

کاربرد کنترل کننده های دور موتور SANTERNO در صرفه جویی انرژی

بحث انرژی از دو دیدگاه اقتصادی و زیست محیطی حائز اهمیت است. بهینه سازی مصرف انرژی به این معنی است که بتوان با استفاده از تجهیزات و یا مدیریت بهتر همان کار را ولی با مصرف انرژی کمتر انجام بدهیم. صرفه جویی انرژی می تواند با استفاده از تجهیزات بهتر نظیر: عایق بندی مطلوب، افزایش راندمان سیستمهای حرارتی، و بازیابی تلفات حرارتی بدست آید از طرف دیگر اعمال مدیریت انرژی، بمنظور درک سیستمهای موجود و طریقه استفاده از آنها، میتواند در کاهش مصرف انرژی نقش مهمی داشته باشد. در سیاست گذاری انرژی باید سازمانها رویکرد سیستمی داشته باشند. برای مثال در بهینه سازی مصرف انرژی الکتریکی هدف تنها کاهش هزینه های انرژی یک یا چند الکتروموتور مشخص نیست، بلکه باید آثار اقدامات مورد نظر روی سایر سیستمها نیز بدقت مورد توجه قرار گیرد. در یک بنگاه اقتصادی صرفه جویی انرژی میتواند موجب برتری رقابتی بنگاه گردد.

در اغلب بخشهای صنعتی انرژی الکتریکی مهمترین منبع انرژی صنعت بشمار می رود. از آنجا که موتورهای الکتریکی، مصرف کننده اصلی انرژی الکتریکی در کارخانجات صنعتی میباشند. لذا بهینه سازی مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی که موضوع مقاله است از اهمیت ویژه ای برخوردار خواهد بود. برای درک اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی به این مورد اشاره می کنیم که اگر راندمان موتورهای الکتریکی القایی موجود در اروپا تنها به میزان ۱% افزایش یابد، هزینه مصرف انرژی الکتریکی به میزان ۱/۴ میلیارد دلار در سال کاهش خواهد یافت.

آمار منتشر شده از سوی وزارت نیرو نشان می دهد در سال ۱۳۷۳، ۳۸/۵% از کل انرژی الکتریکی مصرف شده در ایران توسط موتورهای الکتریکی بوده است [F1]. البته این میزان در کشورهای صنعتی تا ۶۵% می رسد و شاخص خوبی برای نشان دادن سطح صنعتی شدن یک کشور می باشد [۱۰]. اهداف بهینه سازی مصرف انرژی را میتوان بصورت زیر بیان نمود:

- استفاده منطقی از انرژی
- حفظ منابع انرژی
- اصلاح میزان مصرف انرژی در بخشهای مصرف کننده انرژی
- کاهش گازهای گلخانه ای و آلودگی هوا
- اصلاح وضعیت موجود
- کسب برتری رقابتی در بنگاههای اقتصادی

می توان اقدامات مختلفی برای صرفه جویی انرژی الکتریکی در الکتروموتورهای صنعتی بعمل آورد. در حالت کلی این اقدامات به دو دسته تقسیم میشود:

- 1- اقدامات مربوط به طراحی موتور
- 2- اقدامات مربوط به بهره برداری از موتورها

اقدامات مربوط به بهره برداری از موتورها را نیز میتوان به دو دسته تقسیم نمود:

- 1- اقدامات روی موتور، نظیر تهویه، روغنکاری، و بارگذاری
- 2- استفاده از درایو یا کنترل کننده دور موتور

در این مقاله نخست روشهای بهینه سازی مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی را مورد بحث قرار می دهیم سپس کاربرد درایوها در کنترل موتورهای الکتریکی و تاثیری که آنها می تواند در صرفه جویی مصرف انرژی بگذارند مورد بررسی قرار خواهد گرفت.

۱- مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی

در سالهای اخیر بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع بدلیل اقتصادی و زیست محیطی اهمیت بیشتری یافته و موجب شده است که اقدامات عملی گسترده ای در این زمینه بعمل آید. علی رغم اینکه یکی از بزرگترین مصرف کنندگان انرژی الکتریکی در بخش صنعت موتورهای الکتریکی می باشند، لیکن در زمینه افزایش بازدهی میدلهای انرژی الکتریکی به مکانیکی مستقر در صنایع اقدامات عملی چندانی بعمل نیامده است. بدیهی است که افزایش بازدهی محرك های صنعتی نه تنها از نظر اقتصادی مورد توجه استفاده کنندگان می باشد بلکه در برنامه ریزی انرژی در سطح ملی نیز حائز اهمیت است. مطالعات انجام شده در صنایع ایران حکایت از وضعیت نابسامان انتخاب و بهره برداری از موتورهای الکتریکی دارد [F1]. بر اساس این تحقیقات اغلب موتورها بزرگتر از میزان نیاز انتخاب شده و در شرایط بدی نگهداشت میشوند. استفاده از موتورهای با راندمان بالا در ایران رایج نبوده و گزارش موثری از استفاده از درایو جهت صرفه جویی انرژی در دست نیست. کاربردهای صنعتی بسیاری می توان یافت که موتورها در بازدهی بسیار پایین تر از مقدار حداکثر قرار دارند. بعنوان مثال در

یکی از کارخانجات صنعتی کشورمان در یک مورد ، متوسط توان مصرفی در یک موتور القایی سه فاز صنعتی تنها ۲۸٪ توان نامی اندازه گیری شده است [F1]. بدیهی است پایین بودن توان خروجی، تا این حد تأثیرات منفی قابل توجهی بر بازدهی و ضریب توان موتور خواهد داشت .

از سوی دیگر دولت نیز نتوانسته است در ترویج فرهنگ استفاده بهینه از انرژی الکتریکی توفیقات خوبی داشته باشد. بعنوان مثال وزارت نیرو و سازمانهای وابسته به آن که مشخصاً در زمینه بهینه سازی مصرف انرژی الکتریکی در سطح کلان عمل میکنند هنوز در ارتباط با کاهش مصرف داخلی نیروگاهها اقدام موثری بعمل نیاورده است. در حالیکه پتانسیل صرفه جویی انرژی الکتریکی زیادی در نیروگاهها وجود دارد.

۲- موانع در سیاست گذاری انرژی

در ایران موانعی که سر راه بهینه سازی مصرف انرژی الکتریکی وجود دارد را میتوان بصورت زیر دسته بندی نمود:

- سیاست دولت در پرداخت سوسید به صنایع
- عدم آگاهی مدیران صنایع از روشهای صرفه جویی انرژی الکتریکی
- ضعف دانش فنی مهندسی مرتبط با بهینه سازی مصرف انرژی
- نگرانی از ضریب اطمینان درایو و آثار منفی آن روی شبکه و موتور
- نداشتن یک رویکرد سیستمی در استفاده از موتورهای با راندمان بالا

۲- انتخاب موتور مناسب

موتورهای القایی سه فاز و یک فاز به دلیل تنوع مصرف در کاربردهای زیادی مورد استفاده قرار می گیرند. مشخصه های بارمکانیکی ناشی از کاربرد و مورد مصرف می باشد. بدیهی است موتور در صورتی می تواند بار مکانیکی متصل به آن را تامین کند که مشخصه عملکردی موتور منطبق بر مشخصه بار مکانیکی باشد .

۲-۱- تطابق موتور و بار

همانطور که در بالا اشاره شد موتور و بار دارای مشخصه های خاص خود می باشند . منظور از تطابق بین موتور و بار انطباق بین مشخصه های موتور و مشخصه های بار متصل به محور موتور میباشد .

مشکل اصلی در صنایع کشور آن است که در اغلب موارد تطابق مطلوبی بین مشخصه های بار و موتور وجود ندارد. توان اغلب موتورها بیش از بار متصل به محور شان می باشد و با توجه به اینکه قیمت تمام شده موتور متناسب با توان آن می باشد، لذا بدیهی است انتخاب موتور با توان بیش از نیاز بار، علاوه بر افزایش هزینه اولیه موتور موجب افزایش سایر هزینه ها از قبیل کابل کشی و نصب و راه اندازی و تعمیر خواهد شد .

از طرف دیگر در صورتیکه موتور انتخاب شده بزرگتر از حد لازم باشد در این صورت موتور در حالت بار کامل و یا نزدیک به بار کامل کار نکرده و لذا بازدهی آن پایین تر از مقدار حداکثر آن خواهد بود . و خود این امر اشکالات جدی در بهینه سازی مصرف انرژی ایجاد خواهد کرد .

در موتورهای القایی سه فاز در صورت کاهش میزان بازدهی موتور ، به ویژه به میزان کمتر از ۸۰٪ بار کامل ، شاهد کاهش قابل توجه در بازدهی موتور خواهیم بود . متأسفانه در اکثر موارد به این نکته توجه نشده و تنها تأثیر نامطلوب انتخاب موتور بزرگتر از حد لازم بر هزینه اولیه مورد توجه قرار می گیرد . در صورتیکه محاسبات انجام شده حاکی از آن است که تأثیر انتخاب نامناسب موتور بر هزینه های متغیر (هزینه اتلاف انرژی اضافی) قابل توجه و بمراتب بیش از افزایش هزینه ثابت اولیه می باشد .

یک مثال این موضوع را روشن خواهد کرد :

مثال : فرض می کنیم برای انجام یک کار مکانیکی ، موتور القایی سه فاز با توان خروجی ۱۱۰ کیلو وات مناسب باشد و بجای آن موتور با توان ۱۳۲ کیلو وات انتخاب شود . اطلاعات زیر را مورد توجه قرار می دهیم :

- بازدهی موتور در بار کامل = $94/3\%$
- بازدهی موتور در $82/3\%$ بار کامل = $92/5\%$
- طول عمر مفید موتور = ۱۵ سال
- ضریب کارکرد = $0/8$

با انجام کمی محاسبات می توان نتیجه گرفت که مصرف انرژی در طول ۱۵ سال بمقدار $937/600$ کیلو وات ساعت افزایش پیدا خواهد کرد. مطالب فوق این واقعیت را بیان می کند که انتخاب موتور مناسب به لحاظ اقتصادی حائز اهمیت فراوان بوده و لذا تطابق بین بار و موتور از اهمیت ویژه ای برخوردار است . انتخاب موتور بزرگتر از حداقل مورد نیاز به دلایل زیر غیر اقتصادی می باشد :

- 1- با افزایش توان موتور قیمت آن یعنی هزینه اولیه افزایش می یابد.
- 2- با افزایش توان موتور هزینه های نگهداری و تعمیرات آن افزایش می یابد.

- 3- با افزایش توان موتور بدلیل پایین آمدن ضریب بار، بازدهی موتور کاهش یافته و بدین ترتیب انرژی تلف شده افزایش می یابد.

۲-۲- موتورهای با راندمان بالا (Energy Efficient Motors)

گرچه قیمت موتورهای با راندمان بالا بیشتر از موتورهای استاندارد است، ولی در اغلب کاربردها استفاده از آنها کاملاً اقتصادی است. مخصوصاً در کاربردهائی که:

- مدت زمان روشن بودن موتور بیش از زمان خاموش بودن آن باشد
- مدت زمان روشن بودن موتور بیش از ۲۰۰۰ ساعت در سال باشد
- گشتاور بار نسبتاً ثابت بوده و موتور بدرستی به بار تطبیق شده باشد.

استفاده از موتورهای با راندمان بالا توصیه میشود. بارهائی چون میکسرها، نقاله ها و فیدرها از این نوع هستند. اهمیت موضوع وقتی آشکار میشود که توجه کنیم که هزینه انرژی مصرفی یک الکتروموتور در طول عمر مفید آن ۱۰ تا ۲۰ برابر قیمت موتور است [۱۶]. موتورهای با راندمان بالا علاوه بر صرفه جویی انرژی معمولاً مزیت‌های دیگری نیز دارند. برای مثال آنها جریان‌های بیشتری را در هنگام راه اندازی تحمل میکنند و حرارت و نویز کمتری تولید میکنند. هر چند که موتورهای با راندمان بالا تنها ۲ تا ۳ درصد راندمان را بهبود میدهند، اما اگر در انتخاب و بکارگیری آنها بجای یک موتور کل سیستم در نظر گرفته شود، اثر بخشی کار بالا خواهد رفت. با رویکرد سیستمی به موضوع و در نظر گرفتن عوامل دیگر نظیر هزینه های تعمیر و نگهداشت و بهره برداری میتوان به کارائی این موتورها بیشتر پی برد. میزان صرفه جویی انرژی در صورت استفاده از موتور با راندمان بالا، به جای موتورهای استاندارد از رابطه زیر قابل محاسبه است:

در رابطه فوق hp توان موتور بر حسب اسب بخار، α ضریب بار (در صد از بار کامل تقسیم بر ۱۰۰)، h_r ساعات کار در طول سال، c متوسط قیمت انرژی (قیمت هر ee راندمان موتور hstdl راندمان موتور استاندارد (%))، و kWh کیلووات ساعت انرژی، راندمان بالا (%) است. توصیه میشود هنگام خرید موتور و یا سفارش ساخت ماشین به سازندگان ماشین از موتورهای با راندمان بالا استفاده گردد. همچنین معمولاً اقتصادی است که بجای سیم پیچی کردن موتورهای سوخته و استفاده مجدد از آنها، از موتورهای با راندمان بالا استفاده گردد. زمان بازگشت سرمایه (به سال) در خرید این نوع موتورها، بطور ساده عبارت خواهد بود از:

۴- اقدامات مورد نیاز برای بهبود عملکرد سیستمهای مرتبط با الکتروموتورها

یک موتور معمولاً با اجزا و سیستمهای دیگر در ارتباط است. برای بهبود عملکرد الکتروموتورها لازم است سیستمهای مرتبط با موتور نیز در نظر گرفته شود. این سیستمها شامل شبکه برق، کنترل کننده های موتور، الکتروموتور و سیستم انتقال نیرو میگردد.

۴-۱- کیفیت توان Power Quality

مسائل کیفیت توان شبکه شامل کلیه اختلالات شبکه برق مثل عدم تقارن در ولتاژ، افت ولتاژ، چشمک زدن، اسپایک، سیستم ارت بد، هارمونیکها و نظایر آن میشود [۵]. از آنجا که کیفیت توان تأثیر زیادی در اتلاف انرژی دارد، لازم است یک مهندس مجرب وضعیت شبکه برق تأسیسات را زیر نظر داشته باشد.

۴-۲- تثبیت ولتاژ شبکه

تا آنجا که ممکن است باید ولتاژ اعمالی به موتور نزدیک به ولتاژ کار موتور باشد. گرچه تغییرات ۱۰٪ در ولتاژ موتور مجاز است اما از نقطه نظر اتلاف انرژی میزان انحراف از ولتاژ نامی موتور باید کمتر از ۵٪ باشد. تغییر ولتاژ موتور موجب افت ضریب قدرت، عمر مفید موتور و راندمان میگردد [۶]. شکل (۱)

شکل (۱): بررسی تأثیر تغییرات ولتاژ اعمالی به موتور روی تورک، جریان راه اندازی، جریان بار کامل، راندمان و ضریب قدرت

اگر ولتاژ موتور بیش از ۵٪ کاهش پیدا کند، راندمان بین ۲ تا ۴ درصد افت پیدا کرده و دمای موتور حدود ۱۵ درجه افزایش می یابد و این افزایش دما عمر عایق موتور را کاهش خواهد داد. در شکل (۲) عمر موتور در دماهای کار مختلف و با کلاسهای عایقی مختلف نشان داده شده است.

شکل (۲): بررسی تاثیر دمای کلافهای موتور روی عمر مفید آن برای موتورهای با کلاس عایقی مختلف

۳-۴- عدم تقارن فاز

عدم تقارن فاز باید کمتر از ۱٪ باشد. عدم تقارن فاز بصورت زیر توسط NEMA تعریف شده است:

برای مثال اگر ولتاژهای فاز بترتیب ۴۶۲ و ۴۶۳ و ۴۵۵ ولت باشد. متوسط ولتاژ سه فاز برابر با ۴۶۰ ولت میشود و در صد عدم تقارن بصورت زیر محاسبه خواهد شد:

ضرب قدرت

ضرب قدرت پائین موجب افزایش جریان کابلها و ترانسفورماتورها و افت ولتاژ شده و بدین ترتیب باعث کاهش ظرفیت سیستم تغذیه میشود [۷]. ضرب قدرت پائین ناشی از بار کم در شفت موتور است. در شکل (۳) منحنیهای ضرب قدرت برای بارهای مختلف و رنجهای توانی متفاوت موتورها آمده است [۸]. بوضوح مشاهده میشود با کاهش بار موتور ضرب قدرت تغییرات قابل توجهی میکند.

۵- روشهای عملی برای افزایش بازدهی موتور

اشاره شد که بالا بردن بازدهی متوسط موتورهای القایی به لحاظ اقتصادی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. بدیهی است نحوه عمل و دستیابی به نتایج مطلوب وابسته به نوع و اندازه موتور، شرایط بارگذاری، نحوه نگهداری و غیره بوده و لذا نمی توان دستور العمل کلی برای ارتقاء بازدهی کلیه موتورهای القایی ارائه داد. بطور کلی اقدامات لازم برای بالا بردن بازدهی موتورهای القایی را می توان به دو دسته تقسیم نمود. دسته اول تمهیداتی است که در زمان طراحی و ساخت موتور باید بکار گرفت. دسته دوم شامل مجموعه اقدامات عملی جهت بالا بردن بازدهی موتورهای القایی در حال کار در صنایع می شود.

اقدامات عملی ساده ای منجر به افزایش راندمان کار می گردد به عنوان مثال مقدار معمول جریان بی باری در موتورهای القایی سه فاز در محدوده ۲ تا ۵ درصد جریان نامی موتور است. ولی در بررسی های بعمل آمده مشاهده شده است که در اکثر موارد جریان بی باری موتور بیشتر از این مقدار بوده و در برخی موارد تا ۱۲٪ جریان نامی افزایش یافته است. این افزایش در جریان بی باری موتور بعلت عدم نگهداری صحیح از موتور است. در اکثر موارد این شرایط نامطلوب در حالات بارگذاری نیز مشاهده می شود. به این معنی که با اعمال بار مکانیکی غیر مفید به محور موتور، بصورت اصطکاکهای مکانیکی ناشی از عدم نگهداری صحیح، موجب میشود که موتور بار اعمال شده را در جریان الکتریکی بیشتری تامین می کند. و در واقع بخشی از توان الکتریکی ورودی صرف تامین بار و قسمت دیگر آن برای غلبه بر اصطکاک مکانیکی مصرف می شود.

بدین ترتیب موارد زیر را در ارتباط با تلفات اهمی موتور میتوان بیان کرد:

- 1- تلفات اهمی موتور متغیر بوده و تابعی از میزان و نحوه بارگذاری موتور می باشد.
- 2- در بسیاری از موارد عدم نگهداری صحیح از قسمتهای چرخان موتور به ویژه بلبرینگ محور موتور، موجب ایجاد بار مجازی ناشی از افزایش اصطکاک مکانیکی شده و لذا جریان ورودی موتور در حالت بی باری و بار از حد مطلوب و اعلام شده توسط سازنده بیشتر خواهد شود
- 3- افزایش جریان ورودی موتور موجب بالا رفتن تلفات اهمی و حرارت ایجاد شده در سیم پیچ شده و لذا درجه حرارت اطراف سیم پیچ افزایش خواهد یافت.

از مشخصات بارز تلفات مکانیکی موتور دشواری محاسبه میزان و تعیین منابع آن است. بخش عمده تلفات مکانیکی در قسمت های چرخان موتور بوده و ناشی از اصطکاک و بار می باشد و لذا میزان تلفات مکانیکی تا حد زیادی وابسته به شرایط نگهداری موتور دارد. با روغن کاری مناسب و بموقع بلبرینگ و نطافت قسمتهای چرخان موتور و همچنین اطمینان از بالانس بودن محور، میتوان تلفات مکانیکی موتور را به حداقل رساند بدین ترتیب در ارتباط با تلفات مکانیکی موتور میتوان موارد زیر را اظهار داشت:

- 1- میزان تلفات مکانیکی تابعی از شرایط نگهداری موتور می باشد.
- 2- با انجام اقدامات مناسب در نگهداری موتور می توان تلفات مکانیکی را بسادگی در مقدار حداقل خود نگه داشت.
- 3- تلفات مکانیکی نیز منجر به افزایش درجه حرارت بویژه در قسمتهای چرخان موتور می شود.

انواع تلفات موتور بدون توجه به نوع آن منجر به ایجاد حرارت می شود بدین ترتیب خنک کاری موتور بویژه در شرائطی که موتور زیر بار است از اهمیت ویژه ای برخوردار است . بالا رفتن درجه حرارت موتور باعث کاهش عمر مفید آن می شود .

در موارد زیادی مشاهده شده است که بدلیل عدم رعایت نکات ساده و مهم در نگهداری موتور باعث کاهش بازدهی سیستم خنک کن شده و درجه حرارت موتور در حالت بار نامی افزایش پیدا کند . در این گونه موارد گاهی اوقات بجای رفع اشکال نگهداری، اقدام به جایگزین کردن موتور با توان بیشتر می شود که این امر خود منجر به کاهش بازدهی سیستم و اتلاف انرژی خواهد شد .

بر اساس تجارب شرکت پرتو صنعت نوع دیگری از اشکالات مربوط به سیم پیچی موتورهای معیوب توسط افراد غیر متخصص می شود. مشاهدات ما نشان می دهد که در برخی از موارد موتور بدفعات مورد سیم پیچی قرار می گیرد . عدم رعایت نکات فنی در عایق بندی موتور سیم پیچی شده و همچنین استفاده از ابزار و آلات غیر اصولی در درآوردن سیم پیچی سوخته شده موتور نتایج بدی بدنبال دارد .

بعنوان يك اصل تجربی موتورهای که به این شیوه سیم پیچی مجدد می شوند برای کار با اینورتر یا کنترل کننده دور موتور مناسب نیستند. اغلب این موتورها بدلیل آسیب هائی که به مدار مغناطیسی آنها در حین سیم پیچی وارد می شود از جریان بی باری بالاتر از حد معمول برخوردار بوده و عایق بندی آنها برای کار با اینورتر مناسب نمی باشد . این نوع موتورها حرارت بیشتری نسبت به موتورهای سالم دارند و تلفات انرژی زیادی ایجاد می کنند . ضمناً این موتورها بمراتب آسیب پذیرتر از موتورهای فابریک می باشند . توصیه می شود در سیم پیچی موتورهای آسیب دیده از تکنیسین های مجرب و ابزارآلات مناسب استفاده شود . ضمناً تا زمانیکه اطمینان از فرآیند کار حاصل نشده باشد از استفاده از این نوع موتورها همراه با کنترل کننده دور موتور اجتناب گردد .

توصیه می شود اگر قصد تعویض این نوع موتورها را دارید و یا میخواهید موتورهای جدیدی تهیه کنید، موتورهای تهیه کنید که راندمان بالاتری داشته باشند.

۶- دستور العملهای لازم برای بهبود عملکرد موتورهای الکتریکی

اشاره شد که عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی را می توان بصورت زیر بیان نمود :

- عوامل موثر در مراحل طراحی و ساخت
- عوامل موثر در بهره برداری

بررسی عوامل موثر فوق خارج از حوصله این مقاله است. یک مطالعه خوب از عوامل فوق توسط آقای دکتر اوروعی در سال ۱۳۷۲ انجام گرفته است . [F1] در اینجا بطور خلاصه به عوامل موثر در بهره برداری از موتور که به افزایش بازدهی آنها منجر خواهد شد اشاره میشود. در جدول (۱) خلاصه ای از عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی آمده است .

جدول (۱) عوامل موثر در بازدهی موتورهای الکتریکی

همان طور که مشاهده می شود مجموعه اقدامات ساده فوق خصوصاً اقداماتی که به عوامل وابسته به شرایط نگهداری موتور می شود می تواند منجر به صرفه جویی اقتصادی قابل توجهی شود .

برای اطمینان یافتن از اینکه بازدهی موتورهای مستقر در صنایع و سایر کاربردها در حد مطلوب قرار دارد می توان نسبت به تدوین شناسنامه صنعتی برای هر موتور (و بویژه موتورهای بزرگ) اقدام نموده و با ثبت اطلاعات مورد نظر از جمله موارد زیر بازدهی این موتور ها را مورد بررسی قرار داد :

- میزان بار (درصد از بار کامل)
- میزان تغییرات بار (درصد از بار کامل)
- میزان تغییرات سرعت (درصد از سرعت سنکرون)
- میزان تغییرات ولتاژ شبکه (درصد از ولتاژ نامی)

توصیه میشود کارخانجاتی که در آنها تعداد موتور مورد استفاده زیاد می باشد نسبت به جمع آوری اطلاعات فوق و اقدامات اصلاحی اقدام نمایند.

۷- دسته بندی اقدامات لازم برای بهینه سازی مصرف انرژی

برای روشن شدن تاثیر اقدامات مختلف برای افزایش بازدهی موتورهای الکتریکی در جدول (۲) نتایج قابل انتظار این اقدامات برای دسته ای از موتورهای القایی با توان خروجی ۲/۲ تا ۳۰ کیلو وات نمایش داده شده است [F1].

جدول (۲) : اقدامات مختلف برای افزایش بازدهی موتورهای الکتریکی با توان ۲/۲ تا ۳۰ کیلو وات .

۸- تکنولوژی الکترونیک قدرت و درایوهای AC

تکنولوژی الکترونیک قدرت (Power Electronics)، بهره وری و کیفیت فرایندهای صنعتی مدرن را بی وقفه بهبود میبخشد. امروزه با کمک همین تکنولوژی امکان استفاده از منابع انرژی غیرآلاینده بازیافتی (Renewable Energy)، نظیر باد و فتو ولتائیک فراهم شده است. تخمین زده میشود که با استفاده از الکترونیک قدرت، حدود ۱۵ تا ۲۰ درصد امکان صرفه جویی انرژی الکتریکی وجود دارد [۱۷]. در واقع با کاهش بیوقفه قیمت ها در عرصه الکترونیک قدرت زمینه برای حضور آنها در کاربردهای صنعتی، حمل و نقل و حتی خانگی فراهم میگردد.

نیروی محرک بیشتر پمپها و فن ها موتورهای القایی هستند که در دور ثابت کار میکنند. لیکن در سالهای اخیر با پیشرفتهای انجام گرفته در زمینه تکنولوژی الکترونیک قدرت ، استفاده از موتورهای القایی قفس سنجابی همراه با کنترل کننده دور موتور (AC DRIVE یا اینورتر یا بطور ساده درایو) رو به گسترش است . درایوها دستگاههایی هستند که توان ورودی با ولتاژ و فرکانس ثابت را به توان خروجی با ولتاژ و فرکانس متغیر تبدیل میکنند. باید توجه کرد که دور یک موتور تابعی از فرکانس منبع تغذیه آن است. برای این منظور یک درایو نخست برق شبکه را به ولتاژ DC تبدیل کرده و سپس آنرا با استفاده از یک اینورتر مجدداً به ولتاژ AC با فرکانس و ولتاژ متغیر تبدیل میکند. در شکل (۴) قسمتهای اصلی یک درایو ولتاژ پائین نشان داده شده است. همانطور که مشاهده میکنید قسمت اینورتر متشکل از سوئیچهای قدرتی است که در سالهای اخیر تغییرات تکنولوژیک زیادی پیدا کرده اند. در واقع با معرفی سوئیچهای قدرتی چون IGBT با قیمتهای رو به کاهش، زمینه برای عرضه درایوهای با قیمت مناسب فراهم شد. در هر حال خاطر نشان میکنیم که شکل موج خروجی درایو ترکیبی از پالسهای DC با دامنه ثابت است. این موضوع موجب میشود که خود درایو منشا اختلالاتی در کار موتور شود. برای مثال کیفیت شکل موج خروجی درایو میتواند سبب اتلاف حرارتی اضافی ناشی از مولفه های هارمونیک فرکانس بالا در موتور شده و یا موجب نوسانات گشتاور Torque Pulsation در موتور گردد. با این حال درایوهای امروزی بدلیل استفاده از سوئیچهای قدرت سریع این نوع مشکلات را عملاً حذف کرده اند.

شکل (۴): ساختمان یک کنترل کننده دور موتور (فقط قسمتهای قدرت نشان داده شده است).

کنترل کننده های دور موتورهای الکتریکی هر چند که ادوات پیچیده ای هستند ولی چون در ساختمان آنها از مدارات الکترونیک قدرت استاتیک استفاده می شود و فاقد قطعات متحرک می باشند، از عمر مفید بالایی برخوردار هستند . مزیت دیگر کنترل کننده های دور موتور توانایی آنها در عودت دادن انرژی مصرفی در ترمزهای مکانیکی و یا مقاومت های الکتریکی به شبکه می باشد . در چنین شرائطی با استفاده از کنترل کننده های دور مدرن می توان از اتلاف این نوع انرژی جلوگیری نمود . بطوریکه در برخی کاربردها قیمت انرژی بازیافت شده از این طریق ، در کمتر از یکسال معادل هزینه سرمایه گذاری سیستم بازیافت انرژی می شود .

۹- کنترل کننده های دور موتور

تا اینجا درمورد مجموعه اقداماتی که برای بهینه سازی مصرف انرژی میتوانستیم روی موتورهای الکتریکی اعمال کنیم بحث شد. اشاره شد که در کشور ایران در سال ۷۳ بیش از ۲۵ درصد مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی بخش صنعت بوده است . البته این مقدار در کشورهای صنعتی تا ۶۵ درصد نیز میرسد. این امر اهمیت بهینه سازی مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی را نشان میدهد. در این قسمت از مقاله در مورد تاثیر استفاده از کنترل کننده های دور موتور در کاهش مصرف انرژی صحبت خواهیم کرد. سعی میکنیم با استفاده از تعدادی مثال اهمیت

موضوع را نشان دهیم . بطور خلاصه در کاربردهای صنعتی زیادی، صرفه جویی که با استفاده از کنترل کننده دور موتور در مصرف انرژی حاصل میشود بر مراتب بیشتر از اقدامات برشمرده در قسمتهای قبلی مقاله است.

استفاده از موتورهای مجهز به کنترل کننده دور موتور ، امکان اعمال تغییرات لازم در سرعت موتور فن و یا پمپ را بطور دائم فراهم آورده و بدین ترتیب می توان با توجه به فرآیند مورد نظر از اتلاف انرژی ایجاد شده در تنظیم کننده های مکانیکی جلوگیری نمود . با استفاده از درایو موتور به بار تطبیق داده شده ، و هر گونه نیاز به خاموش و روشن کردن موتور و یا ادوات تنظیم کننده نظیر شیر یا دمپر حذف می گردد . همچنین کنترل سرعت دقیق و متعاقب آن توان خروجی قابل دسترسی بوده و با توجه به استفاده از مدارات الکترونیک ، استهلاک قسمتهای کنترل کننده در حد بسیار پایین خواهد بود . تصمیم گیری

در مورد استفاده از موتور با کنترل کننده دور متغیر بستگی به نوع کاربرد مورد نظر دارد. از آنجا که هزینه اولیه این سیستمها (کنترل کننده دور موتور) بیش از سایر روشها می باشد و با توجه به اینکه صرفه جویی ناشی از بالا بودن بازدهی تنها بصورت کاهش هزینه راهبري نمایان می شود، لذا استفاده از موتورهای مجهز به کنترل کننده دور در طول زمان منجر به صرفه جویی اقتصادی می شود. معمولاً بسته به نوع کاربرد زمان بازگشت سرمایه گذاری بین يك تا سه سال متغیر خواهد بود.

متناسفانه در اکثر موارد مهمترین عامل در انتخاب محرك قیمت اولیه است. بدین معنی که سیستم بر مبنای کمیته سازی هزینه اولیه انتخاب می شود. در حالیکه در طول عمر مفید آن هزینه قابل توجهی صرف انرژی تلف شده و یا تعمیر و نگهداری می شود.

در شکل(۵) میزان استفاده از کنترلرهای دور متغیر نشان داده شده است.

کنترل کننده های دور موتور انواع مختلفی دارند. آنها قادرند انواع موتورهای AC و DC را کنترل کنند. قیمت کنترلرها وابسته به نوع تکنولوژی بکار رفته در ساختمان آنها میباشد. ساده ترین روش کنترل موتورهای AC روش تثبیت نسبت ولتاژ به فرکانس (یا کنترل V/F ثابت) میباشد. اینک این روش، بطور گسترده در کاربردهای صنعتی مورد استفاده قرار میگیرد. این نوع کنترلرها از نوع اسکالر بوده و بصورت حلقه باز با پایداری خوب عمل میکنند. مزیت این روش سادگی سیستمهای کنترلی آن است. در مقابل این نوع کنترلرها برای کاربردهای با پاسخ سریع مناسب نمیشوند. روباتها و ماشینهای ابرار نمونه هائی از کاربردهای با دینامیک بالا هستند. در این کاربردها روشهای کنترلی برداری استفاده میشود. در روشهای کنترلی برداری با تفکیک مولفه های جریان استاتور به دو مولفه تورک ساز و فلو ساز، و کنترل آنها با استفاده از رگولاتورهای PI ترتیبی داده میشود که موتور AC نظیر موتور DC کنترل شود. و بدین ترتیب تمام مزایای موتور DC از جمله پاسخ گشتاور سریع آنها در موتورهای AC نیز در دسترس خواهد بود. برای مثال پاسخ گشتاور در روشهای برداری حدود ۱۰ - ms²۰ و در روشهای کنترل مستقیم گشتاور(Direct Torque Control) این زمان حدود ms۵ است. اینک روشهای کنترل برداری متعددی پیاده سازی شده است که بررسی آنها خارج از حوصله این مقاله است. در هر حال نوع کنترل مطلوب، متناسب با کاربرد انتخاب میگردد. در شکل(۶) خلاصه ای از انواع روشهای کنترل موتورهای AC نمایش داده شده است.

شکل(۶): خلاصه ای از انواع روشهای کنترل موتورهای AC

۱۰- مزایای استفاده از کنترل کننده های دور موتور

مزایای استفاده از کنترل کننده های دور موتور هم در بهبود بهره وری تولید و هم در صرفه جویی مصرف انرژی در کاربردهائی نظیر فنها، پمپها، کمپروسورها و دیگر محرکه های کارخانجات، در سالهای اخیر کاملاً مستند سازی شده است. کنترل کننده های دور موتور قادرند مشخصه های بار را به مشخصه های موتور تطبیق دهند. این اسباب توان راکتیو ناچیزی از شبکه میکشند و لذا نیازی به تابلوهای اصلاح ضریب بار ندارند. در زیر به مزایای استفاده از کنترل دور موتور اشاره میشود:

- 1- در صورت استفاده از کنترل کننده های دور موتور بجای کنترلرهای مکانیکی، در کنترل جریان سیالات، بطور مؤثری در مصرف انرژی صرفه جویی حاصل میشود. این صرفه جویی علاوه بر پیامدهای اقتصادی آن موجب کاهش آلاینده های محیطی نیز میشود.
- 2- ویژگی اینکه کنترل کننده های دور موتور قادرند موتور را نرم راه اندازی کنند موجب میشود علاوه بر کاهش تنشهای الکتریکی روی شبکه، از شوکهای مکانیکی به بار نیز جلوگیری شود. این شوکهای مکانیکی میتوانند باعث استهلاک سریع قسمت‌های مکانیکی، بیرینگها و کویلینگها، گیربکس و نهایتاً قسمت‌های از بار شوند. راه اندازی نرم هزینه های نگهداری را کاهش داده و به افزایش عمر مفید محرکه ها و قسمت‌های دوار منجر خواهد شد.
- 3- جریان کشیده شده از شبکه در هنگام راه اندازی موتور با استفاده از درایو کمتر از ۱۰٪ جریان اسمی موتور است.
- 4- کنترل کننده های دور موتور نیاز به تابلوهای اصلاح ضریب قدرت ندارند.
- 5- در صورتی که نیاز بار ایجاب کند با استفاده از کنترل کننده دور، موتور میتواند در سرعت‌های پائین کار کند. کار در سرعت‌های کم منجر به کاهش هزینه های تعمیر و نگهداشت ادواتی نظیر بیرینگها، شیرهای تنظیم کننده و دمپرها خواهد شد.

- 6- پیک کنترل کننده دور قادر است رنج تغییرات دور را، نسبت به سایر روشهای مکانیکی تغییر دور، بمیزان قابل توجهی افزایش دهد. علاوه بر آن از مسائلی چون لرزش و تنشهای مکانیکی نیز جلوگیری خواهد شد.
- 7- کنترل کننده های دور مدرن امروزی با مقدرات نرم افزاری قوی خود قادرند راه حلهای متناسبی برای کاربردهای مختلف صنعتی ارائه دهند.

۱۱- مدیریت بهینه سازی مصرف انرژی و نقش کنترل کننده های دور موتور

امروزه در کشورهای صنعتی الزامات زیست محیطی از یکسو و رقابت بنگاههای اقتصادی از سوی دیگر، مدیریت بهینه سازی انرژی را در صورتیکه امر غیر قابل اجتناب در آورده است. مجموعه اقداماتی که برای صرفه جویی انرژی در کارخانجات صورت میگیرد شامل مواردی چون جایگزینی موتورهای الکتریکی با انواع موتورهای با بازدهی بالا، استفاده از کنترل کننده های دور موتور در کاربردهائی که اتلاف انرژی در آنها زیاد است، بازیافت انرژی از پروسه های حرارتی و نظایر آنها میشود. نتایج اعمال چنین اقداماتی نشان میدهد در موارد زیادی، و بخصوص در جاهائی که از فنها، پمپها، و کمپروسورها در فرایند تولید استفاده میشود، بکارگیری کنترل کننده های دور موتور علاوه بر انعطاف پذیر نمودن کنترل فرایند، تاثیر قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی داشته است. در بسیاری از موارد زمان بازگشت سرمایه بین یک تا سه سال میآید.

کمتر از ۱۰٪ موتورهای مجهز به درایو هستند. در حالیکه در بیش از ۲۵٪ آنها استفاده از درایو توجیه اقتصادی دارد [۱۶].

بر اساس مطالعات انجام گرفته توسط اتحادیه اروپا [۱۰] تا سال ۲۰۰۵ میلادی پتانسیل صرفه جویی انرژی بالغ بر ۶۲.۵ TWh در صنایع کشورهای عضو اتحادیه اروپا وجود دارد. که از این میزان بیش از ۴۴.۷ TWh آن توجیه اقتصادی دارد. این میزان صرفه جویی انرژی تنها در سایه استفاده از موتورهای با راندمان بالا و درایو بدست میآید. که سهم درایو در صرفه جویی دارای توجیه اقتصادی حدود ۶۲٪ است. نتایج چنین مطالعاتی را بطور خلاصه در جدول (۳) مشاهده میکنید.

جدول (۳): پتانسیل فنی و اقتصادی صرفه جویی انرژی با استفاده از موتورهای با راندمان بالا (EEM) و کنترل دور (VSD) در کشورهای عضو اتحادیه اروپا تا سال ۲۰۰۵.

مطالعه فوق با تفکیک بار پتانسیل اقتصادی صرفه جویی انرژی را نیز در اتحادیه اروپا مشخص نموده است. که نتایج آنرا در شکل (۷) مشاهده میکنید.

شکل (۷): پتانسیل صرفه جویی اقتصادی در کشورهای عضو اتحادیه اروپا به تفکیک نوع بار

۱۲- پمپها و فنها

چیزی حدود ۴۰ درصد انرژی مصرفی در بخش صنعت در پمپها و فنها مصرف میشود. برای مثال در انگلستان ترکیب مصرف کنندگان انرژی در موتورهای صنعتی بصورت زیر است [۱۵].

شکل (۸): میزان انرژی مصرفی توسط بارهای مختلف در انگلستان

اغلب این سیستمها از موتورهای القائی با روتور قفس سنجابی استفاده میکنند. و خروجی توسط ادواتی چون شیرهای تنظیم کننده و دمپرها کنترل میشوند. متأسفانه مقادیر قابل توجهی انرژی توسط این فنها و پمپها تلف میشوند. موتورهای بکار رفته در اغلب این ادوات از مقدار مورد نیاز بزرگتر بوده و سیستمهای مکانیکی تنظیم کننده جریان سیالات در آنها بسیار تلفاتی میباشند. به این عوامل باید هزینه های قابل توجه تعمیر و نگهداشت نیز اضافه شود. با توجه به اینکه هزینه های خرید پمپ معمولاً کمتر از ۵ درصد هزینه های بهره برداری آن در طول عمر سیستم پمپ است، کیفیت بهره برداری عامل مهمتری در تصمیم گیری برای انتخاب سیستمهای پمپ بشمار میرود.

شکل (۹): مقایسه انرژی مصرفی کنترل فلو با شیر و درایو

انتخاب پمپها معمولاً بر اساس حداکثر دبی مورد انتظار صورت میگیرد. در حالیکه اغلب اوقات هرگز فلوئی ماکزیمم مورد استفاده قرار نمیگیرد. این امر منجر به بزرگ شدن پمپها شده و بدین ترتیب مقدمات کار برای اتلاف انرژی و استهلاک هر چه سریعتر سیستمهای پمپ فراهم میشود. اگر یک پمپ در دور نامی خود کار کند و دبی خروجی پمپ به مصرف برسد سیستم در راندمان مطلوب خود کار خواهد کرد. اما اگر تنها ۵۰ درصد دبی حداکثر مورد نیاز باشد چه اتفاقی خواهد افتاد؟ بدیهی است که در این حالت نیز موتور در دور نامی خود کار خواهد کرد و توان مصرفی اضافی توسط موتور تلف خواهد شد.

از سوی دیگر برای کنترل دبی خروجی لازم خواهد بود از ادوات مقاومتی نظیر شیر خفه کن استفاده گردد. با استفاده از کنترل کننده های دور موتور میتوان جریان سیالات در پمپ ها را با اعمال تغییر دور موتور ، کنترل نمود. امروزه این روش بدلیل انعطاف پذیری و صرفه جوئی اقتصادی قابل توجه جایگزین روشهای سنتی متکی بر تنظیم جریان سیال با استفاده از شیرهای تنظیم کننده مکانیکی و دمپرها میشود. در شکل (۹) تفاوت دو روش در میزان مصرف انرژی نشان داده شده است.

۱۲- قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن

قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن های سانتریفوژ پایه نظری صرفه جوئی انرژی با استفاده از درایو هستند. بر طبق این قوانین و در یک پمپ یا فن سانتریفوژ، روابط زیر حاکم است:

$$Q \sim N \text{ فلو یا حجم } , Q : \text{ سرعت } N :$$

$$H \sim N^2 \text{ هد یا فشار } H :$$

$$P \sim N^3 \text{ توان ورودی } P :$$

با توجه به شکل (۱۰) فلو/ ولوم بصورت خطی با دور پمپ/فن تغییر میکند. برای مثال اگر دور موتور نصف شود فلو نیز نصف خواهد شد. از طرف دیگر با توجه به منحنی وسط فشار یا هد متناسب با مربع دور تغییر میکند. در این حالت اگر دور موتور نصف شود، فشار یا هد چهار برابر کاهش پیدا کرده و به ۲۵٪ خواهد رسید. منحنی سمت راست نشان میدهد که اگر دور موتور نصف شود مصرف توان ۸ برابر کاهش پیدا کرده و به ۱۲.۵٪ خواهد رسید

شکل (۱۰): نمایش تصویری قوانین افینیتی در کاربردهای پمپ و فن سانتریفوژ

به خاطر میسپاریم با استفاده از کنترل کننده های دور موتور و کاهش تنها ۱۵ درصد دور میتوان به میزان ۴۰ درصد در مصرف انرژی صرفه جوئی کرد. حال اجازه بدهید کمی دقیقتر به رفتار یک پمپ توجه کنیم. شکل (۱۱) مشخصات یک سیستم پمپ را نشان میدهد. هد استاتیکی عبارتست از اختلاف ارتفاع پمپ و تانک مقصد. بدیهی است که اگر یک پمپ نتواند به این ارتفاع غلبه کند دبی خروجی صفر خواهد بود. مولفه دوم هد اصطکاکی است. که در واقع بیانگر توان مورد نیاز جهت غلبه بر تلفات ناشی از عبور سیال از لوله ها، شیرها، زانوها و دیگر اجزای سیستم لوله کشی میباشد. این تلفات کلا وابسته به سرعت عبور سیال بوده و غیر خطی است. با اضافه کردن دو منحنی، منحنی سیستم بدست میآید.

در شکل (۱۲) منحنی های سیستم و منحنی پمپ باهم نشان داده شده است. نقطه کار یک پمپ محل تلاقی منحنی پمپ و منحنی سیستم می باشد. با توجه به این منحنی ها روشن میشود که میزان فلو در این سیستم ۸۰۰ لیتر در ثانیه و هد ۶۰ متر میباشد. اگر بخواهیم نقطه کار را تغییر بدهیم لازم خواهد بود چیزی به سیستم اضافه نمائیم.

یک روش متداول در اینجا استفاده از شیر خفه کن است. در شکل (۱۳) تاثیر عملکرد شیر خفه کن در نقطه کار پمپ را مشاهده میکنید. در واقع شیر اصطکاک مسیر سیال را افزایش داده و باعث افت فلو میگردد. با وجود اینکه با حضور شیر فلو به ۶۰۰ لیتر در ثانیه کاهش پیدا کرده ولی در توان مصرفی سیستم تغییر محسوسی ایجاد نشده است. حال نگاهی دقیقتر به موضوع خواهیم داشت. همانطور که در شکل (۱۴) مشاهده میکنید، برای دستیابی به فلو مورد نظر از دو روش کنترل فلو با استفاده از شیر و کنترل با استفاده از درایو استفاده شده است. در روش کنترل فلو با شیر میزان توان مصرفی ۰.۸۷۵ درصد و در کنترل فلو با درایو توان مصرفی ۰.۴۲ درصد توان نامی میباشد. برای مثال اگر توان نامی پمپ ۱۰۰ KW باشد. تفاوت توان مصرفی دو روش برابر خواهد بود با:

$$KW \times 0.875 - (100KW \times 0.42) = 45.5KW (۱۰۰)$$

شکل (۱۴) مقایسه توان مصرفی یک سیستم پمپ در دو حالت: الف) کنترل فلو با استفاده از شیر خفه کن (شکل سمت چپ). ب) کنترل فلو با استفاده از درایو (شکل سمت راست).

شکل (۱۵) - میزان مصرف انرژی در یک پمپ در پنج حالت: با استفاده از شیر برگشتی، با استفاده از شیر خفه کن، با قطع و وصل پمپ، با استفاده از کولپینگ هیدرولیک، با استفاده از کنترل کننده دور موتور

هر چند که در سیستمهایی که هد استاتیکی بالا نمی دارند با تغییر دور، راندمان پمپ هم به میزان زیادی تغییر میکند، ولی مزایای دیگر درایو استفاده از آن را بخوبی توجیه میکند. برای مثال میزان فشار هیدرولیک وارد شده به پره های پمپ سانتریفوژ با مجذور سرعت افزایش مییابد. این نیروها به بیرینگهای پمپ اعمال شده و عمر مفید آنها را کاهش خواهد داد. خاطر نشان میشود که عمر بیرینگها بطور معکوس با توان هفتم سرعت متناسب است. از سوی دیگر با کاهش دور نوبز و نوسانات سیستم نیز کاهش پیدا میکند.

در شکل (۱۵) میزان مصرف انرژی در یک پمپ در پنج حالت : با استفاده از شیر برگشتی، با استفاده از شیر خفه کن، با قطع و وصل پمپ، با استفاده از کوپلینگ هیدرولیک، و با استفاده از کنترل کننده دور موتور نمایش داده شده است. با توجه به این شکل تاثیر قابل توجه کنترل کننده دور موتور در کاهش انرژی مصرفی، نسبت به روشها، مشاهده میشود. در روش شیر برگشتی متناسب با نیاز مقداری از دبی خروجی پمپ به وروی آن عودت داده میشود. بدیهی است که در این حالت توان مصرفی برای هر دبی خروجی ثابت خواهد بود.

امروزه در کشورهای پیشرفته بعنوان یک برخورد اولیه در کاهش سریع مصرف انرژی، مجهز نمودن این نوع فنها و پمپها به درایو میباشد.

نکاتی که باید در طراحی سیستمهای پمپ مورد توجه قرار گیرند عبارتند از:

- سیستم را بزرگ انتخاب نکنید. حتی اگر بعدها نیاز به توسعه پیدا کردید. باز مطلوب آن است که بعدا کنار سیستم موجود پمپ بیشتری اضافه کنید

- توجه کنید که هزینه های خرید پمپ در مقایسه با هزینه های انرژی آن در طول عمر پمپ ناچیز است. پس پمپهای با راندمان بالا را استفاده کنید.

- از درایو برای کنترل فلو استفاده کنید

- بجای استفاده از یک پمپ بزرگ از تعدادی پمپ کوچک بطوریکه مجموع آنها ظرفیت مورد نیاز را تامین نماید، استفاده کنید. بدین ترتیب میتوانید در صورت عدم نیاز به ظرفیت اضافی آن را از مدار خارج کنید.

۱۴- مثال از محاسبات صرفه جویی انرژی در فن

برای روشن شدن تاثیر استفاده از درایو در کاربرد فن به مثال زیر توجه میکنیم. نخست اشاره میکنیم به قوانین حاکم بر فن که موسوم به قوانین آفینیتی (Affinity Laws) میباشد:

$$\text{Eq. 1: } (N1 / N2) = Q1 / Q2$$

$$\text{Eq. 2: } (N1 / N2)^2 = P1 / P2$$

$$\text{Eq. 3: } (N1 / N2)^2 = T1 / T2$$

$$\text{Eq. 4: } (N1 / N2)^3 = HP1 / HP2$$

در معادلات فوق N معرف سرعت، Q معرف میزان جریان سیال، T معرف گشتاور، HP معرف توان مصرفی و P معرف فشار است.

حال فرض میکنیم یک فن با موتور hp250 با راندمان ۹۵% موجود است. و سیکل کار آن را در هر هفته بصورت زیر در نظر میگیریم

15- یک مطالعه موردی در ایران:

گزارشی از وضعیت فعلی فنهای پیش گرمکن خط ۲ سیمان آبیگ و بررسی امکان صرفه جوئی انرژی در آنها

گزارش زیر توسط مرکز تحقیقات سیمان آبیگ آماده شده است:

فنها در صنعت سیمان کاربرد گسترده ای دارند. و برای انتقال گازهای ناشی از فرایند تولید سیمان و یا انتقال مواد از آنها استفاده میشود. از آنجائی که شرائط فرایندی با توجه به تغییرات پارامترهای آن ثابت نمی باشد. در نتیجه میزان تولید گازهای فرایندی با توجه به تغییرات پارامترهای آن ثابت نمی باشد. در نتیجه میزان تولید گازهای فرایندی نیز متغیر بوده و لازم ست این امر با تغییر هوادهی فنها تحت کنترل باشد. از متداول ترین روشهای کنترلی که برای فلوی گاز در فن ها تا بحال مورد استفاده قرار گرفته است، کنترل فلو توسط دریچه در ورودی فن میباشد. اگر چه این روش، طریقه ای موثر در کنترل فلو بوده اما در مصرف انرژی تاثیر قابل ملاحظه ای نداشته است. در صورتی که کنترل فلوی گاز با استفاده از کنترل دور فن، علاوه بر کارائی بهتر بمیزان زیادی در مصرف انرژی الکتریکی فن صرفه جوئی انرژی ایجاد خواهد کرد.

بعنوان مطالعه موردی فن های پیش گرمکن واحد ۲ سیمان آبیگ مورد بررسی قرار میگردد. بمنظور آنکه بتوان میزان بالقوه انرژی قابل صرفه جوئی در این فن ها بدست آید از دو روش:

- 1- محاسبه توان با استفاده از پارامترهای بدست آمده از فرایند
- 2- اندازه گیری توان موتور درایو

استفاده کرده و یک بررسی مقایسه ای بین ایندو بعمل می آوریم. برای محاسبه توان از رابطه معمول آن:

استفاده کرده ایم. پارامترهای مورد نیاز برای محاسبه نیز در فرایند و در شرائط نرمال بهره وری اندازه گیری شد.

$$Q = 327,000 \text{ m}^3/\text{h} \text{ فلوی گاز}$$

$$P_1 = -560 \text{ mm WG} \text{ فشار هوا قبل از دریچه(شرائط فرایند)}$$

$$P_{11} = -1100 \text{ mm WG} \text{ فشار هوا بعد از دریچه و قبل از فن}$$

$$P_2 = -10 \text{ mm WG} \text{ فشار هوا بعد از دریچه(شرائط فرایند)}$$

وضعیت دریچه ۲۳% و دور موتور برابر با دور نامی ۹۹۰ RPM، و توان نامی موتور فن ۱۲۰۰ KW با راندمان ۰.۸ بود. در این شرائط میزان توان مصرفی فن با استفاده از پارامترهای بهره برداری و با توجه به ΔP فرایند:

و با استفاده از ΔP فن، یعنی تفاوت فشار ورودی و خروجی فن، توان مصرفی عبارت است از:

و مقدار خواننده شده توسط دستگاه واتمتر برای هر دو فن شماره ۲۵ و ۲۶ (فن های پیش گرمکن) بصورت زیر بود:

$$P_{35} = 1260 \text{ KW}$$

$$P_{36} = 1210 \text{ KW}$$

مقایسه دو مقدار توان فن (محاسبه شده و اندازه گیری شده) حداقل دو مسئله را روشن میکند:

1- صحت محاسبات انجام شده (عدد ۱۲۱۳ در مقابل ۱۲۶۰ و یا ۱۲۱۰).

2- استفاده از دریچه باعث افزایش ΔP فن شده و این امر باعث افزایش توان مصرفی فن شده است.

مورد فوق بخوبی نشان میدهد که حذف دریچه ورودی و استفاده از کنترل دور میتواند شرائط کار فن را به شرائط فرایند نزدیکتر کرده و در آنصورت در مصرف انرژی فن کاهش قابل ملاحظه ای مشاهده خواهد شد. نهایتاً بر روی فن شماره ۳۶ کنترل دور نصب شد و در حالیکه دور فن روی ۶۸۰ RPM تنظیم شده بود شرائط فرایندی مشابه با حالت بدون کنترل دور فراهم شده و تولید نیز به حالت نرمال رسید.

در این حالت شرائط دریچه ۱۰۰% باز و مقدار توان مصرفی موتور ۵۶۰ KW قرائت گردید. همانگونه که انتظار داشتیم با استفاده از کنترل دور توانستیم توان فن را به شرائط بهره برداری قبل رسانده و توان مصرفی را بمیزان زیاد کاهش دهیم. انتظار میرود با توجه به میزان سرمایه گذاری انجام شده جهت تهیه کنترل دور مورد نیاز، زمان بازگشت سرمایه ۳ سال باشد.

۱۶- سیستمهای تهویه مطبوع

موضوع صرفه جوئی انرژی در دنیای رقابتی امروز حتی آثار خود را در سیستمهای تهویه مطبوع هتلهای نیز خود را مطرح کرده است. در این مکانها امکان صرفه جوئی انرژی تا مرز ۵۰ درصد روی سیستمهای HVAC یا سیستمهای حرارتی و هواسازی و تهویه مطبوع، وجود دارد. و سرمایه گذاری اولیه در مدت دو سال از محل صرفه جوئی انرژی قابل بازیابی میباشد.

۱۷- ماشین تزریق پلاستیک

در يك ماشین تزریق پلاستیک استفاده از کنترل کننده دور موتور میتواند تا ۵۰ درصد صرفه جوئی در مصرف انرژی بدنال داشته باشد[۲]. برای روشن شدن این مطلب به دیاگرام زیر توجه میکنیم:

شکل (۱۶) مصرف انرژی در يك سيكل كاري ماشين تزريق پلاستيك- بدون استفاده از درايو در دياگرام فوق مصرف انرژی در يك سيكل كاري نشان داده شده است. اين حالت نرمال كار ماشين بوده و در اين وضعيت از درايو استفاده نشده است. با استفاده از كنترل كننده دور موتور ميتوان توان تلفاتي ماشين را بميزان قابل توجهی کاهش داد. مضافا اينكه در اين صورت ماشين خیلی نرمتر كار كرده و از شوكهای مكانيکی اجتناب خواهد شد. خود اين امر منجر به کاهش هزینه های تعمير و نگهداشت ماشين ميشود. در دياگرام زير توان مصرفی ماشين در حالت كار با كنترل كننده دور موتور نمايش داده شده است:

شکل (۱۷) مصرف انرژی در يك سيكل كاري ماشين تزريق پلاستيك- با استفاده از درايو با مقايسه دو دياگرام مشاهده ميشود كه مصرف انرژی از ۴۲ كيلووات ساعت به ۲۷ كيلووات ساعت تقليل پيدا كرده است.

18- صرفه جوئی انرژی در تاسيسات آب و فاضلاب

شرکت Vacon سازنده درايوهای AC گزارش كرده است [۱۲] كه درسيستم تصفيه فاضلاب شهر گرومز سوئد با استفاده از درايو ۴۰.۵% صرفه جوئی انرژی بدست آمده است. اين درحالی است كه در سيستم فوق و با استفاده از درايو مصرف مواد شيميايی نيز ۵۳% کاهش پيدا كرده است. اينك شرکت Vacon را ه حلهای جامعی در تاسيسات آب و فاضلاب ارائه ميدهد. اين راه حلهای شامل طراحی اين تاسيسات، انتخاب درايو، و محاسبات صرفه جوئی انرژی ميشود [۱۳]. برای اطلاعات بیشتر در اين زمينه با شرکت پرتوضعت تماس بگيريد.

19- كمپرسورها

شرکت اطلس كوپكو موفق شده است با استفاده از درايو مصرف انرژی كمپرسورهای توليدي خود را بميزان ۲۵% کاهش دهد. در كنار اين دستاورد مهم اطلس كوپكو توانسته است با استفاده از درايو فشار كمپرسور را با دقت و پايداری بیشتری كنترل كند، جريان راه اندازی را محدود نمايد و ضريب قدرت را به بیش از ۹۵% برساند. و بدین ترتيب اين كمپرسورها نیازی با خازنهای اصلاح ضريب قدرت ندارند. از سال ۱۹۹۴ ببعده كه اطلس كوپكو اين كمپرسورها را معرفی كرده است توانسته است بازار كمپرسورهای دنيا را تسخير كند. اين رويکرد سيستمی در طراحی و ارائه محصول با كیفیت، نمونه خوبی از افزایش مزيت رقابتي يك بنگاه اقتصادی ميباشد.

20- نيروگاهها

در نيروگاهها پتانسيل قابل توجهی برای صرفه جوئی انرژی وجود دارد. مصرف داخلی نيروگاههای بخاری ميتواند بين ۵ تا ۱۴ درصد انرژی توليد شده توسط نيروگاه باشد. اين ميزان انرژی عمدتاً در ID فن، FD فن، فيد پمپ، فنهای كولینگ تاورف پمپهای سيركولاسيون و خنك كن مصرف ميشود. يك مطالعه موردی از نيروگاههای هند نشان ميدهد [۱۴] كه از مجموع ۲۳ واحد نيروگاهی ۲۱۰ مگاواتی، با بكارگيري درايو در فنهای ID و يا پمپهای BFP، سالانه بالغ بر ۱۵۸ ميليون كيلووات ساعت انرژی، به ارزش ۱۱.۲ ميليون دلار صرفه جوئی انرژی حاصل ميگردد. اين در حالی است كه ارزش سرمايه گذاری وليه ۲۵/۷ ميليون دلار بوده است. و بدین ترتيب ميتوان انتظار داشت كه در کمتر از ۲/۲ سال سرمايه گذاری اوليه مستهلك شده و عوايد سرشاری نصيب نيروگاهها گردد. در جدول (۴) خلاصه ای از اين بررسی را مشاهده ميكنيد.

جدول (۴): بررسی نتايج استفاده از درايو در برخی از كاربردهای با مصرف انرژی بالا بمنظور کاهش مصرف داخلی نيروگاهها در كشور هند

21- سيمان

در ايران حدود ۹% انرژی الكتريکی صنعتی در صنايع سيمان مصرف ميشود. مطالعاتی كه در سال ۲۰۰۲ توسط آقای عليرضا شيرازی در صنايع سيمان انجام گرفت نشان داد [۱۲] كه ميزان مصرف انرژی در اين صنايع نسبت به استانداردهای جهانی آن خیلی بالا است. در شكل (۱۸) شدت انرژی الكتريکی مورد نیاز در صنايع سيمان ايران برای توليد هر تن سيمان با بهترين حالت جهانی آن نشان داده شده است. و در جدول (۵) خلاصه ای از اين مطالعه نشان داده شده است.

شكل (۱۸): پتانسيل صرفه جوئی در مصرف انرژی الكتريکی در صنايع سيمان ايران در مقايسه با بهترين حالت جهانی آن (Kwh/Ton)

جدول (۵) پتانسيل صرفه جوئی سالانه انرژی الكتريکی در صنايع منتخب سيمان ايران در مقايسه با استاندارد جهانی

اطلاعات فوق نشان می‌دهد که در هر کارخانه سیمان می‌توان حدود ۱.۵ میلیون دلار در هر سال در مصرف انرژی الکتریکی صرفه‌جویی نمود و اگر تعداد خطوط تولید سیمان را در حال حاضر ۶۰ خط تولید در نظر بگیریم میزان مصرف انرژی الکتریکی در صنایع سیمان سالانه بالغ بر ۹۰ میلیون دلار خواهد بود. برای بدست آوردن این نتایج ارزش هر کیلووات ساعت انرژی الکتریکی ۶ سنت در نظر گرفته شده است. هر چند که این مقدار صرفه‌جویی انرژی تنها با استفاده از درایو بدست نمی‌آید ولی استفاده از درایو سهم عمده‌ای در این صرفه‌جویی خواهد داشت.

۲۲- قابلیت‌های کنترل کننده های دور موتور مدرن

درایوهای مدرن امروزی بر اساس تکنولوژی مدولار ساخته میشوند. این امر هم در قسمت‌های سخت افزاری و هم در قسمت‌های نرم افزاری درایو رعایت میشود. ساختار مدولار قابلیت بر آورده سازی بسیاری از نیازهای مشتری را دارد. اغلب این درایوها از تکنولوژی کنترل برداری بهره میگیرند. این روش کنترل امکان کنترل موتور را با دقت و دینامیک زیاد فراهم می‌آورد. بطوریکه این درایوها اینک قادرند درست نظیر درایوهای DC رفتار نمایند. آنها را میتوان در کاربردهای کنترل سرعت و یا کنترل گشتاور بسهولة مورد استفاده قرارداد. بطوریکه سادگی و استحکام موتورهای القائی درکنار این درایوها مجموعه‌ای مطمئن و کارا از آنها میسازد. هر چند که این درایوها از تکنولوژی الکترونیک قدرت پیچیده استفاده میکنند اما بدلیل استاتیک بودنشان هزینه های نگهداشت زیادی به صنعت تحمیل نمی‌کنند.

درایوهای مدرن قادرند بطور اتوماتیک فلو ی مغناطیسی در موتور را در سطح بهینه ان نگهدارند. این ویژگی در جاهایی که بار موتور کم است منجر به صرفه جویی انرژی خواهد شد.

درایوهای مدرن امروزه در کاربردهای فیدبک و سرو نیز بسهولة بکار گرفته میشوند. ساختار مدولار آنها بگونه ای است که میتوان متناسب با کاربرد از کارتهای اختیاری استفاده نمود. این کارتها امکان تطبیق درایو با کاربرد مشتری را فراهم می‌آورند. در کنار این مقدرات سخت افزاری باید به برنامه های نرم افزاری متعددی نیز اشاره نمود، که معمولاً توسط سازندگان درایو برای نیازهای مختلف صنعتی ارائه میشود. استفاده از این برنامه های کاربردی بسیار ساده بوده و کاربر میتواند برنامه دلخواه خود را انتخاب و در داخل درایو قرارداد. درایوهای امروزی میتوانند بسیاری از فیلدهای موجود را پشتیبانی کنند. امروزه پروفی باس به عنوان یک فیلدباس باز (Open)، در بسیاری از کاربردهای صنعتی متداول شده است. سازندگان درایو با استفاده از پروفایل Profi Drive بسهولة سازگاری خود را با پروفی باس برقرار میسازند. درایوها علاوه بر ماموریت‌های اصلی خود قابلیت‌های بشمار دیگری نیز دارند که از جمله میتوان به موارد زیر اشاره نمود:

-حفاظت کامل الکتروموتور در مقابل اضافه جریان و نوسانات ولتاژ

-انعطاف پذیری در کنترل پروسه

-سازگاری با نیازهای کاربردی موتور

سیستم نرم افزاری درایوهای ساخت شرکت Vacon از دو لایه تشکیل شده است. لایه اول نرم افزار سیستم و لایه دوم جهت توسعه نرم افزارهای کاربردی کاربر اختصاص یافته است. با کمک این لایه کاربر میتواند با کمک ابزار گرافیکی و با استفاده از زبانهای رایج برنامه نویسی برنامه های کاربردی خود را توسعه دهد. وکن تنها به همین اکتفا نکرده و با آماده نمودن صدها برنامه کاربردی به کاربر کمک میکند بسهولة برنامه کاربردی مورد نظر را در درایو نصب نموده و از آنها استفاده نماید. بعنوان نمونه میتوان به نرم افزارهای کاربردی زیر اشاره نمود:

1-22- نرم افزار کاربردی کنترل پمپ و فن

همانطور که از نام آن پیداست، این برنامه کاربردی جهت کنترل یک یا چند فن یا پمپ بکار میرود. این نرم افزار بطور اتوماتیک متناسب با فلو ی مورد نظر یک یا چند پمپ را روشن کرده و فلو را کنترل میکند. برنامه بطور اتوماتیک تمام پمپ ها را در پرود زمانی مشخص بکار میگیرد.

2-22- نرم افزار کاربردی کنترل سطح پیشرفته

این نرم افزار کاربردی جهت کنترل دقیق سطح سیال در مخازن بکار میرود. این نرم افزار نیز بطور اتوماتیک تعدادی پمپ را مدیریت میکند.

3-22- نرم افزار کنترلی Master Follower

این برنامه قادر است تورک مورد نیاز بار را در تعدادی موتور تسهیم نماید. این موتورها متغفا یک بار را درایو میکنند. و این برنامه ناظر به هماهنگی دقیق آنها در تامین گشتاور مورد نیاز بار است

3-23- درایوهای دور متغیر VACON مصدافی از درایوهای مدرن

کنترل کننده های دور موتور ساخت شرکت وکن نمونه کاملی از درایوهای مدرن امروزی است [۳]. درایوهای وکن دارای ساختاری کاملاً مدولار بوده و به کاربر اجازه میدهد با استفاده از نرم افزار قدرتمند داخلی، که بر اساس استاندارد IEC 611131-3 کار میکند، برنامه های خود را توسعه دهد. بدین ترتیب این درایو قادر است در کاربردهای زیادی نقش يك PLC را نیز بازی کرده و به کاربر اجازه میدهد بسهولة برای کاربردهای خود راه حل ارائه دهد. علاوه بر این قابلیت، شرکت وکن در اقدامی بی سابقه با طراحی و توسعه صدها برنامه کاربردی مختلف برای کاربردهای صنعتی، بهره برداری از درایوهای خود را کاملاً منعطف نموده است. اینها بخشی از ویژگیهای منحصر بفردی است که درایوهای وکن را تبدیل به نمادی از درایو حرفه ای برای هزاره جدید نموده است. توصیه میکنیم برای آشنائی بیشتر با این درایوهای قدرتمند با شرکت پرتو صنعت تماس بگیرید.

24- مسائلی که درایوهای دور متغیر بوجود میاورند.

هر چند که درایوها مزایای زیادی دراند ولی در انتخاب و بکارگیری آنها باید دقت کافی به عمل آید. خصوصا اگر درایوهای مورد بحث توانهای بالائی داشته و تولید کارخانه به عملکرد آنها کاملا مرتبط باشد. در واقع تحقیقات نشان داده است که نگرانی از ضریب اطمینان درایو بعنوان یکی از موانع اصلی در عدم رغبت صنایع به استفاده از آنها در صرفه جوئی انرژی میباشد [۱۰].

درایوهای ولتاژ متوسط (Medium Voltage Drives) از تکنولوژی ساخت پیچیده ای برخوردارند. اینها معمولا ترکیبی از الکترونیک قدرت، کنترل، میکرو کامپیوترها، ترانسفورماتورها و فیلترها میباشند. پر واضح است که ارزیابی این اجزا و انتخاب درایو نهائی امری دشوار و نیازمند زمان و بسیج کارشناسان متخصص خواهد بود. با این حال چهارچوب ساده زیر میتواند خریداران درایو را در ارزیابی و انتخاب درایو مورد نظرشان یاری دهد. در این چهارچوب پیچیدگیهای داخلی درایو مورد توجه قرار نمیگیرد. بلکه سعی میشود از آثار جانبی درایو عملکرد آن مورد ارزیابی قرارگیرد. بر این اساس مطابق شکل (۱۹) مسائل جانبی درایو را طبقه بندی نموده و ملاکهای برای ارزیابی آنها تعیین میکنیم.

شکل (۱۹): چهارچوب پیشنهادی برای ارزیابی درایوهای ولتاژ متوسط با توجه به آثار جانبی آنها

ملاك اول تضمین میکند که شبکه برق کارخانه تحت تاثیر عملکرد درایو قرار نگیرد. این موضوع وقتی اهمیت بیشتر پیدا میکند که توان درایوهای مورد بحث زیاد بالا باشد. اعوجاجهای ناشی از عملکرد درایو روی شبکه میتواند عملکرد سایر دستگاههای حساس کنترلی را مختل سازد، تداخل در خطوط مخابراتی کارخانه ایجاد نماید، و یا توان راکتیو از شبکه کشیده شود. و واکنش سازمانهای برق منطقه ای را بدنبال داشته باشد. خلاصه ای از روشهای مختلف جهت کاهش هارمونیکهای ناشی از عملکرد بارهای غیر خطی و از جمله درایو در جدول (۶) آمده است.

سازگاری با IEEE519	ملاحظات	تأثیر روی هارمونیکها	میزان تأثیر روی THID		
خیر	- کمترین قیمت - راکتورهای AC حالات گذرای ورودی را محدود میکنند - مسئله افت ولتاژ روی چک	مرتبه پائین	29%-45%		راکتور AC یا DC
خیر	- کم قیمت		45%		ترانسفورماتور ایروله
	- قیمت متوسط - کاستن از آستانه تحریک سیستم	مورد نظر	20%	Trap Tuned	فیلترهای غیر فعال
بله بصورت محدود	- خیلی گران - کاستن از آستانه تحریک سیستم - کاهش پایداری سیستم	مورد نظر	5%	Broadband Low pass	
بله	- گران - ضرب قدرت را بهبود میدهد - از IGBT استاندارد استفاده می کند	مرتبه پائین		VFD با ورودی اکتیو	دیوایس اکتیو
بله	- گران - MTBF کم - افزایش هارمونیکهای مرتبه بالا - ضرب قدرت را بهبود میدهد	مرتبه پائین		فیلتر اکتیو	
خیر	- قیمت متوسط - حساس به عدم تقارن جریان		24%	12 پالسه	سیستمهای چند پالسه: 12,18,24
بله	- بالاترین MTBF		5% >	18 پالسه	

- حساس به عدم تقارن جریان

جدول(۶): روشهای کاهش هارمونیکهای ناشی از عملکرد کنترل کننده های دور موتور

توصیه میشود استانداردهای IEEE519 در درایوهای ولتاژ متوسط یا Medium Voltage Drives رعایت شود. بطور خلاصه این استاندارد ملزم میکند که توتال هارمونیک ولتاژ در شبکه کمتر از ۵٪ و توتال هارمونیک جریان کمتر از ۳٪ باشد. همچنین لازم است ضریب قدرت درایو در تمام رنج تغییرات دور بالای ۹۵٪ باشد.

ملاک دوم تضمین میکند که برق خروجی از درایو تنشهای ولتاژ و جریان اضافی به موتور تحمیل نخواهد کرد. تنشهای ولتاژ میتواند عایق موتور را تحت فشار قرار دهد. از سوی دیگر جریانهای هارمونیک میتوانند باعث نوسانات گشتاور در موتور و بار بشوند. اعوجاج در ولتاژ و جریان موتور میتواند باعث القای جریانهای مخرب در بیرینگهای موتور شده و فرسایش سریع آن را بدنبال داشته باشد. مضافاً اینکه جریانهای هارمونیک در موتور منجر به ایجاد حرارت اضافی در موتور خواهد شد. در شکل (۲۰) شکل موجهای ولتاژ خروجی یک درایو نمونه را میتوانید مشاهده کنید. در شکل موج بالا ولتاژ خروجی در ترمینالهای درایو، و شکل موج پائین ولتاژ ورودی در ترمینالهای موتور را مشاهده میکنید. دامنه اسپایکهای ولتاژ حدود ۱۵۰۰ ولت است. این اسپایکها میتوانند عایق موتور را تحت فشار قرار دهند.

شکل(۲۰): شکل موج خروجی از یک درایو و اسپایکهای ناشی از عملکرد سوئیچهای قدرت و خازنهای پراکنندگی سیستم: شکل موج بالا شکل موج خروجی درایو. شکل موج پائین شکل موج ورودی موتور

یک معیار خوب برای کیفیت توان خروجی درایو را میتوان محدودیت طول کابل موتور به درایو قرار داد. اغلب سازندگان درایو محدودیت های زیادی در طول کابل درایو به موتور اعمال میکنند. آنها میگویند اگر طول کابل مثلاً از ۱۰۰ متر بیشتر باشد لازم است از فیلتر برای سازگاری درایو به موتور استفاده گردد. از این رو برای حصول اطمینان از کیفیت توان خروجی درایو به سه معیار زیر توجه میکنیم:

- طول کابل خروجی از درایو به موتور نباید از سوی سازنده درایو محدود گردد.

- حتی الامکان در خروجی درایو ضرورتی برای استفاده از فیلتر نباشد.

- درایو باید سازگار با هر نوع موتور استاندارد موجود بوده و نیازی به کار مهندسی جهت تطبیق درایو به موتور نباشد.

ملاک سوم تضمین میکند که درایو حداقل تاثیر را روی بار و کوپلینگها داشته باشد. نوسانات گشتاور باعث استهلاک سریعتر بار و کوپلینگها میشود. اینها آستانه تحریک سیستم را نیز پائین میآورند. ضمناً درایو باید بتواند گشتاور مورد نیاز بار را در تمام سرعتها تامین نماید. توصیه میشود میزان نوسانات گشتاور یا Torque Pulsation در خروجی درایو کمتر از ۰.۵٪ در رنج تغییرات دور باشد.

ملاک چهارم تضمین میکند که درایو با هزینه کمتر کار خود را انجام بدهد و خود عاملی برای وقفه در تولید نگردد. همچنین

درایو فانکشنهای ساده ای داشته و سهولت قابل سرویس باشد. و از پشتیبانی فنی مطمئن و سریع برخوردار باشد.

ملاک پنجم میتواند از این لحاظ مورد توجه قرار گیرد که احتمال آن را بدهیم که مشتریان دیگری که از درایو مشابه استفاده میکنند، در انتخاب و بکار گیری درایوهایشان بررسی های کافی کرده اند.

25- درایوهای ولتاژ متوسط Perfect Harmony

در سال ۱۹۹۴ شرکت ASIRobicon با معرفی درایوهای ولتاژ متوسط Perfect Harmony مشکلات بر شمرده در بالا را حل نمود. با معرفی درایوهای Perfect Harmony نگرانیهای صنایع از مسائل این نوع درایوها، نظیر هارمونیکها، ضریب اطمینان و کیفیت توان بتدریج بر طرف شد. بطوریکه اینک بیش از ۳۰۰۰ دستگاه از این نوع درایوها در صنایع و کاربردهای کلیدی بکار گرفته شده است. در جدول (V) خلاصه ای از ویژگیهای منحصر بفرد این درایوها آمده است.

جدول(V): برخی از مشخصات پیشرفته درایوهای Perfect Harmony

توصیه ها

1- در بهینه سازی مصرف انرژی بجای یک یا چند موتور کل سیستم را در نظر بگیرید. در این نوع بررسی ها لازم است تاثیر اقدامات مورد نظر روی سایر سیستمها از جمله بهره برداری و تعمیر و نگهداشت بدقت مورد توجه قرار گیرد.

2- در هنگام تصمیم گیری در خرید موتور کل هزینه های چرخه عمر سیستم مورد نظر را مورد توجه قرار دهید. بیاد داشته باشید که معمولاً هزینه اولیه خرید یک موتور، نسبت به هزینه های انرژی و تعمیر و نگهداشت آن در طول عمر مفید سیستم ناچیز است.

3- موتور را متناسب با بار انتخاب کنید. عبارت دیگر از انتخاب موتور بزرگتر از نیاز بار اجتناب کنید.

4- هنگام خرید موتور، موتورهای با راندمان بالا (Energy Efficient Motors) را انتخاب کنید. و اگر سفارش ساخت ماشینی را به ماشین ساز میدهید از او بخواهید از موتورهای با راندمان بالا استفاده کند.

5- در جاهائی که نیاز به تغییر دور است از کنترل کننده دور موتور (Frequency Converter) استفاده کنید.

6- در کنترل فلو/حجم در پمپ/فن از کنترل کننده دور موتور استفاده کنید.

- 7- معمولا جایگزینی یک موتور با راندمان بالا بجای یک موتور سوخته با توجه به هزینه های چرخه عمر آن اقتصادی است. بنابراین توصیه میشود با بررسیهای سیستماتیک حتی المقدور بجای سیم پیچی مجدد موتور سوخته آنرا با موتور با راندمان بالا جایگزین کنید.
- 8- شبکه توزیع برق کارخانه را همواره چک کنید.
- 9- ولتاژ اعمالی به موتور باید ثابت و برابر با ولتاژ نامی موتور باشد.
- 10- موتورها را بموقع روغنکاری کنید.
- 11- سیستم تهویه موتور را همواره کارآمد نگهدارید. و دمای موتور را کنترل کنید.
- 12- از عدم تقارن ولتاژ برق کارخانه جلوگیری کنید.
- 13- از ترانسفورماتور متناسب با بار استفاده کنید.
- 13- در انتخاب درایوهای ولتاژ متوسط (Medium Voltage AC Drive) دقت بیشتری بعمل آورید. (توصیه میشود از چهارچوب پیشنهادی در این مقاله کمک بگیرید).
- 14- شرکت پرتو صنعت همواره حاضر است بازگشت سرمایه ناشی از صرفه جوئی انرژی الکتریکی با استفاده از درایو را تضمین نماید. حتی در مواردی خود حاضر به سرمایه گذاری در تاسیسات شما خواهد بود. بنابراین در ممیزی انرژی تا آنجا که مسئله مربوط به استفاده از درایو میشود میتوانید با این شرکت مشاوره کنید.

خلاصه

در این مقاله بطور خلاصه به اهمیت صرفه جوئی انرژی در بخشهای صنعت اشاره کردیم. و خاطر نشان کردیم که این موضوع از دوجانبه اقتصادی و زیست محیطی اهمیت دارد. باید اضافه نمود که بهینه سازی مصرف انرژی بخشی از سیاستهای دولتی هر کشور پیشرفته ای نیز میباشد. در ایران نیز دولت بتدریج به این موضوع علاقه مند شده و اقداماتی نیز در حال انجام میباشد. اشاره شد که در ارتباط با صرفه جوئی انرژی، موتورهای الکتریکی میتواند يك هدف بسیار مهم باشد. برتریهای فنی موتورهای با راندمان بالا نسبت به سایر موتورها موجب شده است که کشورهای پیشرفته تولید موتورهای معمولی را طبق یک جدول زمانی متوقف سازند. توصیه شد که کارخانجات میتوانند با بکارگیری اقدامات ساده و بسیار کم هزینه میتوانند صرفه جوئی قابل توجهی در مصرف انرژی بدست آورند. در ادامه مقاله از کنترل کننده های دور موتور بعنوان دستگاههای فوق العاده مؤثر در کاهش انرژی مصرفی بسیاری از تجهیزات کارخانجات یاد کردیم. و نشان دادیم که در کاربردهائی نظیر فن و پمپ استفاده از درایوها میتواند تا ۵۰ درصد در کاهش مصرف انرژی مؤثر باشند. ضمنا به یک نمونه عملی با نتایج عالی در صنایع کشورمان اشاره کردیم. و در خاتمه توصیه های مفید و عملی برای بهینه سازی مصرف انرژی در صنایع مطرح شد.

به امید روزی که کارخانجات کشورمان با رعایت این نکات مسئولیت اجتماعی خود را در قبال محیط زیست ایفا کنند، و با بکارگیری این اصول نسبت به رقباي خود برتری اقتصادی بدست آورند.

منابع:

- 1- <http://www.greenbusiness.com>
 - 2- <http://www.magnumllc.com/results.asp>
 - 3- <http://www.vacon.com>
 - 4- Howard W. Penrose, "A novel approach to industrial assessments for improved energy, waste stream, process and reliability", Kennedy-Western University, 1999.
 - 5- Shawn McNulty, Bill Howe, "Power Quality Problems and Renewable Energy Solutions", 2002.
 - 6- "Optimizing your motor-driven systems", motor.doe.org.
 - 7- "Reducing power factor cost", motor.doe.org.
 - 8- Determining Electric Motor Load and Efficiency", motor.doe.org.
 - 9- Dipl.Ing. (FH) Hugo Stadler, "Energy Savings by means of Electrical Drives", Loher GmbH.
 - 10- Anibal T. De Almeida, Paula Fonseca, & others, "Improving the penetration of Energy-Efficient Motors and Drives", University of Coimbra, Department of Electrical Engineering.
 - 11- A. Shirazi, " Potential Fro Implementation Of Energy Saving Measures In Selected Cement Factories In Iran ", Flensburg University, Germany, March, 2002.
 - 12- "Lower energy and chemicals costs at swedish sewage treatment plant", <http://www.vacon.com/what/swtplen.html>.
 - 13- <http://www.water.vacon.com/>
 - 14- "Environmentally sound energy efficient strategies: a case study of the power sector in India ", <http://www.uccee.org/Workpapers/execsum6.htm>.
 - 15- "Variable Speed Driven Pumps: Best Guide Practice", <http://www.bpma.org.uk/Latest.asp>
- شرکت مهندسی ثامن به مدیریت یوسف رحبی تاسیس ۱۳۷۵ WWW.KEISER.IR