کلی به محدوده وسیعی از دستگاههایی که توانایی ایجاد فضای سرد مناسب جهت نگهداری کالاهای مختلف به ویژه مواد غذایی را دارا باشند. یخچال یاسردخانه اطلاق می گردد که این محدوده ها به قرار زیر می باشند:

- ۱- یخچال فریزر خانگی
 - ۲- یخچال فریزرهای ویترینی مخصوص فروشگاه ها
 - ۳- سردخانه های تجاری قابل کاربرد در فروشگاه های بزرگ و رستورانها
 - ۴- سردخانه های صنعتی د حجم های بزرگ برای فریزر کردن و نگهداری مواد
- مهمترین شاخصی که باعث جدائی مجموعه های فوق می شود، ظرفیت و مصرف انرژی این دستگاه ها می باشد. دسته اول و دوم از لحاظ ظرفیت و میزان مصرف انرژی تقریباً یکسانند. مصرف انرژی این دستگاه ها زیر یک کیلووات بوده و تفاوت عمده آنان در شکل ظاهریشان می باشد و این نوع محصولات عموماً به صورت پکیج از کارخانه خارج می گردند. ولی سردخانه های گروه ۳ و ۴ از لحاظ کمپرسور، کندانسور، تبخیر کننده و شیر انبساط با دو گروه اول اختلاف دارد. یخچالهای

ویترینی عموماً دارای ابعاد شناخته شده و استاندارد هستند. گروه ۳ و ۴ هیچگونه استاندارد و ابعاد ندارند و بسته به نوع کاربرد، طراحی و ساخته می شوند. این سردخانه ها با حجم های چند متر مکعب تا چندین هزار متر مکعب ساخته می شوند. تفاوت عمده گروه ۳ و ۴ در مصرف انرژی آنها می باشد. گروه سوم مصرف انرژی در حدود ۵ تا ۱۰ کیلووات و گروه چهارم مصرف انرژی بیش از این مقدار را دارا هستند.

مصرف کننده های عمده انرژی در سردخانه ها

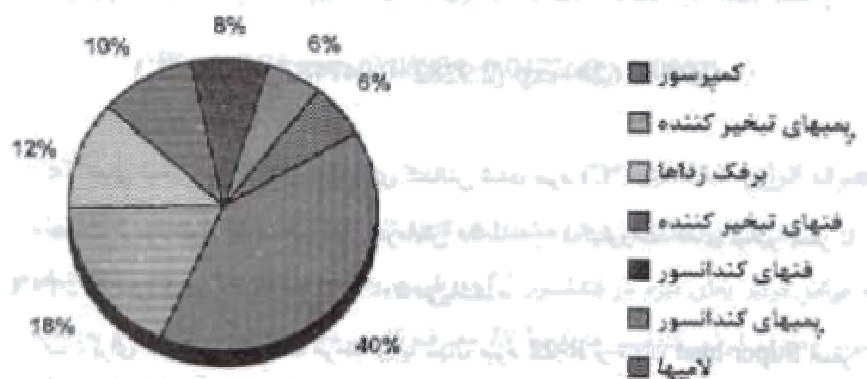
مصرف کننده های انرژی در سردخانه ها سه دسته هستند که به قرار زیر می باشند:

الف - کمپرسور

ب - اجزای اصلی دیگر از قبیل فن ها و پمپ های کندانسور، فن ها و پمپ های تبخیر کننده و پمپ های سیال ثانویه

ج - اجزای فرعی از قبیل لامپها و برفک زداها

نمودار زیر برآورد سالیانه هزینه های برق مصرفی یک سردخانه را نشان می دهد.



چنانچه بخواهیم میزان مصرف انرژی هر کدام از تجهیزات را به طور جداگانه محاسبه نماییم از فرمول زیر استفاده می کنیم.

$$power = \sqrt{3V_L I_L \frac{Cos\phi}{1000}}$$

فرمول فوق برای جریانهای سه فاز می باشد که در آن:

V_L ولتاژ $Cos\phi$ ضریب توان که معمولاً بین ۰/۹ تا ۰/۹۸ I_L می باشد.

مصرف انرژی کمپرسور

میزان مصرف انرژی کمپرسور یک سردخانه به عوامل مختلف نظیر تبخیر و تقطیر مبرد، نوع مبرد و میزان بار سرمایشی سردخانه بستگی دارد. مطابق بررسی های انجام شده میزان COP کمپرسور که برابر نسبت بار سرمایی سردخانه KW به انرژی الکتریکی مصرفی موتور کمپرسور KW تعریف شده است، می توان از فرمول زیر محاسبه نمود:

الف : برای کمپرسورهای تک مرحله ای با سیال مبرد آمونیاک، میزان Super heat صفر و میزان Subcooling برابر ۵۰ درجه سانتیگراد و ماطبق کاتالوگ های شرکت های معتبر خارجی خواهیم داشت:

$$cop = 0.628 + \exp(2.9282 + 0.04748T_c - 0.0356T_c)$$

Te دمای تبخیر مبرد (C°) Tc دمای کندانس شدن مبرد °C صحت فرمول فوق در محدوده بار سرمایش ۵۰ تا ۱۰۰۰ کیلووات، دمای تبخیر صفر تا ۳۰- درجه سانتیگراد و دمای کندانس ۲۰ تا ۵۰ درجه سانتیگراد می باشد.

ب : برای کمپرسور های تک مرحله ای با سیال مبرد R_22 و میزان Super heat صفر و Subcooling برابر ۵۰ درجه سانتیگراد طبق کاتالوگ های شرکت های معتبر خارجی خواهیم داشت:

$$COP = -0.9425 + \exp(2.2591 + 0.0207T_c - 0.01754T_c)$$

محدوده بار سرمایی برای صحت این رابطه بین ۱ تا ۱۰۰ کیلووات، Te در حدود ۳۰ تا ۴۰ درجه سانتیگراد و Tc بین ۰ تا ۳۰- درجه سانتیگراد می باشد و مقدار R برابر ۰/۹۹۷ می باشد.

مصرف انرژی تبخیر کننده

تعداد و مصرف انرژی فن های تبخیر کننده به صورت عمده تابعی است از بار سرمایی سردخانه، سطح تبخیر کننده، اختلاف دمای مبرد و فضای سردخانه TD فاصله بین فینها و اندازه فینها، میزان برفک گیری تبخیر کننده، نوع مبرد و دمای مبرد Tc. طبق استاندارد DIN کار مصرف شده توسط فن های تبخیر کننده برای کمپرسور آمونیاکی برابر است با:

$$W_e = -7.94 + \exp(2.08234 + 0.04017Q_c - 0.00377A)$$

W_e = کار مصرف شده توسط فن ها Kw = Qc = بار سرمایشی سردخانه Kw
A = سطح تبخیر کننده بر حسب m² در این رابطه TD برابر ۷ درجه سانتیگراد در نظر گرفته شده است. چنانچه سیال مبرد R-22 باشد فرمول فوق به صورت ذیل خواهد بود.

$$W_e = -7.94 + \exp(2.08234 + 0.04726Q_c - 0.00377A)$$

مصرف انرژی کندانسورها

مصرف انرژی کندانسورها نیز مانند تبخیر کننده تابع عوامل متعددی می باشد که می توان به عوامل فوق، دمای مبرد در کندانسور T_c، رطوبت و دمای محیط و نیز نوع مبرد را اضافه نمود. مصرف انرژی کندانسورها تقریباً ۷٪ مصرف کل سردخانه را شامل می شود و به علت تنوع زیاد این نوع تجهیزات نمی توان فرمول خاصی جهت مصرف انرژی آنها ارائه نمود ولی حدود مصرف کندانسور های تبخیری برای مبرد آمونیاکی در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱ - حداقل میزان مصرف انرژی کندانسورهای تبخیری برای مبرد آمونیاک مطابق با استاندارد DIN

ظرفیت اسمی کندانسور KW	مصرف انرژی فنها Kw	KW مصرف انرژی پمپ آب
۱۰۰-۱۵۰	۰/۵	۰/۶
۱۵۰-۲۵۰	۱	۰/۷۵
۲۵۰-۳۵۰	۱/۵	۱/۱
۳۵۰-۴۵۰	۲/۱	۱/۱
۴۵۰-۶۰۰	۳	۱/۵
۶۰۰-۹۰۰	۴/۵	۲/۲
۹۰۰-۱۲۰۰	۶	۳
۱۲۰۰-۱۵۰۰	۷/۵	۴

جهت انجام محاسبه سریعتر و برای مبرد آمونیاک می توان از فرمول زیر برای کندانسورهای تبخیری استفاده نمود:

$$Q_{N_s}(KW) = \text{مصرف انرژی کندانسور } W_c \times 10^3 \times 0.75$$

۲- ممنوعیت استفاده از CFCs (کلروفلوروکربنها) بر اساس پروتکل مونترال در سالهای آتی و بررسی تحلیلی راجع به تغییر در طرح کمپرسور و ... برای جایگزین های این مواد

کلروفلوروکربن ها در دهه ۱۹۳۰ به عنوان مواد معجزه آسا، بی خطر و آرمانی در بخش های مختلفی از جمله سیکل های سرماساز، تولید فوم، حشره کشها و مواد اطفاء حریق و ... کارکرد وسیعی پیدا کردند. ولی در سال ۱۹۸۵ دانشمندان عامل ایجاد حفره لایه ازن را CFCs اعلام کردند. لذا پروتکل های متعددی جهت حذف این مواد از طرف سازماندهی بین المللی ارایه گردید که کشورهای مختلف را ملزم به اجرای آن نمود. در ایران صنایع سردکننده و یخچال سازی خانگی مصرف حدود ۷۰ درصد از این مواد را به خود اختصاص داده است و در میان CFCs فرئون ۱۲ بالاترین میزان مصرف را داشته است. لذا از اهمیت ویژه ای برخوردار می باشد. در سال های اخیر تحقیقات زیادی پیرامون جایگزینی این ماده صورت گرفته است. در ابتدای این جایگزینی مبرد HFC134a پیشنهاد گردید که این پیشنهاد از طرف آمریکا به کشورهای مختلف تحمیل گردید. این مبرد دارای GWP یا پتانسیل زمین گرمایی زیادی می باشد و ضمن گران بودن، نیاز به روغن گران قیمت و تغییرات در دستگاه ها و به خصوص کمپرسور دارد که همراه با صرف هزینه های زیاد است و این جایگزینی بدون هیچگونه تحقیق و آینده نگری انجام گرفت. ولی بعضی از کشورهای پیشرفته اقدام به تحقیق پیرامون این مسئله نموده اند و جایگزین های متعددی به دست آوردند که در میان این جایگزین ها دو دسته از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. یکی هیدروکربنها شامل ایزوبوتان یا پروپان با مخلوط این دو و دیگری مخلوط CMI می باشد. تحقیق در مورد گروه اول از سال ۱۹۹۴ شروع شده و نمونه های ساخته شده این نوع یخچالها در چین، برزیل، آرژانتین، هند، ترکیه و شیلی به بازار ارائه شده است و در زلاند نو اجازه استفاده از هیدروکربورها در یخچال

های تجاری داده شده است. CMI اخیرا توسط سک شرکت روسی به نام خولاد- بیت ساخته شده است. این شرکت پس از سرمایه گذاری برای تحقیق راجع به جایگزینی R12 موفق به کشف این ماده معجزه آسا شده این ماده در دانشگاه انرژی مسکو توسط محققان به دست آمده است. از خواص جالب این مبرد می توان به موارد زیر اشاره نمود.

- ۱- پتانسیل تخریب لایه ازن $ODP=0$
 - ۲- خواص ترمودینامیکی شبیه R12
 - ۳- غیر قابل اشتعال و انفجار
 - ۴- قابلیت کارکرد با روغن های معدنی مشابه سیستم های فریونی سابق
 - ۵- کاهش واردات و صرفه جوئی مصرف انرژی
- همچنین برتری این مواد نسبت به سایر مبردهای ارائه شده چنین می باشد:
- ۱- CMI بی تاثیر بر ازن جو است در حالیکه مخلوط های ارائه شده قبلی دارای عنصر مخرب ازن هستند.
 - ۲- CMI با روغن معدنی کار می کند بنابر این هیچ تغییری در مواد عایق و آب بندی و قطعات کمپرسور لازم نیست.
- اما ترکیبات ارائه شده قبلی نیاز به روغن ترکیبی (پلی استر، الکیل بنزوئیل) دارند که باعث سختی تولید و گرانی آنها می شود. خواص فیزیکی CMI در مقایسه با R12 و سایر مبردهای پیشنهادی در جدول ۲ منعکس شده است.

جدول ۲- مقایسه CMI با سایر مبردهای پیشنهادی

نوع مبرد	فرمول شیمیایی (ترکیب)	جرم موقولی Kg/mol	درجه حرارت $T, ^\circ C$ بحرانی	فشار بحرانی P, Mpa	درجه حرارت در فشار اتم/سفر C
R12	C Cl ₂ F ₂	۱۲۰/۹۱	۱۱۱/۸	۴/۱۲	-۲۹/۸
R134a	CH ₂ FCF ₃	۱۲۰/۰۳	۱۰۱/۱	۴/۰۶	-۲۶/۱
CM1	R134/R218/R600	۱۱۵/۲۸	۱۰۹/۷	۳/۸	-۳۲/۲
R2118	C ₃ F ₈	۱۸۸/۰۲	۷۱/۹	۲/۶۸	-۳۶
R134	C ₂ H ₂ FCF ₃ (C ₂ H ₂ F ₄)	۱۰۲/۰۳	۱۱۸/۷	۳/۴	-۲۳
R600	C ₄ H ₁₀	۵۸/۱۲	۱۵۲	۳/۸	۰/۵

جالب توجه ترین نکته راجع به CM1 مصرف انرژی این مبرد می باشد که در مقایسه با R12 مصرف روزانه انرژی الکتریکی آن بین ۹ تا ۱۰ درصد کاهش می یابد. لازم به ذکر است برآورد صرفه جوئی انرژی الکتریکی بابت این جایگزینی برای حدود ۲۰ میلیون یخچال فریزر خانگی در ایران مصرف سالانه ۴۸۳ کیلووات ساعت در سال در حدود ۲۰۸ میلیارد ریال می گردد. هم چنین به میزان ۱۰۰٪ کاهش روغن های وارداتی این سیکل ها و نیز باعث کاهش ۳۰٪ واردات HFC134a می گردد. یخچال فریزر با مبرد CM1 به مدت ۲/۵ سال تحت آزمایش و تست بوده و آزمایشات لازم در رابطه با اشتغال و انفجار، سمی بودن، خواص ترمودینامیکی، تاثیر به

خطوط انتقال سیال، تاثیر بر کمپرسور، کارایی با روغن معدنی، مصرف انرژی و... انجام گرفته و پیشنهاد شده است که جهت کاهش مصرف انرژی بهتر است طول لوله موئین ۳۰٪ افزایش یابد. با توجه به مسائل مطرح شده این سوال پیش می آید که اگر HFC134a جانشین مناسبی برای R12 است پس چرا کشورهای صنعتی در کاربرد آن هیچ عجله ای نکردند و چرا که کشورهای جهان سوم و در حال توسعه را وادار به دریافت وام از کشورهای تولید کننده HFC134a نموده و اقدام به خرید روغن گران قیمت آن می نمایند. آیا کشورهای غربی و به خصوص آمریکا برای ما دلسوزی می کنند که از طریق یونیدو Unido به کارخانه های تولید کمپرسور وام عطا می کند تا خط تولید را تغییر دهند؟ بهتر نیست به جای دریافت وام از کشورهای بیگانه کمی به فکر تحقیق پیرامون این مسئله بپردازیم.

بررسی اثرات شرایط اقلیمی بر مصرف انرژی سردخانه ها

در میزان مصرف انرژی سردخانه ها عوامل متعددی وجود دارند که از جمله میتوان به شرایط اقلیمی منطقه اشاره نمود. با توجه به تنوع زیاد آب و هوایی در ایران بهینه سازی سیستم، بسیار موثر در کاهش هزینه ها خواهد بود. استاندارد ۱۸۹۹ تدوین شده توسط موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران جزئیات مربوط به ساختمان و تجهیزات قابل مصرف در سردخانه ها اشاره نموده است که ویژگی های عایق های حرارتی از آنجمله می باشد. خصوصیات عایق های حرارتی به قرار زیر می باشد:

- ۱- ضخامت عایق باید به گونه ای باشد که تبادل حرارت در سطوح مختلف حداکثر ۱۱/۵-۹ وات بر متر مربع باشد.
- ۲- نداشتن بو
- ۳- غیر قابل تجزیه در شرایط سردخانه
- ۴- نم گیر نبودن، زیرا بر اثر جذب آب مقاومت حرارتی کم می شود.
- ۵- مکان رشد میکروارگانیسم ها نباشد و لانه رشد جانوران و حشرات موزی نباشد.
- ۶- به آسانی شعله ور نشود.
- ۷- در برابر بارها وارده مقاوم باشد.
- ۸- خاصیت عایق بودن خود را به مرور زمان از دست ندهد.

تاثیر شرایط اقلیمی به طور مستقیم و غیر مستقیم بر میزان مصرف انرژی تاثیر دارد. برای مثال در منطقه ای که دمای هوا ۴۶ درجه سانتیگراد و میزان رطوبت هوا ۸۸٪ و سرعت باد ۵ متر بر ثانیه باشد (بندرعباس) اتلاف حرارت از دیوارها به مراتب بالاتر از مناطق دیگر می باشد. در چنین شرایطی $q = KA\Delta T$ ، انتقال حرارت دیوارها که برای سردخانه ای با دمای ۱۰- درجه سانتیگراد مقدار ΔT ای برای ۵۶ درجه سانتیگراد باشد نیاز به عایق با ضخامت بیشتر می باشد، همچنین سرعت باد بر روی میزان انتقال حرارت از دیوارهای خارجی تاثیر دارد. سرعت باد و اختلاف دمای دیواره خارجی و محیط هر دو عواملی هستند که باعث انتقال حرارت از دیوارها می شوند. رابطه سرعت باد با h (ضریب انتقال حرارت جابجایی) از دیوارهای خارجی از روابط تجربی به دست می آید.

متاسفانه در ایران به جای افزایش ضخامت دیواره ها و به جای استفاده از عایق های بهتر تاثیر عوامل فوق را بر روی ظرفیت برودتی سردخانه اعمال نموده و با این عمل مصرف انرژی در مناطق گرمسیری و خشک نسبت به سایر مناطق بیشتر از مقدار استاندارد محاسبه می گردد. تاثیر کلیه عوامل فوق بر میزان انتقال حرارت و نیز مصرف انرژی و محاسبه آن به کمک نرم افزارهای خاصی انجام می پذیرد که در قسمت بعد به دو نمونه از آن اشاره شده است.

معرفی نرم افزار

همانطور که عنوان شد در سردخانه ها عوامل زیادی بر میزان بار برودتی آن تاثیر دارند که تحلیل کلیه عوامل فوق به کمک نرم افزارهای Hextran و proll قابل انجام می باشد. دو نرم افزار فوق قدرت شبیه سازی و Modeling کلیه سیستمهای سردخانه شامل کمپرسور، کندانسور، تبخیرکننده، خطوط انتقال سیال، پمپها و فنها را دارا می باشد. این دو نرم افزار توسط شرکت آمریکایی Simsic طراحی و ارایه شده است. نرم افزارهای فوق تحت لیسانس شرکت فوق بوده و دارای قفل سخت افزاری می باشند. هم چنین این دو برنامه در مرکز تحقیقات انرژی و فرآیند دانشگاه صنعتی امیرکبیر موجود و درحال استفاده می باشد.

عیب یابی دستگاه های برودتی علل رفع آن

بر خلاف تصور، در مورد سردخانه ها هیچگونه استاندارد مصرف انرژی یافت نمی شود. ولی ممکن است تک تک اجزای تشکیل دهنده یک سردخانه دارای استاندارد مناسب باشند، لذا نکته مهم در ساخت سردخانه طراحی و نصب اجزای آن و تناسب اجزای آن با هم می باشد. چنانچه سردخانه ای با شرایط فوق مطابقت داشته باشد می توان ادعا نمود که سردخانه استاندارد می باشد. بعد از گذشت مدتی ممکن است از استاندارد فاصله گرفته و در این مرحله رفع عیب و سرویس سیستم بسیار مهم در بازدهی و COP می باشد. عیوب و رفع آن در سردخانه ها مهمترین عامل در میزان مصرف انرژی سردخانه ها پس از نصب می باشد که بایستی سرویس و نگهداری تجهیزات به موقع انجام گردد.

کنترل کننده ها در سیکل سردکننده

هدف از این قسمت القاء یک مفهوم کلی از اصول و ارائه بهترین مکانیزم اساس دستگاه های کنترل در صنعت تبرید می باشد.

الف- اهداف کنترل

- بیشتر کنترلهای اتوماتیک در صنعت سرد کننده جهت تامین شرایط زیر بایستی بکار روند.
- تنظیم سیستم سرد کننده به گونه ای که شرایط ایده آل فضای سردخانه را ایجاد نماید.
- حفظ دما، رطوبت، فشار در حدی معین جهت محافظت مواد داخل سردخانه، آسیبهای احتمالی و همچنین جلوگیری از کارکرد تجهیزات در شرایط بحرانی.
- تامین کارکرد تجهیزات با بیشترین بازدهی های اقتصادی.
- حذف خطاهای انسانی با کاهش میزان دخالت انسان در مسیر کارکرد سیستم.

- تنظیم سیستم به گونه ای که در زمانهای پیک، مصرف انرژی الکتریکی حداقل باشد.

ب - تقسیم بندی کنترل کننده ها از لحاظ نوع انرژی

سیستم های کنترل تبرید از لحاظ منبع انرژی به الکتریکی، الکترونیکی و نیوماتیک یا بادی تقسیم می شوند، که هر کدام به نوبه خود کاربرد خاصی را دارا هستند.

۷- آزمایش سردخانه ها

برای بیشتر تجهیزات مصرف کننده انرژی تجهیزات آزمایش و سکوی آزمایش در شرایط استاندارد تعریف شده است. ولی برای سردخانه ها تعریف سکوی آزمایش امکان پذیر نیست، لذا روش آزمایش استاندارد مطرح می گردد.

استانداردهای ISO R916 مربوط به آزمایش سیستم های سردخانه، BS 1608، مربوط به مشخصات واحدهای سردساز الکتریکی و JIS B 8608 مربوط به روشهای آزمایش سیستم های سردخانه، نمونه هایی از استانداردهای روش آزمایش سردخانه ها می باشند، که می توان از آنها جهت محاسبه و آزمایش میزان مصرف انرژی سردخانه ها استفاده نمود.

۸- پیشنهادات

در زمینه سردخانه ها به علت تنوع تجهیزات تحقیقات زیادی انجام پذیرفته و در قسمت های مختلف این صنعت به کار گرفته شده است از مهمترین آنها می توان به موارد زیر اشاره نمود که کلیه موارد زیر تاثیر مستقیم بر کارکرد کمپرسور و سایر اجزاء مصرف کننده انرژی دارد.

الف- افزایش ضخامت عایق

بر طبق استاندارد ۱۸۹۹ موسسه تحقیقات صنعتی و استاندارد ایران عایق حرارتی دیواره هاباید به گونه ای باشد که حداکثر ۱۱/۵-۹ وات بر متر مربع باشد. جدول (۳) برآورد هزینه سالیانه مصرف انرژی به ازای سطح خارجی دیواره سردخانه با اختلاف دماهای بین دیواره داخل و خارج سردخانه را نشان می دهد.

جدول ۳- برآورد هزینه های سالیانه مصرف انرژی سردخانه

$k\Delta t$	$1000m^3$	$2000m^3$	$3000m^3$	$4000m^3$
۱۲	۶۸۳۰۴۳۸	۱۳۶۶۰۸۷۶	۲۰۴۹۱۳۱۴	۲۷۳۲۱۷۵۲
۱۱	۶۲۶۱۳۳۵	۱۲۵۲۲۴۷۰	۱۸۷۸۳۷۰۵	۲۵۰۴۴۹۴۰
۱۰	۵۶۹۲۰۳۲	۱۱۳۸۴۰۶۴	۱۷۰۷۶۰۹۶	۲۲۷۶۸۱۲۸
۹	۵۱۲۲۸۲۸	۱۰۲۴۵۶۶	۱۵۳۶۸۴۸۴	۲۰۴۹۱۳۱۲
۸	۴۵۵۳۶۲۵	۱۰۹۲۸۷۰۰	۱۳۶۶۰۸۷۵	۲۱۸۷۴۰۰
۷	۳۹۸۴۴۲۲	۷۹۶۸۸۴۴	۱۱۹۵۳۲۶۶	۱۵۹۳۷۶۸۸
۶	۳۴۱۵۲۱۹	۶۸۳۰۴۳۸	۱۰۲۴۵۶۵۷	۱۳۶۶۰۸۷
۵	۲۸۴۶۰۱۶	۵۶۹۲۰۳۲	۸۵۳۸۰۴۸	۱۱۳۸۴۰۶
۴	۲۲۷۶۸۱۲	۴۵۵۳۶۲۴	۶۸۳۰۴۳۶	۹۱۰۷۲۴۸
۳	۱۷۰۷۶۰۹	۳۴۱۵۲۱۸	۵۱۲۲۸۲۷	۶۸۳۰۴۳۶

افزایش ضخامت عایق و یا استفاده از عایق های حرارتی جدید و تکنیک های جدید در نصب آن از عوامل کاهش این هزینه هستند. هم چنین عوامل فوق باعث کاهش کارکرد کمپرسور شده که در قسمت بعد به آن اشاره شده است، جدول (۳) با فرض بازدهی ۱۰۰٪ کمپرسور و با فرض ایزونتروپیک بودن کمپرسور هم چنین با فرض هزینه تولید بلند مدت هر کیلووات ساعت برق، ۲۱۶ ریال تهیه شده است.

نتیجه گیری

با توجه به اهمیت سردخانه ها در کشور و نیز آمار ارائه شده در مصرف انرژی این تجهیزات توجه به نکات زیر و بررسی های اقتصادی انجام شده در این زمینه می تواند بسیار موثر در کاهش سهم انرژی مصرفی در کشور باشد.

۱- تحت پوشش قرار دادن سردخانه ها اعم از تجاری و صنعتی و همچنین شرکتهای فعال در این زمینه: این امر از این جهت بایستی مد نظر قرار گیرد که فعلا هیچ نهاد یا سازمانی وظیفه نظارت بر این شرکتهای را نداشته و از این سردخانه ها (مخصوصا تجاری) هیچ آمار صحیح و قابل اعتمادی در دسترس نمی باشد.

۲- اجرای استاندارد مصرف انرژی سردخانه ها: با توجه به آمار نسبتا بالای سرخانه های تجاری اجرای استاندارد مصرف انرژی در آنها نیز بایستی مورد توجه قرار گیرد.

۳- موظف ساختن شرکتهای سازنده سردخانه به اجرای استاندارد مصرف انرژی

۴- استفاده از تجهیزات جدید با بازده بالاتر انرژی

۵- مدیریت صحیح سردخانه ها و توجه به آمار تولید با توجه به نیاز کشور

در پایان یادآور می شویم که کلیه راهکارهای ارائه شده از نظر اقتصادی قابل توجیه بوده و می تواند نقش به سزایی در کاهش مصرف انرژی کشور داشته باشد.

مراجع

- ۱- هستو، بهمن، حرارت مرکزی، تهویه مطبوع، تبرید، چاپ اول، ۱۳۷۰
- ۲- مرکز تحقیقات انرژی دانشگاه صنعتی امیرکبیر، گزارش تحقیقاتی سردخانه، دانشگاه صنعتی امیرکبیر، ۱۳۷۷
- ۳- سالنامه هواشناسی کشور ۷۲-۷۱، سازمان هواشناسی کشور، ۱۳۷۴
- ۴- موسسه تحقیقات و استاندارد صنعتی ایران، استاندارد ۱۸۹۹ و ۲۷۲۰
- 5- Ballancy, P.L, 1996, Refrigeration and Air Conditioning, tenth edition, khanna Publishers.
- 6- Ludwig, E.E, 1984, Applied process design for chemical and petrochemical plant, Gulf publishing Company Book Decision, Houston, London, Paris, Tokyo.
- 7- Dossat, R. J., 1988 Principles of Refrigeration, John Wiley.