



وزارت صنعت، معدن و تجارت
دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی

راهنمای مدیریت انرژی الکتریکی

Manual of Electrical Energy Management

تدوین و گردآوری:

دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی

وزارت صنعت، معدن و تجارت

ویرایش اول - تیر ۱۳۹۶

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	مقدمه
۲	هدف
۴	تعاریف و اصطلاحات
۵	قوانین، مقررات موجود در زمینه مدیریت انرژی در صنایع
۶	استاندارد مدیریت انرژی
۷	بهبود سازی مصرف انرژی
۸	مدیریت مصرف انرژی الکتریکی
۱۰	مدیریت بار
۱۰	تکنیک های اجرای مدیریت بار
۱۱	منحنی بار و توزیع تداوم بار
۱۲	دیمانند مصرفی
۱۳	ضریب بار
۱۴	راههای افزایش ضریب بار
۱۴	توان اکتیو و توان راکتیو
۱۵	ضریب توان (Power Factor) P.F

دفتر HSEE وزارت صنعت، معدن و تجارت

- تأثیرات منفی پائین بودن ضریب قدرت ۱۶
- روشهای اصلاح ضریب قدرت..... ۱۷
- تغییر و اصلاح منحنی بار ۱۷
- روشهای اندازه گیری قدرت و انرژی الکتریکی..... ۱۸
- تجهیزات اندازه گیری ثابت ۱۹
- تعرفه های برق و مدیریت تقاضا- تعرفه های برق بخش صنعت ۲۵
- بهینه سازی مصارف سیستم روشنایی ۲۸
- چند توصیه در زمینه روشنایی..... ۲۸
- نکاتی در خصوص عملکرد موتورهای الکتریکی..... ۲۹
- بهینه سازی سیستم هوای فشرده ۳۲
- توصیه های عمومی بهینه سازی انرژی الکتریکی ۳۴
- نکات مهم جهت بهینه سازی مصرف انرژی در فن ها ۳۴
- نکات مهم جهت بهینه سازی مصرف انرژی در کمپرسورها..... ۳۵
- نکات مهم جهت بهینه سازی مصرف انرژی در چیلرها ۳۶
- نکات مهم جهت بهینه سازی مصرف انرژی در سیستمهای تهویه ۳۷

پیشگفتار

انرژی در اقتصاد صنعتی جوامع، نقش زیربنائی را ایفا می‌کند، به این معنا که هرگاه انرژی به مقدار کافی و به موقع در دسترس باشد توسعه اقتصادی نیز میسر خواهد بود. خوشبختانه ایران از نظر دارا بودن منابع و ذخایر متنوع انرژی از ثروتمندترین کشورهای جهان به حساب می‌آید. این منابع در کشور ما با قیمت‌هایی به مراتب نازل‌تر از سایر کشورها و با سهولت بیشتری به مصرف‌کننده عرضه می‌شود. متأسفانه میزان مصرف و اتلاف انرژی در کشور ما به مراتب بالاتر از کشورهای صنعتی است و این وضعیت مصرف انرژی در کشور، با اصول مربوط به ارتقاء بهره‌وری و بازدهی انرژی در جهان، مغایرت دارد. این روند مصرف قطعاً منجر به بروز مشکلات زیست محیطی و چالش‌های اساسی در تولید، بهره‌وری و رشد اقتصادی خواهد داشت. در راستای افزایش بهره‌وری، مدیریت و مصرف بهینه انرژی در بخش صنعت، معدن و تجارت، مجموعه دستورالعمل‌ها و راهنماهای زیر تهیه شده است. راهنمای حاضر راهنمای مدیریت انرژی الکتریکی از مجموعه ۸ گانه مذکور می‌باشد

مجموعه دستورالعمل‌ها و راهنماهای حوزه انرژی

دستورالعمل مدیریت سبز	دستورالعمل ممیزی عبوری انرژی
راهنمای مدیریت انرژی حرارتی	راهنمای مدیریت انرژی الکتریکی
راهنمای انرژی خورشیدی	راهنمایی استفاده از انرژی زمین گرمایی
ارزیابی اقتصادی سیستم‌های انرژی	راهنمای سیستم مدیریت انرژی
تجدید پذیر	

رسول یاراحمدی

مدیر کل دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی

مقدمه

استفاده بهینه از منابع و انرژی، یکی از ضرورت‌های کلیدی و استراتژیک توسعه پایدار در کشور محسوب می‌شود. انرژی الکتریکی نیز یکی از مهمترین حامل‌های انرژی با ارزش و پاک با کاربری آسان در سطح جهان محسوب می‌شود که از زیرساخت‌های ضروری و مورد نیاز برای توسعه محسوب می‌گردد. ایجاد و توسعه ظرفیت‌های جدید تولید انرژی الکتریکی، مستلزم سرمایه‌گذاری زیاد و صرف هزینه‌های سنگین بوده و همراه با هزینه و آثار نامطلوب زیست محیطی خواهد بود. از این رو ارتقا بهره‌وری از ظرفیت‌های نصب شده موجود در کشور (سیستم تولید، انتقال، عرضه و مصرف) نقشی بسزایی در کاهش هزینه‌های تولید و مصرف انرژی الکتریکی و کاهش جنبه‌های زیست محیطی خواهد داشت. تقاضای انرژی کل بخش صنعت در سال ۱۳۸۴ معادل ۱۸۱.۳ میلیون بشکه معادل نفت خام بوده است و تا سال ۱۳۹۲ به میزان ۳۰۱.۹ میلیون بشکه معادل نفت خام افزایش یافته است. به عبارتی در بازه مذکور، مصرف نهایی انرژی در بخش صنعت ۱.۶۶ برابر شده است. این در حالیست که در این بازه زمانی با توسعه گاز رسانی به صنایع و سیاست‌گذاری‌های دولت در توسعه استفاده از گاز بعنوان سوخت پاکتر در مقایسه با نفت کوره و گازوییل، مصرف گاز طبیعی ۲.۴ برابر شده است و مصرف فرآورده‌های نفتی مایع ۴۲ درصد کاهش داشته است. مصرف انرژی

الکتریکی کل نیز در این بازه زمانی با رشد مثبت به ۱.۶ برابر مقدار آن در سال ۱۳۸۴ رسیده است. بر اساس ترانزنامه انرژی سال ۱۳۹۲ بخش صنعت سهم ۳۳ درصدی در مصرف برق کل کشور داشته است. عمده این مصرف در الکتروموتورها می‌باشد. این تجهیزات حدود ۷۰ درصد برق مصرفی صنعت را به خود اختصاص داده‌اند. با توجه به رشد مصرف انرژی الکتریکی و سهم بخش صنعت در مصرف این انرژی در سالهای آتی و محدودیت‌های توسعه ظرفیتهای نیروگاهی کشور، بخش صنعت نیز می‌تواند نقش موثری در کنترل و کاهش تقاضای بار الکتریکی ایفا نماید. از سوی دیگر با اجرای کامل طرح هدفمندی یارانه‌ها، هزینه‌های انرژی نیز در واحدهای صنعتی بشدت افزایش خواهد یافت و مدیریت مصرف در این بخش نقشی بسزا در کاهش قیمت تمام شده کالا و خدمات خواهد داشت.

هدف

مدیریت انرژی الکتریکی در صنایع علاوه بر بهینه سازی مصرف و افزایش راندمان و بهره‌وری انرژی، با کاهش سهم هزینه‌های انرژی در قیمت تمام شده محصولات و خدمات صنعتی منجر به افزایش رقابت پذیری صنایع میگردد. اجرای درست مدیریت انرژی الکتریکی منجر به آزاد شدن بخشی از تقاضای برق مورد نیاز صنایع نیز می‌گردد که این امر، علاوه بر کاهش نیاز به سرمایه گذاری برای افزایش ظرفیت تولید و عرضه برق، باعث کاهش مصرف سوختهای فسیلی در

نیروگاهها و نهایتاً کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و آلاینده زیست محیطی خواهد شد. عمده تجهیزات الکتریکی پر کاربرد و انرژی بر صنایع، الکتروموتورهای صنعتی، کوره‌های القایی، کوره‌های قوس الکتریک و تجهیزات الکتریکی تاسیساتی (سرمايشی-گرمایشی) و همچنین سیستم روشنایی می باشند. هدف از ارائه راهنمای انرژی الکتریکی در صنایع عبارت است از:

- کاهش سهم هزینه انرژی الکتریکی در قیمت تمام شده محصولات صنعتی و تولیدی بمنظور افزایش رقابت پذیری
- پایش مستمر واحدهای صنعتی در راستای افزایش بهره‌وری انرژی الکتریکی
- آزاد شدن بخشی از تقاضای اختصاص داده شده نیروگاههای برق به بخش صنعت و به تبع آن، کاهش سوخت فسیلی مورد نیاز نیروگاههای برق کشور و افزایش صادرات برق و سوخته‌های فسیلی
- کاهش شدت انرژی الکتریکی در صنایع کشور
- کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای و کمک به بهبود محیط زیست ایران و جهان

- ایجاد اشتغال در بخش متخصصین از طریق فعال کردن شرکت‌های مهندسی مشاور در مرحله پایش، نظارت و اجرای طرح در کارخانجات و آموزش کارکنان و کارشناسان واحدهای صنعتی
- افزایش شاخص بهره‌وری و ارزش افزوده ملی

تعاریف و اصطلاحات

مدیریت انرژی: یک برنامه سیستماتیک برای چگونگی کنترل، استفاده منطقی از انرژی و همچنین کاهش یا به حداقل رساندن اتلافات انرژی، بدون اینکه بر نیازهای اصلی یک فرآیند اثر بگذارد.

ممیزی انرژی: مجموعه اقداماتی که برای شناسایی، چگونگی مقادیر و موقعیت‌های مصرف انرژی در یک فعالیت یا فرآیند، انجام و طی آن فرصت‌ها و امکانات صرفه‌جویی انرژی مشخص شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

انرژی: منظور از انرژی توانایی انجام کار بوسیله عوامل محیطی (آب، برق) و مواد سوختی گاز طبیعی و گازوئیل می‌باشد.

مصرف انرژی: کاربرد انرژی برای اینکه انرژی ثانویه یا محصول و خدمات تولید شود.

شدت انرژی: عبارت است از انرژی مورد نیاز برای تولید مقدار معینی از کالاها و خدمات. شدت انرژی برحسب عرضه انرژی اولیه و یا مصرف نهایی انرژی محاسبه می‌شود.

ارزش حرارتی: عبارت است از مقدار انرژی حرارتی (کیلو کالری) یا B.T.U که از سوختن واحد جرم یا حجم سوخت ایجاد می‌شود.

قوانین، مقررات موجود در زمینه مدیریت انرژی در صنایع

حذف یارانه‌های انرژی، کمبود منابع تولید انرژی و در نهایت هزینه‌های بالای آن، بر اهمیت مقوله صرفه جویی انرژی و مدیریت مطلوب و بهینه آن می‌افزاید، لذا مدیریت مطلوب انرژی خصوصاً در صنایع تولیدی و بزرگ که از مصرف انرژی بالایی نیز برخوردارند، اهمیت بیشتری پیدا خواهد کرد. طی دو دهه اخیر قوانین و مقررات متعددی در زمینه منطقی نمودن مصرف انرژی در کشور تدوین و ابلاغ گردیده است که مهمترین آنها عبارتند از:

- سیاست‌های ابلاغی مقام معظم رهبری در بخش انرژی
- احکام سند چشم انداز کشور در مورد انرژی (۱۴۰۴)
- برنامه های وزارت نیرو در دولت دهم در بخش انرژی
- سند راهبردی سابا و برنامه‌ها

- احکام قانون هدفمند نمودن یارانه‌ها در بخش انرژی و کل سند
- قانون اصلاح الگوی مصرف
- قانون برنامه پنجم توسعه
- تکالیف ۲ گانه مصوبه هیات دولت (۸۸/۳/۲) جهت اصلاح الگوی مصرف

انرژی

استاندارد مدیریت انرژی

محدودیت منابع تجدید ناپذیر، هزینه بالای سوخت، آلودگی های زیست محیطی، بحران‌های انرژی و مفهوم توسعه پایدار (بعنوان هدف غایی) عواملی هستند که مدیریت انرژی را به یکی از نیازهای مبرم جوامع و صنایع در تمامی کشورها تبدیل نموده اند. حفظ منابع با ارزش انرژی و مدیریت صحیح مصرف آن یکی از مهمترین موضوعات و چالش‌های سیاستگذاران، صنعتگران و دست اندرکاران بخش انرژی بمنظور رویارویی با مشکل افزایش بی رویه مصرف و در نتیجه کنترل هزینه‌های انرژی می‌باشد. در راستای ضرورت‌ها و الزامات مدیریت بر تمامی جنبه‌های انرژی (در چرخه تولید، عرضه و مصرف)، سازمان جهانی استاندارد اقدام به تدوین و انتشار استاندارد ISO ۵۰۰۰۱ با رویکرد ایجاد چارچوب‌های بین المللی برای کارخانه‌های صنعتی، شرکتها و سازمانها جهت مدیریت تمام جنبه‌های انرژی نموده است.

بهبود سازی مصرف انرژی

تامین تقاضای فزاینده و رو به رشد انرژی الکتریکی در سالهای آتی می‌تواند توسط یکی از راهکارهای زیر انجام شود:

- احداث و ایجاد ظرفیت‌های جدید نیروگاهی
- آزاد کردن ظرفیت‌های موجود بر مبنای اصلاح الگوی مصرف انرژی الکتریکی در مصرف کننده (صرفه جویی در مصرف، مدیریت بارو جابجایی زمانی مصرف، توسعه استفاده از انرژی تجدید پذیر و ...)
- اصلاح سیستم تولید و توزیع (افزایش راندمان سیستم تولید و کاهش تلفات سیستم توزیع).

بدیهی است احداث نیروگاه‌های جدید پرهزینه‌ترین روش برای تامین رشد فزاینده مصرف بوده و موجب افزایش مصرف آب و سوخت‌های فسیلی و همچنین افزایش انتشار گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. روشهای مبتنی بر ارتقا بهره‌وری انرژی و کاهش هزینه‌های تولید در سمت عرضه و تقاضا منطقی‌ترین روش برای تامین نیازهای الکتریکی خواهد بود.

مدیریت مصرف انرژی الکتریکی در صنایع کشور متأثر از عواملی نظیر سطح تکنولوژی، عمر ماشین آلات، ارزش افزوده صنعت و قیمت نهاده‌های صنعتی بوده و سیستم‌های روشنایی، تهویه مطبوع، الکتروموتورها و سایر فرآیندهای تولید را

شامل خواهد شد. این فعالیتها را می توان در قالب اقدامات کوتاه مدت، میان مدت و بلندمدت تقسیم بندی نمود.

مدیریت مصرف انرژی الکتریکی

انرژی الکتریکی به دلیل قابلیت اندازه گیری و سهولت انتقال، کنترل و استفاده با رشد تقاضا و مصرف رو به رو بوده است. از طرفی محدودیت های ذخیره سازی و نگهداری این نوع حامل انرژی، ضرورت اقدامات مدیریتی در بخش تولید و مصرف را بیشتر نمایان می سازد. راهکارهای کاهش مصرف برق و هزینه آن را می توان به سه دسته بدون هزینه، کم هزینه و هزینه بر تقسیم نمود. در بسیاری از موارد، بخش قابل ملاحظه ای از صرفه جویی انرژی در قالب راهکارهای بدون هزینه و یا کم هزینه قرار می گیرند. نتیجه مستقیم بهینه سازی مصرف، کاهش هزینه های برق مصرفی در واحد تولیدی یا سازمان می باشد. حال آنکه نتیجه مهم تر و غیر مستقیم، افزایش طول عمر تجهیزات الکتریکی، کاهش دفعات خرابی و در نتیجه کاهش هزینه های توقف خط تولید می باشد. با کاهش تدریجی بهای تجهیزات بهینه سازی مصرف، افزایش قیمت انرژی و بالارفتن حساسیت ها نسبت به تداوم تامین برق، اجرای راهکارهای هزینه بر هر سال اقتصادی تر شده و از توجیه اقتصادی بیشتری برخوردار می شوند.

راهکارهای متداول مدیریت انرژی الکتریکی مشتمل بر موارد زیر می باشد:

- استفاده از تجهیزات کنترل مصرف (نظیر اعمال روش‌های کنترل در سیستم روشنایی، کنترل دور موتورهای الکتریکی و ...) بر اساس مزیت سهولت کنترل مصرف انرژی الکتریکی.
- انتخاب و استفاده از ظرفیت بهینه تجهیزات بخصوص در موتورهای الکتریکی نیز یکی از روش‌های کاهش تلفات می‌باشد. چرا که تلفات تجهیزاتی نظیر موتورهای الکتریکی در بار نامی حداقل می‌شود و ضریب توان نیز با کاهش بار تجهیز کاهش می‌یابد.
- کاهش منطقی بار مصرفی تا حد امکان. بعنوان نمونه کاهش بار روشنایی در تابستان کاهش بار سرمایشی را نیز بدنبال خواهد داشت.
- بهینه سازی فرآیندها و روش‌های تولید صنعتی
- استفاده از تجهیزات و سیستم‌های کارآمد و با راندمان بالا (موتورها، لامپ‌ها و ...)
- بهره‌گیری از روش‌های تصحیح ضریب قدرت، کاهش تلفات اهمی در سیستم‌های توزیع و سایر روش‌های کاهش تلفات
- استفاده از سیستم‌های بازیافت انرژی نظیر توربوآکسپندر، CHP، CCHP و ...

مدیریت بار

مدیریت بار و پیک سایه انرژی الکتریکی علاوه بر مزیت‌هایی که برای بخش مصرف و صنایع دارد بر روی بخش تولید و عرضه انرژی الکتریکی نیز اثر مثبت داشته و باعث کاهش آثار سوء زیست محیطی نیز می‌گردد.

مزیت‌های مدیریت بار برای مصرف کننده، کاهش هزینه پرداختی برق (بدلیل کاهش مصرف یا جابجایی مصرف از ساعات پیک به ساعات با تعرفه کمتر)، افزایش راندمان بهره برداری از تجهیزات بدلیل بهره گیری از ظرفیت کامل تجهیزات و کاهش سرمایه گذاری لازم برای ترانسفورماتورها، الکتروموتورها و سایر اجزاء تأسیسات الکتریکی می‌باشد. مزیت‌های مدیریت بار در بخش تولید و عرضه انرژی الکتریکی نیز شامل مواردی نظیر کاهش تلفات نیروگاه‌ها، استفاده بهینه از ظرفیت‌های نصب شده موجود، کاهش مصرف در ساعات پیک و همچنین کاهش ناپایداری و افزایش قابلیت اطمینان شبکه خواهد شد. مدیریت انرژی الکتریکی در بخش عرضه و تقاضا منجر به کاهش انتشار آلاینده‌های زیست محیطی و در نتیجه کاهش هزینه‌های زیست محیطی خواهد شد.

تکنیک‌های اجرای مدیریت بار

بمنظور اجرای مدیریت بار در یک واحد صنعتی، لازم است در ابتدا منحنی بار مصرفی واحد صنعتی تعیین شده و با تعیین منحنی بار مطلوب، امکان‌پذیری

اعمال روش‌های مدیریت بار بررسی و نسبت به استفاده از آنها جهت اصلاح بار اقدام لازم بعمل آید. یکی از روش‌های مرسوم و متداول مدیریت بار، کنترل مستقیم و قطع بارهای غیر ضروری در زمان پیک مصرف می‌باشد. روش متداول دیگر جابجایی بارهای مورد نیاز و غیر ضروری به ساعات غیر پیک می‌باشد. عبارتی لازم است تجهیزات مذکور حتی‌الامکان در ساعات غیر پیک مورد بهره برداری قرار گیرند. استفاده از تاسیسات ذخیره سازی انرژی، انتقال یکی از شیفت‌های کاری به شب و ... بمنظور پرکردن دره (روی منحنی بار) و کاهش یا جابجایی بار پیک می‌باشد. روش‌های دیگر مبتنی بر استفاده از مشوق‌های مالی ارائه شده از سوی سیستم تولید و عرضه انرژی الکتریکی به مصرف کنندگان جهت مدیریت بار و مصرف و یا توسعه استفاده از سیستم‌ها و تجهیزات پر بازده بر اساس ارتقاء تدریجی تکنولوژی می‌باشد.

منحنی بار و توزیع تداوم بار

منحنی بار عبارت است از نمایش تغییرات توان الکتریکی مصرف کننده‌های برق در یک بازه زمانی نظیر ساعت، شبانه‌روز، هفته و یا ماه. بررسی منحنی بار امکان تعیین حدود ساعات پیک و غیر پیک مصرف و حداکثر و حداقل توان مصرفی و مورد نیاز واحد تولیدی را فراهم می‌نماید. تعیین توزیع بار بر حسب زمان برای یک مجموعه مصرف کننده برق توسط نصب دستگاه‌های اندازه گیری در

فیدرهای اصلی امکانپذیر خواهد بود. مدت زمان اندازه گیری با توجه به سیکل فرآیند تولید می‌تواند یک شیفت کاری، یک شبانه روز و یا یک هفته باشد. منحنی بار مربوط به هر فیدر از نمودارهای خروجی تغییر بار برحسب زمان دستگاه‌های اندازه گیری بدست می‌آید. تعیین پارامترهایی نظیر ضریب بار، وضعیت دیماند در ساعات پیک و غیر پیک و حداکثر و حداقل توان مصرفی بر حسب زمان وقوع، از منحنی بار قابل استخراج و بهره برداری است.

دیماند مصرفی

دیماند خریداری شده توسط واحدهای تولیدی غالباً بیشتر از دیماند مصرفی آنها می‌باشد. خرید دیماند نامناسب و اضافی منجر به افزایش هزینه‌های خرید انشعاب با قدرت بالاتر از مورد نیاز و همچنین افزایش هزینه‌های جاری و پرداختی ماهیانه توسط واحد خواهد شد. این امر برای سیستم تولید و عرضه نیز مشکلاتی را در خصوص ایجاد و بهره برداری از ظرفیت‌های تولید نیروگاهی بوجود خواهد آورد. جدول پیشنهادی (۱) می‌تواند در تعیین دیماند واقعی و کم کردن اختلاف دیماند قراردادی با دیماند مصرفی مورد استفاده قرار گیرد.

جدول ۱- تعیین دیماند مناسب جهت خریداری از شبکه

سیستم مصرف کننده در واحد	مصرف در شیفت ۱	مصرف در شیفت ۲	مصرف در شیفت ۳
سیستم ۱	d _{۱,۱}	d _{۲,۱}	d _{۳,۱}
سیستم ۲	d _{۱,۲}	d _{۲,۲}	d _{۳,۲}
سیستم ۳	d _{۱,۳}	d _{۲,۳}	d _{۳,۳}
سیستم ۴	d _{۱,۴}	d _{۲,۴}	d _{۳,۴}
....
مجموع	D _۱	D _۲	D _۳
دیماند مورد نیاز، مقدار ماکزیمم بین مقادیر D _۱ و D _۲ و D _۳ خواهد بود.			

دیماند مورد نیاز و محاسباتی بر مبنای روش فوق می‌بایست مبنای خریداری دیماند برق قرار گیرد. دیماند محاسباتی می‌بایست حداقل ۹۰ درصد دیماند خریداری شده باشد.

ضریب بار

ضریب بار پارامتری است که برای ارزیابی توانایی کارخانه در استفاده مؤثر از الکتریسیته بکار می‌رود. این ضریب نسبت بار متوسط برای دوره زمانی داده شده به حداکثر باری که در خلال همان دوره زمانی رخ می‌دهد در شرایط عملیاتی می‌باشد.

$$LF = \frac{E}{D_{max}P}$$

LF : ضریب بار (بدون بعد)

P : دوره زمانی موزد نظر برای تعیین ضریب بار (روز، ماه یا سال)

E : انرژی مصرفی در دوره زمانی P

Dmax : حداکثر تقاضای انرژی در دوره زمانی P

هرچه LF بیشتر باشد مدیریت بار مؤثرتر و بهتر بوده است.

راههای افزایش ضریب بار

- عدم راه اندازی همزمان موتورهای الکتریکی
- کاهش ضریب همزمانی ماشین آلات پر مصرف
- کاهش دیماند اضافی واحد صنعتی

توان اکتیو و توان راکتیو

توان اکتیو مقدار توان مفیدی است که در تجهیزات برق به مصرف می‌رسد. توان

اکتیو برای مصرف کنندگان تک فاز توسط رابطه زیر محاسبه می‌گردد:

$$P = V . I . \text{Cos}\varphi$$

برای مصرف کنندگان سه فاز:

$$Q = \sqrt{3}V . I . \text{Sin}\varphi$$

در هر مصرف کننده غیر اهمی، توان‌های اکتیو و راکتیو وجود دارند و توان کل (S) یا توان ظاهری از جمع بردارهای توان اکتیو (P) و توان راکتیو (Q) محاسبه خواهد شد.

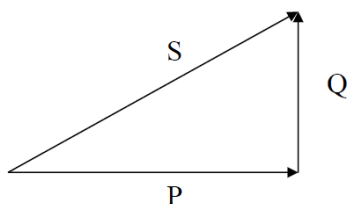
$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad \& \vec{S} = \vec{P} + \vec{Q}$$

ضریب توان (Power Factor) P.F

توان ظاهری (S) بر حسب kVA، توان مورد نیاز برای تامین بار است و مقدار آن از جمع برداری توان اکتیو (P) بر حسب (kW) و توان راکتیو (Q) بر حسب (kVAR) می‌باشد.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

زاویه بین S و P را با ϕ نمایش داده و کسینوس این زاویه ($\cos\phi$) را ضریب قدرت می‌نامند.



ضریب توان همواره کوچکتر یا مساوی یک خواهد بود. مقادیر بالاتر ضریب توان مطلوبتر بوده و بیانگر کاهش بار راکتیو است.

اهمیت ضریب توان مربوط به مؤلفه راکتیو بار است. تجهیزات پست‌های فشار قوی و سیستم توزیع باید از عهده جریان مورد نیاز توان ظاهری یا جمع برداری مؤلفه‌های توان اکتیو و راکتیو برآیند. که این کار مستلزم افزایش سرمایه و هزینه‌های عملیاتی (هم در سیستم تولید و انتقال و هم در سیستم توزیع و مصرف) می‌باشد. هزینه‌های عملیاتی به دلیل تلفاتی که هنگام تأمین مؤلفه راکتیو بار بوجود می‌آید، افزایش پیدا می‌کند. از این رو بر مبنای ضریب بار جرایمی برای مصرف کنندگان تعیین می‌شود که هزینه‌های مصرف کننده را افزایش خواهد داد.

ضریب توان را می‌توان با افزودن خازن‌هایی به بار اصلاح نمود که سودمندی و اثر بخشی آن مستلزم ارزیابی‌های دقیق فنی و اقتصادی می‌باشد.

تأثیرات منفی پائین بودن ضریب قدرت

- افزایش هزینه پرداختی برق توسط واحد
- افزایش هزینه تجهیزات به لحاظ بزرگتر شدن اندازه آنها (کلیدها، فیوزها، کابل‌ها، ترانسفورماتورها و ...)
- کاهش راندمان ترانسفورماتورها
- افزایش تلفات انرژی الکتریکی در شبکه انتقال و توزیع

روشهای اصلاح ضریب قدرت

- استفاده از موتورهای الکتریکی با راندمان بالا
- اجتناب از بکارگیری موتورهای الکتریکی با توان نامی بالاتر از بار مورد

نیاز

- استفاده از موتورهای دور بالا به جای موتورهای دور پایین و سرعت کم
- نصب خازن
- استفاده از موتور سنکرون (در صورت امکان)

تغییر و اصلاح منحنی بار

روش‌های متداول تغییر و اصلاح بار عبارتند از:

- حذف بار در ساعات پیک شبکه (پیک سایی) این روش در مورد بارهایی می‌تواند اعمال شود که به صورت غیر ضروری در ساعات پیک استفاده می‌شوند و قطع آنها صدمه‌ای بر روند تولید از نظر کیفی و کمی ندارد.
- انتقال بار به ساعات غیر پیک شبکه (پر کردن دره) در صورتی که در ساعات غیر پیک خصوصاً شب مصرف پائین باشد، با انتقال بار به این ناحیه باعث پر کردن دره در منحنی بار شده و علاوه بر کاهش هزینه‌های انرژی

به بالا بردن ضریب بار و پایداری شبکه نیز کمک خواهد شد. توسعه واحد و ایجاد مصارف جدید در ناحیه غیر پیک باید انجام شود.

روشهای اندازه گیری قدرت و انرژی الکتریکی

روشها و تجهیزات موجود برای اندازه گیری انرژی الکتریکی، ابزارهایی هستند که به کمک آنها می توان داده های مورد نیاز جهت مطالعات تکمیلی انرژی و پایش داده ها را به دست آورد. پایشها در بسیاری از موارد، مشکلات موجود در سیستم را آشکار می سازند. بعبارتی به کمک اندازه گیری امکان اصلاح سیستم فراهم خواهد آمد. جنبه مهم دیگر، انجام حسابرسی انرژی است. اندازه گیری و حسابرسی انرژی از سوی سیستم عرضه انرژی الکتریکی و همچنین سیستم مصرف (مدیر انرژی واحد مصرف کننده) با دیدگاههای مختلف انجام می شود. اندازه گیری مصرف انرژی الکتریکی از سوی مدیر واحد منجر به درک نحوه و میزان مصرف انرژی در نقاط مختلف فرآیند خواهد شد و می تواند جهت ارزیابی اثربخشی اقدامات انجام شده در راستای مدیریت مصرف، کاهش هزینه های انرژی و نگهداری واحد در محدوده بهینه عملیاتی بکار رود.

برای اندازه گیری انرژی الکتریکی می توان از دستگاههای موقت یا دائم بهره جست. دستگاههای اندازه گیری موقت نیز می توانند پرتابل یا ثابت باشند. کلیه

دستگاه‌های اندازه‌گیری، جریان انرژی را به طور غیر مستقیم اندازه‌گیری می‌نمایند.

تجهیزات اندازه‌گیری ثابت

- کنتور کیلووات ساعت

واحد اصلی انرژی الکتریکی، وات ساعت می‌باشد که عبارت است از انرژی مصرف شده در مدت یک ساعت هنگامی که توان یک وات باشد. کنتورهای کیلووات ساعت موتورهای کوچکی می‌باشند که سرعت آنها متناسب با قدرت مصرفی است.



شکل ۱- کنتور کیلووات ساعت

سیستم‌های چهار سیمه به جز در حالتی که متوازن شده باشند نیاز به سه کنتور تک فاز دارند. در صورتی که ظرفیت مدار بالاتر از ۲۰۰ آمپر باشد، معمولاً از

ترانسفورماتورهای جریان استفاده می‌شود تا جریان به ۵ آمپر کاهش یابد. در ولتاژهای بالاتر از ۴۸۰ ولت از ترانسفورماتورهای ولتاژ نیز استفاده می‌گردد تا ولتاژ به ۱۲۰ ولت کاهش یابد. معمولاً کنتورهای کیلووات ساعت مقدار الکتریسیته مصرفی را با خطای دو درصد یا کمتر ثبت می‌نمایند.

- کنتورهای حداکثر تقاضا (دیماندا)

مشابه کنتورهای معمولی است که با داشتن یک درجه بندی اضافی، امکان اندازه گیری اوج بار فراهم شده است.

- وات سنج

دستگاه‌های قابل حمل برای توان الکتریکی

- آمپر سنج چنگکی

آمپر متر یکی از دستگاه‌های متداول اندازه گیری جریان می‌باشد که به صورت سری با مدار اندازه گیری بسته می‌شوند. در مواردی که اتصال سری در مدار برای نصب آمپر متر امکانپذیر نباشد، می‌توان از آمپر متر پرتابل چنگکی که به صورت القایی به مدار اتصال می‌یابد استفاده نمود.



شکل ۲- آمپر سنج چنگکی

- وات متر چنگکی:

شکل ظاهری وات متر چنگکی نیز مشابه آمپر متر چنگکی می باشد و برای اندازه گیری توان در مدارهای تک فاز و چند فاز به کار می رود. وسیله مذکور از یک وات سنج فرودینامیک تشکیل شده است که میدان آن توسط هادی حامل جریان از طریق هسته تحریک می شود.

- ضریب قدرت سنج چنگکی:

دستگاهی متداول و پرتابل برای اندازه گیری ضریب قدرت می باشد که بکمک آن می توان میزان تاخیر یا تقدم فاز (و ضریب قدرت) را در هر مدار سه فاز متعادل از ۱۰۰ تا ۶۰۰ ولت و از ۱۵ تا ۶۰۰ آمپر اندازه گیری نمود.



شکل ۳- وات متر چنگکی

• آنالیزورهای توان

در بسیاری از موارد لازم است فیدرهای تغذیه بخش‌های اصلی یک کارخانه و فیدر اصلی در طی مدت حداقل ۲۴ ساعت و یا به مدت طولانی‌تر مورد اندازه‌گیری آنالیزورهای برق قرار گیرند. پارامترهای نظیر توان مصرفی (اکتیو- راکتیو)، ضریب قدرت و جریان‌های سه فاز می‌توانند مورد سنجش واقع شوند. در این صورت منحنی تغییر بار مصرف کنندگان در قالب نمودار و مشتمل بر مقادیر ماکزیمم و مینیمم دیماند مصرفی (در کنار مصرف کلی در بازه زمانی) قابل سنجش خواهد بود. بکمک دستگاه مذکور نمودار ضریب قدرت ($\cos\phi$) را برحسب تغییرات بار مصرفی در بازه زمانی می‌توان بررسی نمود. مقایسه نمودار ضریب قدرت با نمودار منحنی بار، بیانگر نحوه افزایش ضریب توان ($\cos\phi$) و یا

کاهش آن با افزایش یا کاهش توان مصرفی در بازه زمانی اندازه گیری می‌باشد. غالباً، بهره برداری از حداکثر ظرفیت تجهیزات، موجب بهبود ضریب توان نیز خواهد شد.



شکل ۴- آنالیزور توان

نمودار جریان‌های سه فاز مختلف برای هر فیدر نیز قابل ترسیم و بررسی خواهد بود. منطبق شدن هر سه نمودار روی هم بیانگر تعادل فاز کامل می‌باشد، و فاصله گرفتن نمودارها از یکدیگر عدم تعادل مقدار جریان فازها را نشان می‌دهد. تعیین توان مرتبط با بیشترین زمان بهره برداری از یک تجهیز و همچنین محدوده

بیشترین توان مصرفی (دیماند) کارخانه بر حسب زمان نیز قابل بررسی بوده و نقشی موثر در مدیریت انرژی الکتریکی خواهد داشت.

منحنی بار شبکه سراسری نیز طی مدت شبانه روز دارای وضعیت حداکثر و حداقل مصرف می باشد. مدت زمان حداکثر بار، ساعات اوج یا پیک مصرف شبکه و مدت زمان حداقل بار، ساعات کم باری شبکه نامیده می شود. بار پیک تقریباً دو برابر میان باری می باشد. در تعرفه های برق مدت تعیین شده برای ساعات پیک ۴ ساعت و زمان شروع آن در شش ماهه اول سال با شش ماهه دوم، یک ساعت متفاوت است. در شش ماهه اول سال بین ساعات ۱۹ الی ۲۳ و در شش ماهه دوم سال بین ساعات ۱۸ الی ۲۲ می باشد. ساعات کم باری بعد از نیمه شب و با کم شدن شدید مصرف کنندگان شروع شده و تا اوایل صبح ادامه می یابد. مدت تعیین شده برای ساعات کم باری ۸ ساعت و زمان آن در شش ماهه اول از ساعت ۲۲ الی ۶ و در شش ماهه دوم از ساعت ۲۲ الی ۷ است. بقیه مدت شبانه روز، ساعات عادی تلقی می شود. تفاوت زیاد مصرف بین ساعات پیک و غیر پیک از لحاظ تولید و عرضه برق، افزایش تلفات، ناپایداری و غیر اقتصادی بودن تأمین انرژی الکتریکی در نیروگاهها (سمت عرضه) را به دنبال خواهد داشت و با توجه به تفاوت تعرفه های ساعت پیک و غیر پیک هزینه های انرژی واحد مصرف کننده نیز افزایش خواهد یافت. لذا اصلاح نمودار بار و افزایش ضریب بار مصرف کنندگان

علاوه بر کاهش هزینه‌های انرژی مصرف کننده، منجر به اصلاح منحنی بار شبکه نیز خواهد شد.

تعرفه های برق و مدیریت تقاضا – تعرفه های برق بخش صنعت

اجزای تشکیل دهنده بهای برق صنعتی بر اساس تعرفه‌های وزارت نیرو برای هر دوره قرائت کنتور عبارتند از:

- **بهای انرژی اکتیو:** قیمت مصرف اکتیو به ازاء یک کیلووات ساعت بر حسب نوع انشعاب (فشار قوی، متوسط و ضعیف)

- **بهای دیماندا:** بهای کیلووات دیماندا قراردادی
بمنظور کاهش هزینه مربوط به دیماندا خریداری شده در قبوض، می‌بایست ماکزیمم دیماندا مصرفی و دیماندا قراردادی مصرف کننده بهم نزدیک باشند. در صورتیکه حداکثر دیماندا مصرفی بیش از دیماندا قراردادی باشد منجر به پرداخت جریمه توسط مصرف کننده شده و برای مصارف کمتر از دیماندا قراردادی نیز ضربی ثابت (و نزدیک به ۱) از دیماندا قراردادی توسط وزارت نیرو اخذ خواهد شد.

- بهای انرژی راکتیو: بر اساس ضریب زیان که با توجه به انحراف ضریب قدرت مصرف کننده از حداقل مقدار مجاز ضریب قدرت (۰.۹) تعریف می‌گردد، محاسبه می‌شود.

$$\cos(\varphi) = \frac{\text{مصرف اکتیو}}{\sqrt{\text{مصرف اکتیو}^2 + \text{مصرف راکتیو}^2}}$$

$$\text{ضریب زیان} = \frac{0.9}{\cos(\varphi)} - 1$$

- هزینه انرژی راکتیو در هر دوره از حاصلضرب مجموع هزینه دیمانند و انرژی در ضریب زیان تعیین و محاسبه می‌گردد.

- **ضریب فصلی:** افزایش درصدی بهای برق در فصل تابستان

اعمال ضرایب ساعات پیک و کم باری طی مدت شبانه روز (بر اساس نوع کنتور)

- **تعدیل بار راکتیو:**

وجود موتورهای برق مستقیم و موتورهای القایی با ضریب بار کمتر از ۰.۷ در واحدهای صنعتی بزرگ یا کوچک منجر به افزایش بار راکتیو و هزینه پرداختی توسط کارخانه شده و منجر به افت ولتاژ و افزایش تلفات شبکه می‌گردد. لذا استفاده از روش‌های متداول اصلاح ضریب بار علاوه بر کاهش هزینه‌های پرداختی

توسط واحد صنعتی، بهبود عملکرد سیستم تولید و توزیع انرژی را نیز به همراه خواهد داشت.

• استفاده از ژنراتور موجود کارخانه برای تامین بار راکتیو و

اصلاح ضریب توان: چنانچه ژنراتور به صورت فوق تحریک کار کند، می‌تواند بار راکتیو تولید کند و اگر به صورت زیر تحریک کار کند می‌تواند از شبکه بار راکتیو جذب نماید.

• محدود کردن توان راکتیو کارخانه‌ها: انتخاب سایز مناسب برای

موتورهای الکتریکی متناسب با تجهیزات مصرف کننده و ماشین آلات مربوطه به نحوی که تفاوت کمی بین قدرت موتور و قدرت مکانیکی مورد نیاز وجود داشته باشد. با افزایش قدرت موتور و کاهش ضریب بار موتور، ضریب بار کاهش و توان راکتیو افزایش می‌یابد.

• نصب خازن: اگرچه از دیدگاه مهندسی بهتر است خازن‌ها در جوار

مصرف کننده هایی که به توان راکتیو نیاز دارند، نصب شوند. لیکن از دید اقتصادی برای مصرف کننده های متعدد و کوچک در کارخانه این امر مقرون به صرفه نبوده و در این حالت یک بانک خازنی مرکزی به نصب تعداد زیادی خازن کوچک ارجح خواهد بود.

بهینه سازی مصارف سیستم روشنایی

میزان مصارف روشنایی بخش قابل توجهی از مصارف انرژی الکتریکی کارخانجات را به خود اختصاص می‌دهد که از پتانسیل مدیریت مصرف قابل توجهی نیز برخوردار است. بطور کلی چهار روش ساده برای کنترل روشنایی وجود دارد:

- ۱- کنترل بر مبنای زمان مشخص استفاده
- ۲- کنترل بر مبنای استفاده موثر از روشنایی روز
- ۳- کنترل بر مبنای حضور افراد در ساختمان
- ۴- کنترل موضعی توسط کلیدها

چند توصیه در زمینه روشنایی

- ۱- خاموش کردن لامپ‌های بدون استفاده و اضافی نظیر لامپ‌های اتاق چیلر ها، اتاق بویلرها و پست‌های داخلی و ...
- ۲- بهینه سازی و افزایش میزان نور طبیعی داخل سالن ها با اضافه نمودن تعداد نورگیرها.
- ۳- تعویض لامپ‌های التهابی و فلورسنت کم بازده با سیستم‌های روشنایی پر بازده.
- ۴- تعویض لامپ‌های روشنایی معابر، محوطه و پارکینگ‌ها از بخار جیوه به بخار سدیم.

۵- در مورد کارهای حساسی که نیاز به نور زیادتری دارند از روشنایی موضعی (چراغ‌های رومیزی) استفاده گردد و از روشن کردن تمامی محیط کار به یک میزان خودداری شود.

۶- سیم‌ها، پریزها و کلیدها به موقع بررسی شده و طبق برنامه مرتبی حباب‌ها، قاب‌ها و لامپ‌ها تمیز گردند تا از راندمان نوری آنها کاسته نشود.

۷- در مورد سقف و دیوارهای محیط کار از رنگ‌های روشن استفاده شود.

۸- در مورد لامپ‌های فلورسنت و به منظور اصلاح ضریب بار از خازن با ظرفیت مناسب استفاده شود.

۹- استفاده از بالاست الکترونیکی نه تنها موجب بهبود نور و عمر لامپ می‌گردد بلکه مصرف برق مجموعه لامپ و راه انداز را نیز نسبت به بالاستهای معمولی کاهش خواهد داد.

۱۰- در صورت به پایان رسیدن عمر مفید لامپ (حتی اگر لامپ هنوز نسوخته است) نسبت به تعویض آن اقدام فرمایید.

نکاتی در خصوص عملکرد موتورهای الکتریکی

تقریباً ۷۰٪ انرژی الکتریکی مصرفی صنایع، صرف موتورهای الکتریکی می‌شود. و بیش از نیمی از انرژی الکتریکی عرضه شده به صنایع را موتورهای بیش از یک اسب بخار مصرف می‌کنند.

ماشین‌های الکتریکی به علت آلودگی محیط کار، وجود اصطکاک و عوامل محیطی مانند رطوبت و دما، فرسوده شده و به تعمیر و نگهداری دائمی نیاز دارند. عوامل یاد شده در بالا، علاوه بر کاهش عمر موتورها، بازده آنها را نیز کاهش داده و اتلاف انرژی را به دنبال خواهد داشت. با استفاده از روش تعمیر و نگهداری پیشگیرانه می‌توان بازده موتورها را ثابت نگهداشت. یکی دیگر از موارد مهم در خصوص موتورهای الکتریکی عدم استفاده آنها در کم باری و بی باری است. از این رو باید بررسی درخصوص امکان تعویض موتورهای با ظرفیت نامی بیش از نیاز مصرف با موتورهای متناسب با نیاز، انجام شود. (در راستای بهبود راندمان و اصلاح ضریب توان سیستم)

انتخاب موتور با ظرفیت بزرگتر از نیاز باعث می‌شود:

- ۱- هزینه‌های کلی خرید موتور افزایش یابد.
 - ۲- هزینه‌های مربوط به حفاظت و کنترل افزایش یابد.
 - ۳- هزینه‌های کلی تجهیزات اصلاح ضریب توان افزایش یابد.
 - ۴- به دلیل افزایش تلفات، هزینه (مصرف) برق افزایش یابد.
- نکات زیر در کاهش تلفات و هزینه‌های برق در خصوص موتورهای الکتریکی موثر خواهد بود:

- ۱- انتخاب موتورهای پربازده برای بهره برداری بلند مدت و متناسب با گشتاور مکانیکی مورد نیاز.
- ۲- محل استقرار موتورها می‌باید به گونه‌ای باشد، که گرمای حاصل از موتورها به آسانی تهویه شود.
- ۳- بررسی مقدار توان راکتیو و در صورت نیاز طراحی و نصب خازن مناسب در کنار مصرف کنندگان مجهز به موتور.
- ۴- بررسی استفاده از مبدل فرکانسی برای تغییر سرعت موتورهای آسنکرون به تناسب نیاز.
- ۵- استفاده از موتورها در بار نامی و ممانعت از قطع و وصل بیش از حد آنها (خاموش بودن موتورها در ساعات غیرضروری).
- ۶- نگهداری و تعمیرات بموقع و بازدیدهای دوره‌ای به منظور حفظ بازده موتورها و تجهیزات.
- ۷- بررسی امکان استفاده از موتورهای دور متغیر به ویژه برای پمپها.
- ۸- به حداقل رساندن اصطکاک سیستم‌های مکانیکی متصل به موتورها.
- ۹- بررسی امکان استفاده از موتورهای پرمصرف در ساعات غیرپیک مصرف برق شبکه.

از عوامل فرسودگی و کاهش بازده موتورهای برق نیز می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- آلودگی محیط کار موتور بر اثر گرد و غبار، رطوبت و بخار روغن.
- ۲- افزایش بیش از اندازه درجه حرارت محیط کار موتور.
- ۳- عدم روغنکاری منظم.
- ۴- روغنکاری بیش از اندازه (بر اثر نفوذ روغن به درون موتور و تماس با سیم پیچ‌های آرمیچر، عایق‌بندی نیز ممکن است آسیب ببیند).
- ۵- روغنکاری کم (بکار بردن روغن کم، باعث خوردگی بلبرینگها، تماس رتور و استاتور، افزایش دمای بلبرینگ و گیرپاژ کردن موتور می‌شود).

بهینه سازی سیستم هوای فشرده

هوای فشرده یکی از انواع پرمصرف حامل‌های انرژی است که برای تولید آن از انرژی الکتریکی استفاده می‌شود. سیستم‌های هوای فشرده را باید تا حد امکان در زمان مورد نیاز، در نزدیکی محل مصرف و در ظرفیت نامی استفاده نمود. بازده کمپرسور هنگام کار در زیر ظرفیت نامی به شدت کاهش می‌یابد و برای جلوگیری از افت عملکرد آن در زمان عدم نیاز، استفاده از سیستم کنترل اتوماتیک توصیه می‌شود.

با توجه به تنوع مقدار و زمان مورد نیاز به هوای فشرده در بخش‌های مختلف یک صنعت، استفاده ترکیبی از چند کمپرسور با ظرفیت‌ها و سیستم کنترل مناسب، به جای یک کمپرسور مرکزی توصیه می‌شود.

نشتی‌ها در سیستم هوای فشرده، موجب افت فشار در سیستم می‌شود و موجب کار کردن کمپرسور در ظرفیتی بالاتر از ظرفیت مورد نیاز و افزایش هزینه‌های انرژی و هزینه‌های تعمیر و نگهداری می‌شود. بنابراین باید نسبت به رفع نشتی‌های موجود و جلوگیری از اتلاف انرژی، اقدام نمود.

انتخاب کمپرسور مناسب با قدرت مورد نیاز و همچنین استفاده از مخزن هوای فشرده تا حدود زیادی موجب کاهش مصرف انرژی می‌شود. راهکارهای به حداقل رسانیدن افت فشار مستلزم طراحی مناسب، بهره برداری صحیح و نیز تعمیرات و نگهداری منظم سیستم هوای فشرده می‌باشد. با حذف استفاده‌های نادرست، کاهش نشتی‌ها و کاهش افت فشار می‌توان مصرف انرژی را در سیستم های هوای فشرده ۲۰ تا ۵۰ درصد کاهش داد. با توجه به موارد فوق و بصورت کلی عوامل کاهش راندمان سیستم هوای فشرده را می‌توان به شرح زیر برشمرد:

- نشتی هوا
- گرفتگی فیلترهای هوا و افزایش هوای ورودی
- کاهش راندمان الکتروموتور محرک کمپرسور

- عدم عملکرد در نقطه طراحی (نامی)
- افت فشار بیش از حد لوله ها
- افزایش دمای هوای ورودی

توصیه های عمومی بهینه سازی انرژی الکتریکی

- ۱- در زمان احداث کارخانه در صورت امکان از ولتاژ بالاتری برای برقرسانی استفاده شود.
- ۲- با نصب ترانسفورماتور مناسب از تلفات اضافی جلوگیری شود.
- ۳- با طراحی مناسب سیستم توزیع داخلی، سعی شود تلفات شبکه توزیع داخلی به حداقل ممکن کاهش یابد.
- ۴- با نصب خازن مناسب نسبت به بهبود ضریب توان اقدام گردد.
- ۵- نگهداری و تعمیرات به موقع، پاک کردن فیلترها و روغنکاری تجهیزات در تثبیت راندمان آنها موثر بوده و بازدید دوره‌ای از اتصالات الکتریکی تجهیزات برقی، جهت جلوگیری از بروز عیوب الکتریکی ضروری است.
- ۶- در مطالعه و اجرای طرح‌های افزایش ظرفیت فرآیندهای تولید، بهینه سازی مصرف برق مد نظر قرار گیرد.

نکات مهم جهت بهینه سازی مصرف انرژی در فن ها

- ۱- ورودی‌های هوا را از نوع با شیب ملایم و با پرداخت مناسب انتخاب نمایید.
- ۲- از توزیع هوای نامناسب در ورودی هوای فن جلوگیری نمایید.

- ۳- موانع ورودی و خروجی فن را به حداقل برسانید.
- ۴- حفاظها و فیلترها را بصورت منظم تمیز کنید.
- ۵- از پره های فن به شکل ایرفویل استفاده نمایید.
- ۶- دور فن را به حداقل برسانید.
- ۷- حتی الا مکان از موتور دو سرعته استفاده کرده و در صورت امکان از دور پایین استفاده نمایید.
- ۸- از تسمه های کم لغزش یا بدون لغزش استفاده نمایید.
- ۹- میزان کشش تسمه (شل یا سفت بودن آن) را بررسی کنید.
- ۱۰- برای بارهای بزرگ متغیر از موتورهای با دور متغیر استفاده شود.
- ۱۱- برای کارکرد پیوسته یا تقریباً پیوسته از موتورهای کم مصرف استفاده شود.
- ۱۲- از کانالهای با سایز مناسب و با زانوها و تبدیل‌های کافی استفاده شود.
- ۱۳- نشستی‌های کانالها را برطرف نمایید.
- ۱۴- فن‌ها را در مواقعی که لازم نیستند خاموش کنید.

نکات مهم جهت بهینه سازی مصرف انرژی در کمپرسورها

- ۱- برای کمپرسورهای با جابجایی مثبت که ظرفیت‌های مختلفی دارند، سرعت‌های رانش متفاوتی را منظور کنید.

۲- مطمئن شوید که دمای روغن روان کننده خیلی بالا نبوده (خطر تجزیه روغن و ویسکوزیته پایین) و همچنین این دما نباید خیلی پایین باشد (آلودگی ناشی از چگالش).

۳- مرتباً فیلتر روغن را عوض کنید.

۴- به طور متناوب عملکرد صحیح خنک کننده‌های داخلی را بررسی کنید.

۵- از گرمای اضافی یک کمپرسور خیلی بزرگ جهت تامین توان مورد نیاز یک چیلر جذبی یا پیشگرم کردن سیال فرآیند یا سیال عامل استفاده کنید.

۶- یک برنامه تعمیر و نگهداری با راندمان بالا برای کمپرسور نصب کنید.

نکات مهم جهت بهینه سازی مصرف انرژی در چیلرها

۱- در صورت امکان دمای آب سرد تنظیمی را افزایش دهید.

۲- از کمترین دمای آب کندانسور موجودی که چیلر قابلیت کار با آن را دارد استفاده کنید.

۳- مبدل‌ها در صورت ایجاد رسوب تمیز شوند.

۴- دبی جریان آب کندانسور و جریان آب خنک شده را بهینه سازید.

۵- چیلرها و کمپرسورهای قدیمی را با مدل‌های جدید و راندمان بالا جایگزین کنید.

۶- ترجیحا از کندانسورهای آب-سرد به جای کندانسورهای هوا-سرد استفاده شود.

۷- برای عملیات پیوسته یا تقریبا پیوسته از موتورهایی که بازده انرژی بالایی دارند استفاده شود.

۸- ضرایب رسوب مناسبی برای کندانسورها منظور شود.

۹- از سیال عامل سردسازی استفاده شود که بیشترین بازده را داشته باشد.

۱۰- از شارژ بیش از حد سیال سردساز پرهیز شود.

۱۱- از شارژ بیش از حد روغن اجتناب شود.

۱۲- برای هماهنگ ساختن عملکرد چیلرهای چندگانه یک سیستم کنترل نصب کنید.

۱۳- برای تعیین بهترین بازده عملکرد چیلرهای چندگانه، خواص بار جزئی و هزینه‌های مربوط به سیکل را مطالعه و بررسی کنید.

۱۴- چیلرها و برجهای خنک کن خارج از خط را عایق بندی کنید.

۱۵- یک برنامه تعمیر و نگهداری با بازده بالا برای چیلر در نظر بگیرید.

نکات مهم جهت بهینه سازی مصرف انرژی در سیستمهای تهویه

۱- سیستم کنترل HVAC را تنظیم نمایید.

دفتر HSEE وزارت صنعت، معدن و تجارت

۲- امکان نصب سیستم اتوماسیون ساختمان یا سیستم مدیریت انرژی را بررسی کنید.

۳- سیستم را به گونه ای بالانس کنید که جریانها را کمینه و مصرف توان دمنده‌ها، فن‌ها و پمپ‌ها را کاهش دهد.

۴- تا حد امکان گرمایش مجدد را حذف و یا کم کنید.

۵- از تنظیم نادرست ترموستات جلوگیری نمایید.

۶- از ترموستات مناسب برای سیستم HVAC استفاده کنید.

۷- تنظیمات سرمایشی را به بالاترین حد ممکن و تنظیمات گرمایشی را به پایین ترین حد ممکن برسانید.

۸- در صبح‌های تابستان از پیش سرد کردن و در صبح‌های زمستان از پیش گرم کردن استفاده کنید. (برای اینکه صبح‌ها معمولا ساعات غیر پیک هستند).

۹- از تاخیر گرمایشی ساختمان برای مینیمم کردن زمان عملکرد تجهیزات HVAC استفاده کنید.

آدرس دسترسی اینترنتی

سایت وزارت صنعت، معدن و تجارت / قسمت خدمات / قوانین مقررات و بخش نامه‌ها

WWW.mimt.gov.ir/Web_Directory/478-مقررات-قوانین-نامه

نحوه استناد به راهنما:

در صورت ارجاع به این راهنما، از عبارت زیر در بخش منابع و مراجع استفاده نمائید:

دفتر امور بهداشت، ایمنی، محیط زیست و انرژی، وزارت صنعت، معدن و تجارت، راهنمای مدیریت انرژی الکتریکی، ویرایش اول، ۱۳۹۶، WWW.mimt.gov.ir/Web_Directory/478-مقررات-آیین-نامه-قوانین

منابع و ماخذ

۱- استفاده اقتصادی از الکتریسیته در صنعت - وزارت نیرو - دفتر بهینه سازی

مصرف انرژی ۱۳۷۴

۲- صرفه جویی انرژی و مدیریت انرژی در سیستم های الکتریکی، حسین

بهرامی، محمد علی شفیع زاده، محمودرضا قهارپور، غلامرضا کبریایی طبری

و کیان نجف زاده ناشر: وزارت نیرو - سازمان بهره وری انرژی ایران ۱۳۸۳

۳- راهنمای کاهش هزینه های مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی و سیستم

های محرک- اصغر حاج سقطی، محمدعلی رحیم خانی- وزارت نیرو،

معاونت امور انرژی نشر صدوق ۱۳۷۸

۴- راهنمای ممیزی انرژی تجهیزات و فرآیندهای صنعتی نویسندگان: محمد

شیخی امیر دودابی نژاد، سمیرا فاضلی ویسری محمد اکبری سیار، سبابا

۱۳۹۵

۵- Energy Management Handbook, Eighth Edition, Steve Doty, Wayne C. Turner