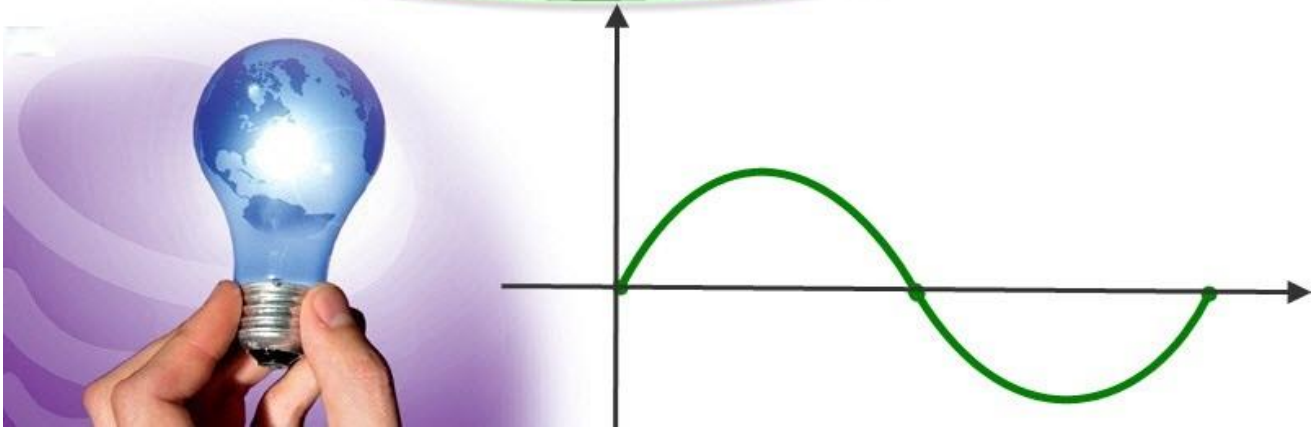
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بسم الله الرحمن الرحیم



برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موضوع پروژه:

بررسی استفاده بهینه از موتورهای آسنکرون

WikiPower.ir

برای خرید فایل wordاین پروژه اینجا کلیک کنید.

(شماره پروژه = ۴۷۳)

پشتیبانی: ۰۹۳۵۵۴۰۵۹۸۶

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

مقدمه :

موتورهای الکتریکی بزرگترین مصرف کننده ی انرژی الکتریکی هستند و به طور گسترده ای دربخش های مختلف صنعتی ، خانگی ، کشاورزی ، اداری و عمومی ، در پمپ ها ، فن ها ، سیستم های سرمایش و گرمایش ، دمنده ها ، کمپرسورهای هوا ، نوارهای نقاله ، لوازم برقی خانگی مانند یخچال ، فریزر ، ماشین لباسشویی ، پروانه های مکش هوا ، جارو برقی ، چرخ گوشت ، آب میوه گیری ،همزن ، خرد کن ها ، سشوار ، چرخ خیاطی ، وسایل صوتی و تصویری ، دستگاه های ادرای ، اتومبیل ها ، اسباب بازی ها و ... کاربرد دارند .

با توجه به گستردگی سیستم های دارای موتور الکتریکی و سهم قابل توجهی که این سیستم ها در مصرف انرژی الکتریکی در تمام بخش ها دارند ، پرداختن به برنامه بهینه سازی مصرف انرژی در سیستم های موتور الکتریکی در کلیه بخش ها اهمیت ویژه ای دارد .

این امر ، هم به دلیل کاهش مصرف و تقاضای انرژی و هم به دلیل اثرات مثبت زیست محیطی و کاهش گازهای گلخانه ای ناشی از نیاز کمتر به احداث نیروگاه ها دارای اهمیت است .

یک تصور غلطی که در صنعت وجود دارد این است که کاهش هزینه با خاموش کردن دستگاه ها به وجود می آید . اما باید دانست برنامه های مدیریت انرژی ، طراحان را به تولید محصولات و یا ارائه خدمات با حداقل مصرف انرژی دعوت می کند .

مدیریت انرژی وظیفه یک شخص خاص و یا یک سرمایه گذاری در زمان خاص نمی باشد ، بلکه مدیریت انرژی یک تلاش مشخص در حال پیشرفت و قدم به قدم به منظور بهبود راندمان انرژی می باشد .

به طور کلی منافعی که از یک برنامه مدیریت انرژی خوب ، بدست می آید عبارتند از :

- افزایش راندمان محصولات
- کاهش انرژی مصرفی
- رسیدن به یک ضریب قدرت بالا
- تصحیح ضریب قدرت
- بدست آوردن حامیان مالی مناسب و جلب رضایت عمومی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل اول

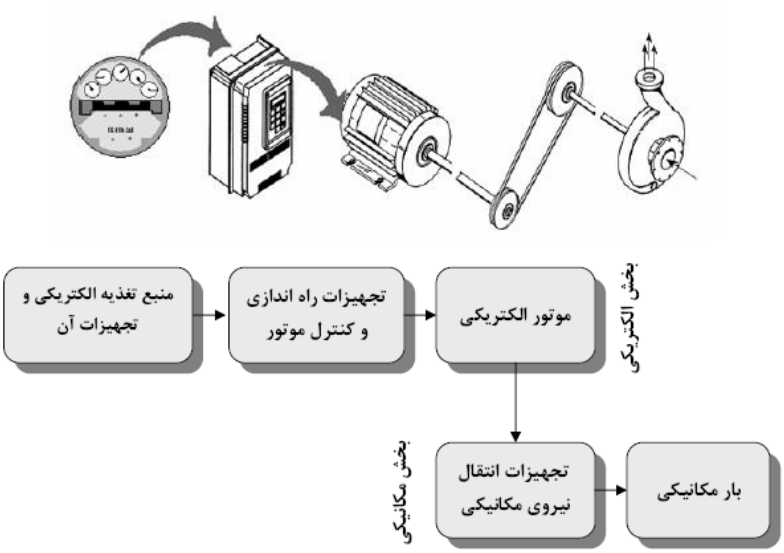
موتورهای القایی

و روش های مدیریت انرژی در آنها

WikiPower.ir

اجزای سیستم موتور الکتریکی :

یک سیستم موتور الکتریکی از چندین بخش شامل منبع تغذیه الکتریکی ، کنترل کننده ، موتور الکتریکی ، سیستم انتقال نیرو و بار مکانیکی تشکیل شده است . به طور کلی یک سیستم موتور الکتریکی را می توان به دو بخش اصلی الکتریکی و مکانیکی تقسیم نمود .



شکل ۱-۱- اجزای سیستم موتور الکتریکی

۱- منبع تغذیه الکتریکی و تجهیزات آن :

این زیر بخش شامل تمام تجهیزاتی است که به نوعی در تامین توان الکتریکی سیستم با ولتاژ و فرکانس مناسب سهیم هستند . ترانسفورماتورها ، خازن های اصلاح ضریب توان ، فیلترهای خط ، راکتورها و ... . کابل ها ، شینه ها ، وسایل قطع و وصل توان الکتریکی مانندکلیدها و بریکرها در این زیر بخش قرار دارند .

در فصل ۲ به طور مفصل درباره خازن های اصلاح ضریب قدرت صحبت خواهیم نمود .

۲- تجهیزات راه اندازی و کنترل موتور :

این زیر بخش شامل تجهیزات راه اندازی ، حفاظت و کنترل کارکرد موتور است . انواع راه اندازهای موتور مانند راه انداز ستاره - مثلث و راه انداز نرم (Soft Start) وکنترل کننده های موتور مانند دستگاه های کنترل دور (ASD) از تجهیزات این زیر بخش می باشند .

۳- موتورهای الکتریکی :

موتور الکتریکی وسیله ای برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی می باشد . در زیر سه نوع از موتورهای الکتریکی که بیشتر مورد استفاده قرار می گیرند را معرفی می کنیم :

موتورهای DC : این موتورها قابلیت کنترل پذیری بالایی دارند و در مواردی که به کنترل دقیق دور و گشتاور نیاز می باشد مورد استفاده قرار می گیرند .

موتورهای AC سنکرون : این موتورها دارای بازده و ضریب توان بالاتری نسبت به دیگر انواع موتورها می باشد . این موتورها در اندازه های بزرگ در حد مگاوات و برای بارهای پیوسته و همچنین در توان های پایین برای فن های با سرعت ثابت مورد استفاده قرار می گیرد .

موتورهای AC آسنکرون (القایی) : اغلب موتورهایی که در صنعت مورد استفاده قرار می گیرند از نوع موتورهای القایی هستند . تخمین زده می شود که حدود ۹۰ درصد موتورهای الکتریکی مورد استفاده از نوع القایی می باشند . این موتورها که عمدتاً از نوع سه فاز قفس سنجابی هستند به دلیل عدم نیاز به جاروبک و در نتیجه تعمیر و نگهداری کمتر ، ارزان بودن ، کم بودن هزینه های نگهداری ، سادگی ساختمان و قابلیت اطمینان زیاد ، بیشترین استفاده را دارند .

از محدودیت های کارکرد موتورهای القایی ، مشخصه گشتاور – سرعت آنها و مشکلات ناشی از کنترل است . در سال های اخیر با پیشرفت های قابل ملاحظه در فناوری الکترونیک قدرت ، قابلیت کنترل دور و گشتاور این موتورها به میزان قابل ملاحظه ای افزایش یافته است . لذا انتظار می رود که گستردگی کاربرد موتورهای القایی در آینده نیز تداوم داشته باشد .

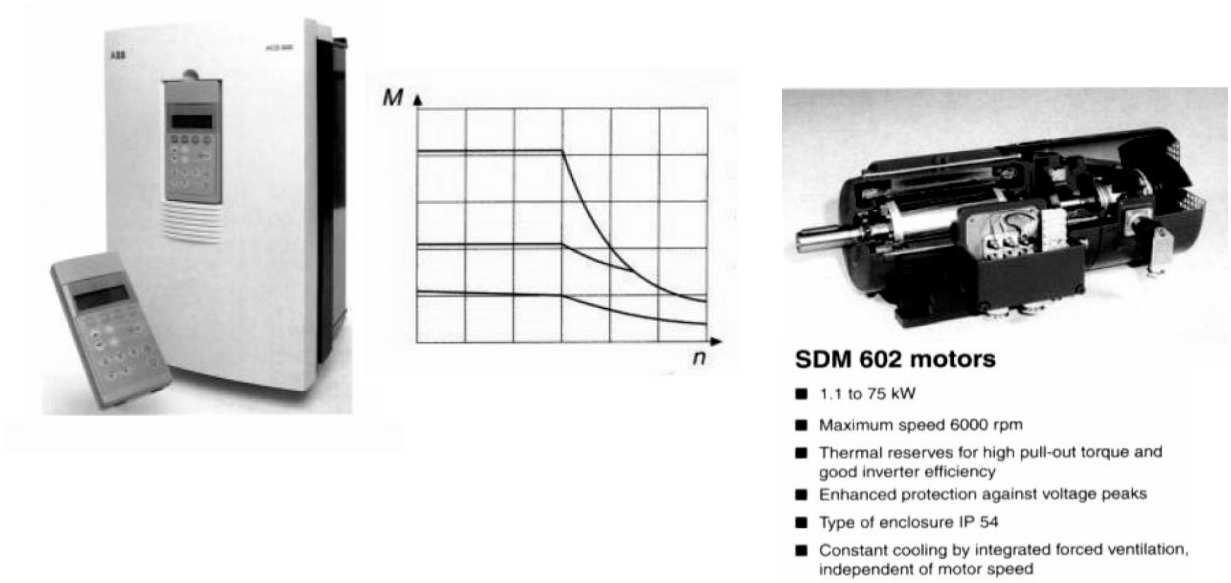
امروزه درکشورهای توسعه یافته به ازای هر فرد ۳ کیلووات موتور الکتریکی وجود دارد که بیشتر آنها موتورهای القایی می باشند .

به دلیل آنکه بیشتر موتورهای القایی تنها از برق تک فاز یا سه فاز استفاده می کنند ، برای تغییر سرعت این دسته از موتورها از مبدلهای فرکانسی (Converter های قدرت) استفاده می شود . اکنون در کشورهای توسعه یافته ، حدود ۱۰ درصد از همه موتورهای القایی توسط این مبدل ها ، برای بارهای سرعت متغییر ، مورد استفاده قرار می گیرند .

راه اندازهای دورمتغییر به همراه موتورهای القایی برای بارهایی نظیر پمپ ها ، کمپرسورها ، هواکش ها ، ماشین ابزارها ، روبات ها ، ماشین های نقلیه برقی و ... مورد استفاده قرار می گیرند . باید توجه داشت که دستگاه های تغییر دور سبب ایجاد هارمونیک جریان می گردد .

شکل ۱-۲- یک نمونه دستگاه کنترل سرعت نصب شده بر روی موتور را نشان می دهد .

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱-۲- یک نمونه دستگاه کنترل سرعت نصب شده بر روی موتور

WikiPower.ir

توان موتورهای القایی از کمتر از ۱۰ وات تا ۳۳۱۲۰ کیلووات (۴۵۰۰۰ اسب بخار) تغییر می کند . درصد راه اندازهای دور متغییر برای این موتورها در جدول ۱-۱- ثبت شده است .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

توان(کیلووات)	۱ – ۴	۵ – ۴۰	۴۰ – ۲۰۰	۲۰۰ – ۶۰۰	بزرگتر از ۶۰۰
درصد ٪	۲۱	۲۶	۲۶	۱۶	۱۱

جدول ۱-۱- درصد راه اندازهای دور متغییر برای موتورهای القایی

۴- تجهیزات انتقال موتور الکتریکی :

این زیر بخش شامل تجهیزاتی از قبیل محور موتور ، چرخ دنده ها و تسمه ها است که برای انتقال نیروی مکانیکی از موتور به بار به کار می روند .

۵- بار مکانیکی :

کلیه تجهیزاتی که نیاز به نیروی مکانیکی گردان دارند مانند پمپ ها ، فن ها ، دمنده ها ،کمپرسورها ، نوارهای نقاله و ... به عنوان بار مکانیکی شناخته می شوند .

WikiPower.ir

سهم مصرف انرژی الکتریکی سیستم های موتور الکتریکی :

مطالعات انجام شده در کشورهای مختلف نشان می دهد که سیستم های موتور الکتریکی سهم قابل توجهی از مصرف انرژی الکتریکی را به خود اختصاص داده اند .

جدول ۱-۲- سهم مصرف انرژی الکتریکی این سیستم ها در سال ۱۳۷۳ در ایران نشان می دهد .

بخش	کل برق مصرفی میلیون KWh	مصرف موتورها میلیون KWh	درصد موتورها	درصد از کل موتورها
خانگی	۲۲۴۷۳	۵۶۰۹	٪ ۰/۲۵	٪ ۹/۲۲
تجاری	۷۶۸۷	۱۱۵۳	٪ ۰/۱۵	٪ ۷/۴
عمومی	۶۰۶۰	۸۱۲	٪ ۴/۱۳	٪ ۳/۳
کشاورزی	۵۱۶۹	۳۱۵۸	٪ ۱/۶۱	٪ ۹/۱۲
صنعتی	۲۰۴۷۱	۱۳۴۰۸	٪ ۵/۶۵	٪ ۷/۵۴
سایر	۱۷۶۵	۳۵۳	٪ ۰/۲	٪ ۵/۱
جمع	۶۳۶۲۵	۲۴۴۹۳	٪ ۵/۳۸	٪ ۱۰۰

جدول ۱-۲- سهم مصرف انرژی الکتریکی سیستم های موتور الکتریکی در ایران

WikiPower.ir

همانگونه که مشاهده می شود سهم موتورهای الکتریکی از کل انرژی الکتریکی مصرفی در بخش صنعت ۶۵ درصد است . به طور کلی در ایران شاخه صنعت به تنهایی حدود ۵۵ درصد از کل برق مصرفی موتورهای الکتریکی را به خود اختصاص می دهد .

روش های مدیریت مصرف انرژی در سیستم های موتور الکتریکی :

روش های مختلفی برای صرفه جویی در مصرف و کاهش هزینه های انرژی سیستم های موتور الکتریکی وجود دارد .

این روش ها بر روی پارامترهای مختلف موثر بر مصرف انرژی یک سیستم یعنی توان ، بازده ، زمان و قیمت انرژی تاثیر می گذارد و باعث کاهش مصرف و هزینه در واحدهای مصرف کننده می شود .

در این پروژه سعی بر آن بوده که هم راهکارهای مدیریت مصرف در بخش صنعت و هم راه های بهینه سازی مصرف موتورهای الکتریکی مورد توجه قرار گیرد .

جدول ۱-۳- روش های مدیریت مصرف در موتورهای القایی و تاثیر آنها بر روی پارامترهای مختلف را نمایش می دهد .

	روش بهینه سازی مصرف انرژی	موثر بر روی
۱	تامین توان با کیفیت مناسب و تصحیح ضریب قدرت	η
۲	انتخاب درست موتور الکتریکی بر اساس بار مکانیکی	η
۳	استفاده از موتورهای بیش بازده و پر بازده	η
۴	کاهش سرعت موتورهای الکتریکی	p , η
۵	به کارگیری ESD در بارهای با سرعت ثابت	η
۶	مدیریت زمان کارکرد موتور	t , c
۷	استفاده از حالت همیشه ستاره در حالت کم بار	η
۸	استفاده از تجهیزات انتقال نیروی مکانیکی با بازده بیشتر	η
۹	نگهداری و تعمیر مناسب و رفع مشکلات سیستم های موتور الکتریکی	p , η
۱۰	راهکارهای مدیریتی	

جدول ۱-۳- روش های مدیریت مصرف در موتورهای القایی و تاثیر آنها بر روی پارامترهای مختلف

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دوم

WikiPower.ir

تامین توان با کیفیت مناسب

و تصحیح ضریب قدرت

مفهوم ضریب قدرت :

ضریب قدرت بیانگر چگونگی استفاده از توان موثر می باشد . بالا بودن ضریب قدرت نشان دهنده بهره برداری مفید از توان موثر موتور بوده و یک ضریب قدرت پایین نشان دهنده استفاده ضعیف از سیستم موتور الکتریکی می باشد .

بسیاری از بارهای سیستم های توزیع الکتریکی صنعتی ، القایی می باشند . به عنوان مثال موتور ها و ترانسفورماتورها و لامپ های مهتابی فلوروسنت و کوره های القایی .

برای رسیدن به یک رابطه ریاضی برای ضریب قدرت ابتدا لازم است که کمی درباره جریان خط بارهای القایی صحبت نماییم .

جریان خط بارهای القایی شامل دو مولفه می باشد:جریان مغناطیس کننده و جریان تولید کننده توان .

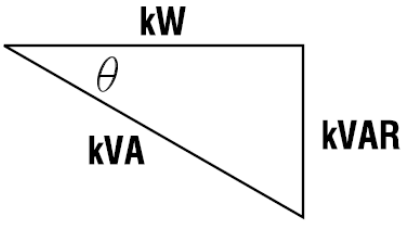
جریان مغناطیس کننده یا جریان بی باری ، جریانی است که سبب ایجاد میدان الکترومغناطیسی در ماشین می گردد . این مولفه از جریان ، سبب تولید توان راکتیوی درماشین شده که براساس کیلو ولت آمپر راکتیو (KVAR) اندازه گیری می شود .

باید توجه داشت که در ماشین ، توان راکتیو کاری را انجام نمی دهد اما در بین استاتور و فاصله هوایی و روتور یک مسیر قوی برای شار مغناطیسی ایجاد می کند .

مولفه جریان تولید کننده توان ، جریانی است که تحت تاثیر شار مغناطیسی قرار گرفته تا خروجی مکانیکی موتور را ایجاد نماید .

توان حقیقی بر اساس کیلو وات اندازه گیری می شود و توسط واتمتر می توان آن را قرائت نمود . توان حقیقی و توان راکتیو با هم توان ظاهری را ایجاد می نمایند . توان ظاهری نیز براساس کیلوولت آمپر (kVA) اندازه گیری می شود .

ضریب قدرت نسبت توان حقیقی به توان ظاهری می باشد . در یک سیستم سینوسی ، ضریب قدرت را با $Cos\ \theta$ نمایش می دهند . به روش دیگر، با دانستن توان حقیقی و توان راکتیو و توان ظاهری ، با کمک مثلث زیر می توان ضریب قدرت را یافت .



شکل ۲-۱- مثلث توان

وتر مثلث بیانگر توان ظاهری می باشد و ضلع سمت راست بیانگر توان راکتیو می باشد . قاعده مثلث نیز بیانگر توان حقیقی می باشد که بر اساس KW اندازه گیری می شود .

زاویه بین اضلاع kW و kVA مثلث همان زاویه فاز θ می باشد .

ضریب قدرت به صورت پیشفاز یا پسفاز بیان می شود . در مورد جریان مغناطیس کننده ، ضریب توان پسفاز می باشد . مقدار عقب ماندگی ، زاویه فاز بین ولتاژ و جریان می باشد لذا ضریب توان کسینوس زاویه بین جریان و شکل موج ولتاژ می باشد .

جریمه های ضریب قدرت :

اگر یک موتوری که در یک واحد صنعتی مشغول به کار است دارای ضریب قدرت پایینی باشد ، آن موتور جریان زیادی می کشد تا به بار تحویل دهد . دو موتور که توان حقیقی (kW) یکسانی دارند اما یکی دارای ضریب قدرت ۸۵ درصد و دیگری دارای ضریب قدرت ۷۰ درصد می باشد را در نظر بگیرید . موتور دوم باید ۲۱ درصد جریان بیشتر بکشد تا هر دو دارای دیماند یکسانی باشند . بنابراین تلفات اهمی RI^2 در خطوط توزیع ۴۶ درصد بیشتر می گردد . بدون صدور صورت حساب برای ضریب قدرت ، نمی توان هزینه جریان زیادی که موتور دوم می کشد را دریافت نمود . لذا برای موتورها در برنامه زمان بندی شان جرایم ضریب توان در نظر گرفته شد .

حداقل ضریب توان معمولاً ۹۵ درصد در نظر گرفته می شود . و اگر ضریب توان مشترک از این مقدار کمتر گردید وسیله به عنوان « ضریب توان پایین » در نظر گرفته می شود . ضریب قدرت های پایین تر دارای جرایم بیشتری می باشند .

بهبود ضریب قدرت :

بعضی از راه های بهبود ضریب قدرت عبارتند از :

استفاده از موتورهای پر سرعت :

موتورهای دو قطب (۳۶۰۰ rpm) دارای ضریب قدرت بالاتری می باشند . ضریب قدرت با افزایش تعداد قطب ها کاهش می یابد .

موتورهای کم حجم در اندازه دیماند بار :

یک موتور بی بار به توان حقیقی کمتر و یک موتور با بار سنگین به توان حقیقی بیشتری نیاز دارد .

یک موتور بزرگ در حالت بی باری جریان راکتیو بیشتری از یک موتور کوچک با بار کامل می کشد .

ضریب قدرت کم ، اثر خود را در حالتی که موتورها در حالت کمتر از بار کامل کار می کنند به خوبی نشان می دهد . به عنوان مثال در یک کمپرسور هوا در حالت بی باری و یا یک اره برقی که در حالت بدون قطع چوب کار می کند ، ضریب قدرت در حدود ۳۰ تا ۵۰ درصد می باشد . جدول ۲-۱- ضریب قدرت کم را برای بعضی از صنایع نمایش می دهد .

صنعت	ضریب قدرت قبل از تصحیح
کارخانه چوب بری	٪ ۴۵ - ٪ ۶۰
پلاستیک	٪ ۵۵ - ٪ ۷۰
نساجی ، روکش کاری	٪ ۶۵ - ٪ ۷۵
ریخته گری	٪ ۵۰ - ٪ ۸۰
شیمیایی	٪ ۶۵ - ٪ ۷۵
نساجی	٪ ۶۵ - ٪ ۷۵
جوشکاری	٪ ۳۵ - ٪ ۶۰
کارخانه سیمان	٪ ۷۸ - ٪ ۸۰
کارخانه تولید رنگ	٪ ۵۰ - ٪ ۷۰

جدول ۲-۱- ضریب قدرت کم برای بعضی از صنایع

افزودن خازن های اصلاح کننده ضریب قدرت به سیستم موتور الکتریکی :

خازن های قدرت جریان راکتیو پیش فاز ژنراتوری ایجاد نموده وجریان پس فاز سیستم را جبران می نمایند.

اندازه و محل خازن های اصلاح کننده ضریب قدرت :

وقتی که شما تصمیم می گیرید که از راه اصلاح ضریب قدرت موتور کسب سود نمایید ، لازم است که اندازه و تعداد و محل قرارگیری خازن ها در سیستم را بهینه انتخاب نمایید .

واحد اندازه ی خازن های ضریب قدرت کیلووار می باشد . واحد کیلووار دلالت بر این دارد که خازن چه مقدار توان راکتیو تولید می کند . به طور کلی به دو روش می توان خازن گذاری نمود :

نصب خازن های ثابت بر روی موتور :

بهترین استفاده از اصلاح ضریب قدرت وقتی روی می دهد که خازن در منبع جریان راکتیو قرار گیرد . بنابراین عادی است که خازن ها را در بین موتورها توزیع نمائیم . وقتی که خازن ها به بارهای متغییر وصل می گردد استفاده از این روش مفید خواهد بود . اگر تعدادی موتور با توان ۲۵ اسب بخار و بالاتر داریم ، معمولا اقتصادی است که خازن را روی هر موتور نصب نمائیم تا خازن و موتور با هم سوئیچ شوند . خازن های سوئیچ شده وقتی که در طرف بار موتور قرار می گیرند به تجهیزات کنترل سوئیچ نیاز ندارند . زمانی که نیاز به سوئیچ کردن های مداوم و زیاد می باشد ، اقتصادی است که تعدادی خازن ثابت با انرژی ای برابر مجموع انرژی خازن هایی که روی موتورها قرار دارند و سوئیچ شده اند ، همواره در مدار تولید انرژی نمایند .

نصب خازن های سوئیچ شونده :

اگر کارخانه شما دارای تعدادی موتور کوچک (۱/۲ اسب بخار تا ۱۰ اسب بخار) می باشد بهتر است که یک یا تعدادی خازن (به صورت بانک خازنی) در نزدیک مراکز کنترل موتور (پستها) قرار دهیم . اگر به منظور کاهش تلفات سیستم خازن ها را توزیع نموده ایم و نیاز به سوئیچ کردن آنها می باشد بهتراست که یک کنترلر اتوماتیک ضریب قدرت در یک مرکز کنترل موتور نصب نمائیم .

بهترین راه برای کارخانه هایی که دارای موتورهای بزرگ و کوچک می باشند این است که از هر دو نوع نصب خازنی استفاده نمایند .

مزایای خازن های مجزا در بارها عبارتند از :

کنترل کامل : خازن نمی تواند در حالت کم باری سبب ایجاد مشکل در خط گردد .

عدم احتیاج به سوئیچرها : موتور همواره با خازنش عمل می کند .

بهبود کارایی موتور در طی مدتی که ولتاژ افت می یابد .

موتور و خازن به راحتی می توانند با هم کار کنند .

راحتتر می توان خازن مناسب برای بار پیدا نمود .

کاهش تلفات خط

افزایش ظرفیت سیستم

مزایای بانک های خازنی نصب شده بر روی فیدرها عبارتند از :

هزینه ی کمتر برای هر KVar

هزینه نصب کمتر

بهبود کلی ضریب قدرت به طوری که هزینه جرایم ضریب قدرت کاهش می یابد یا حذف می گردد .

کاهش درKVar کل زیرا همه خازن ها در خط می باشند حتی وقتی که همه موتورها خاموش باشند .

سوئیچ کردن اتوماتیک ، تصحیح ضریب قدرت را به طور کامل ممکن می سازد و اضافه ولتاژ ناشی را حذف می کند .

اگر وسیله شما در بار کامل کار می کند ، خازن های ثابت بهترین گزینه می باشند . اگر بارتان متغییر می باشد نظیر اینکه هشت ساعت در ۵ روز هفته می چرخد شما باید از خازن های سوئیچ شونده استفاده کنید تا در زمان کاهش بار ظرفیت را کاهش دهید . اگر فیدر یا ترانسفورمرهایتان اضافه بار پیدا کرده اند یا شما می خواهید بار دیگری را به بار قبلی خطتتان اضافه نمائید ، شما باید برای بار ، اصلاح ضریب قدرت را انجام دهید .

اندازه خازن ها برای موتورهای شخصی در کارخانه ها :

خازنهایی که روی ترمینال موتورها نصب می شود و با موتورها سوئیچ می شوند نباید بیشتر از مقدار KVAR لازم باشند که موتور در حالت بی باری ضریب قدرتش بیش از ۱۰۰ درصد گردد .

جدول ۲-۲- برای اندازه گیری مقدار خازن لازم برای بارموتورهای شخصی می باشند . نصب این خازن ها ضریب قدرت را به ۰/۹۵ اصلاح می کند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

NEMA	B												C		D	
Code	Before 1955						U-Frame						T-Frame									
Poles	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	4-6	8	6	Wound Rotor
RPM	3600	1800	1200	900	720	600	3600	1800	1200	900	720	600	3600	1800	1200	900	720	600	1800 1200	900	1200	
HP= 3	1.5	1.5	1.5	2	2.5	3.5	1	1	1	2			1.5	1.5	2.5	3	3	4				
5	2	2	2	3	4	4.5	1	2	2	2			2	2.5	3	4	4	5				
7.5	2.5	2.5	3	4	5.5	6	1	2	4	4			2.5	3	4	5	5	6				
10	3	3	3.5	5	6.5	7.5	2	2	4	5	5	5	4	4	5	6	7.5	8				
15	4	4	5	6.5	8	9.5	4	4	4	5	5	5	5	5	6	7.5	8	10	5	5	5	5.5
20	5	5	6.5	7.5	9	12	4	5	5	5	10	10	6	6	7.5	9	10	12	5	6	6	7
25	6	6	7.5	9	11	14	5	5	5	5	10	10	7.5	7.5	8	10	12	18	6	6	6	7
30	7	7	9	10	12	16	5	5	5	10	10	10	8	8	10	14	15	23	7.5	9	10	11
40	9	9	11	12	15	20	5	10	10	10	10	15	12	13	16	18	23	25	10	12	12	13
50	12	11	13	15	19	24	5	10	10	15	15	20	15	18	20	23	24	30	12	15	15	18
60	14	14	15	18	22	27	10	10	10	15	20	25	18	21	23	26	30	35	18	18	18	20
75	17	16	18	21	26	33	15	15	15	20	25	30	20	23	25	28	33	40	19	23	23	25
100	22	21	25	27	33	40	15	20	25	25	40	45	23	30	30	35	40	45	27	27	30	33
125	27	26	30	33	40	48	20	25	30	30	45	45	25	36	35	42	45	50	35	38	38	40
150	33	30	35	38	48	53	25	30	30	40	45	50	30	42	40	53	53	60	38	45	45	50
200	40	38	43	48	60	65	35	40	60	55	55	60	35	50	50	65	68	90	45	60	60	65
250	50	45	53	58	70	78	40	40	60	80	60	100	40	60	63	82	88	100	54	70	70	75
300	58	53	60	65	80	88	45	45	80	80	80	120	45	68	70	100	100	120	65	90	75	85
350	65	60	68	75	88	95	60	70	80	80			50	75	90	120	120	135				
400	70	65	75	85	95	105	60	80	80	160			75	80	100	130	140	150				
450	75	68	80	93	100	110	70	100					80	90	120	140	160	160				
500	78	73	83	98	108	115	70						100	120	150	160	180	180				

جدول ۲-۲- اندازه گیری مقدار خازن لازم برای بارموتورهای القایی

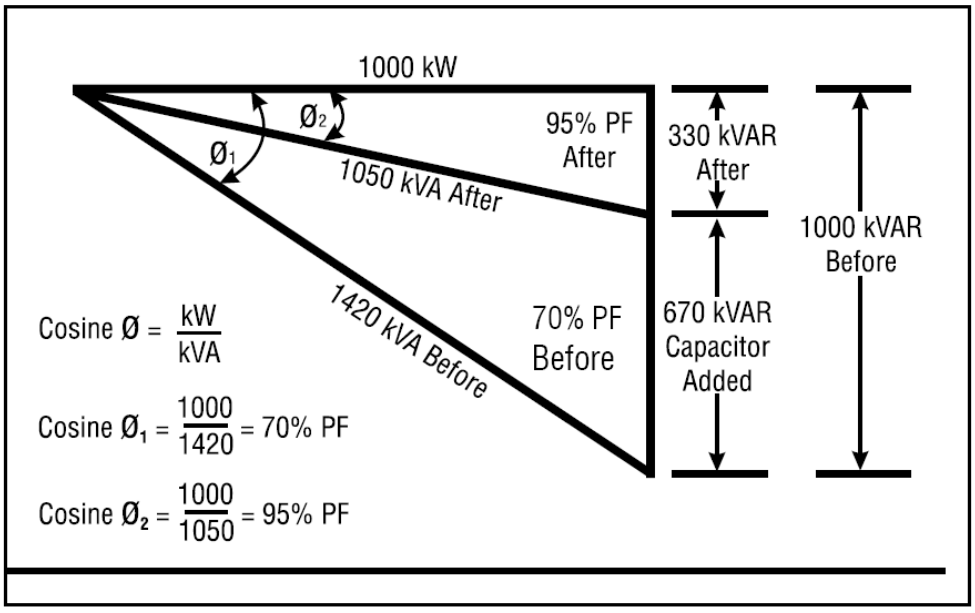
اگر شما کل توان اکتیو کارخانه و ضریب قدرت تان را بدانید مقدار خازن لازم برای اصلاح ضریب قدرت در اندازه دلخواه را طبق جدول ۲-۳- می توان بدست آورد :

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ORIGINAL POWER FACTOR	Corrected Power Factor																		
	0.80	0.81	0.82	0.83	0.84	0.85	0.86	0.87	0.88	0.89	0.90	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.99	1.0
0.50	0.982	1.008	1.034	1.060	1.086	1.112	1.139	1.165	1.192	1.220	1.248	1.276	1.306	1.337	1.369	1.403	1.440	1.589	1.732
0.51	0.937	0.962	0.989	1.015	1.041	1.067	1.094	1.120	1.147	1.175	1.203	1.231	1.261	1.292	1.324	1.358	1.395	1.544	1.687
0.52	0.893	0.919	0.945	0.971	0.997	1.023	1.050	1.076	1.103	1.131	1.159	1.187	1.217	1.248	1.280	1.314	1.351	1.500	1.643
0.53	0.850	0.876	0.902	0.928	0.954	0.980	1.007	1.033	1.060	1.088	1.116	1.144	1.174	1.205	1.237	1.271	1.308	1.457	1.600
0.54	0.809	0.835	0.861	0.887	0.913	0.939	0.966	0.992	1.019	1.047	1.075	1.103	1.133	1.164	1.196	1.230	1.267	1.416	1.559
0.55	0.769	0.795	0.821	0.847	0.873	0.899	0.926	0.952	0.979	1.007	1.035	1.063	1.093	1.124	1.156	1.190	1.227	1.376	1.519
0.56	0.730	0.756	0.782	0.808	0.834	0.860	0.887	0.913	0.940	0.968	0.996	1.024	1.054	1.085	1.117	1.151	1.188	1.337	1.480
0.57	0.692	0.718	0.744	0.770	0.796	0.822	0.849	0.875	0.902	0.930	0.958	0.986	1.016	1.047	1.079	1.113	1.150	1.299	1.442
0.58	0.655	0.681	0.707	0.733	0.759	0.785	0.812	0.838	0.865	0.893	0.921	0.949	0.979	1.010	1.042	1.076	1.113	1.262	1.405
0.59	0.619	0.645	0.671	0.697	0.723	0.749	0.776	0.802	0.829	0.857	0.885	0.913	0.943	0.974	1.006	1.040	1.077	1.226	1.369
0.60	0.583	0.609	0.635	0.661	0.687	0.713	0.740	0.766	0.793	0.821	0.849	0.877	0.907	0.938	0.970	1.004	1.041	1.190	1.333
0.61	0.549	0.575	0.601	0.627	0.653	0.679	0.706	0.732	0.759	0.787	0.815	0.843	0.873	0.904	0.936	0.970	1.007	1.156	1.299
0.62	0.516	0.542	0.568	0.594	0.620	0.646	0.673	0.699	0.726	0.754	0.782	0.810	0.840	0.871	0.903	0.937	0.974	1.123	1.266
0.63	0.483	0.509	0.535	0.561	0.587	0.613	0.640	0.666	0.693	0.721	0.749	0.777	0.807	0.838	0.870	0.904	0.941	1.090	1.233
0.64	0.451	0.474	0.503	0.529	0.555	0.581	0.608	0.634	0.661	0.689	0.717	0.745	0.775	0.806	0.838	0.872	0.909	1.068	1.201
0.65	0.419	0.445	0.471	0.497	0.523	0.549	0.576	0.602	0.629	0.657	0.685	0.713	0.743	0.774	0.806	0.840	0.877	1.026	1.169
0.66	0.388	0.414	0.440	0.466	0.492	0.518	0.545	0.571	0.598	0.626	0.654	0.682	0.712	0.743	0.775	0.809	0.846	0.995	1.138
0.67	0.358	0.384	0.410	0.436	0.462	0.488	0.515	0.541	0.568	0.596	0.624	0.652	0.682	0.713	0.745	0.779	0.816	0.965	1.108
0.68	0.328	0.354	0.380	0.406	0.432	0.458	0.485	0.511	0.538	0.566	0.594	0.622	0.652	0.683	0.715	0.749	0.786	0.935	1.078
0.69	0.299	0.325	0.351	0.377	0.403	0.429	0.456	0.482	0.509	0.537	0.565	0.593	0.623	0.654	0.686	0.720	0.757	0.906	1.049
0.70	0.270	0.296	0.322	0.348	0.374	0.400	0.427	0.453	0.480	0.508	0.536	0.564	0.594	0.625	0.657	0.691	0.728	0.877	1.020
0.71	0.242	0.268	0.294	0.320	0.346	0.372	0.399	0.425	0.452	0.480	0.508	0.536	0.566	0.597	0.629	0.663	0.700	0.849	0.992
0.72	0.214	0.240	0.266	0.292	0.318	0.344	0.371	0.397	0.424	0.452	0.480	0.508	0.538	0.569	0.601	0.635	0.672	0.821	0.964
0.73	0.186	0.212	0.238	0.264	0.290	0.316	0.343	0.369	0.396	0.424	0.452	0.480	0.510	0.541	0.573	0.607	0.644	0.793	0.936
0.74	0.159	0.185	0.211	0.237	0.263	0.289	0.316	0.342	0.369	0.397	0.425	0.453	0.483	0.514	0.546	0.580	0.617	0.766	0.909
0.75	0.132	0.158	0.184	0.210	0.236	0.262	0.289	0.315	0.342	0.370	0.398	0.426	0.456	0.487	0.519	0.553	0.590	0.739	0.882
0.76	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.235	0.262	0.288	0.315	0.343	0.371	0.399	0.429	0.460	0.492	0.526	0.563	0.712	0.855
0.77	0.079	0.105	0.131	0.157	0.183	0.209	0.236	0.262	0.289	0.317	0.345	0.373	0.403	0.434	0.466	0.500	0.537	0.685	0.829
0.78	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.182	0.209	0.235	0.262	0.290	0.318	0.346	0.376	0.407	0.439	0.473	0.510	0.659	0.802
0.79	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.156	0.183	0.209	0.236	0.264	0.292	0.320	0.350	0.381	0.413	0.447	0.484	0.633	0.776
0.80	0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.130	0.157	0.183	0.210	0.238	0.266	0.294	0.324	0.355	0.387	0.421	0.458	0.609	0.750
0.81		0.000	0.026	0.052	0.078	0.104	0.131	0.157	0.184	0.212	0.240	0.268	0.298	0.329	0.361	0.395	0.432	0.581	0.724
0.82			0.000	0.026	0.052	0.078	0.105	0.131	0.158	0.186	0.214	0.242	0.272	0.303	0.335	0.369	0.406	0.555	0.698
0.83				0.000	0.026	0.052	0.079	0.105	0.132	0.160	0.188	0.216	0.246	0.277	0.309	0.343	0.380	0.529	0.672
0.84					0.000	0.026	0.053	0.079	0.106	0.134	0.162	0.190	0.220	0.251	0.283	0.317	0.354	0.503	0.646
0.85						0.000	0.027	0.053	0.080	0.108	0.136	0.164	0.194	0.225	0.257	0.291	0.328	0.477	0.620
0.86							0.000	0.026	0.053	0.081	0.109	0.137	0.167	0.198	0.230	0.264	0.301	.0450	0.593
0.87								0.000	0.027	0.055	0.083	0.111	0.141	0.172	0.204	0.238	0.275	0.424	0.567
0.88									0.000	0.028	0.056	0.084	0.114	0.145	0.177	0.211	0.248	0.397	0.540
0.89										0.000	0.028	0.056	0.086	0.117	0.149	0.183	0.220	0.369	0.512
0.90											0.000	0.028	0.058	0.089	0.121	0.155	0.192	0.341	0.484
0.91												0.000	0.030	0.061	0.093	0.127	0.164	0.313	0.456
0.92													0.000	0.031	0.063	0.097	0.134	0.283	0.426
0.93														0.000	0.032	0.066	0.103	0.252	0.395
0.94															0.000	0.034	0.071	0.220	0.363
0.95																0.000	0.037	0.186	0.329
0.96																	0.000	0.149	0.292
0.97																		0.108	0.251
0.98																		0.060	0.203
0.99																		0.000	0.143
																			0.000

جدول ۲-۳- مقدار خازن لازم برای تصحیح ضریب قدرت

این جدول برای نصب بانک های خازنی در فیدرها و مرکز کنترل و یا در پست ابتدای کارخانه مفید می باشد . مثلث توان در شکل ۲-۲- توان را برای سیستم توزیع یک کارخانه قبل و بعد از نصب خازن به منظور اصلاح ضریب قدرت نشان می دهد . با افزایش ضریب قدرت از ۷۰ درصد به ۹۵ درصد توان ظاهری از ۱۴۲۰ KVA به ۱۰۵۰ KVA (به میزان ۲۶ درصد) کاهش یافت .



شکل ۲-۲- مثلث توان برای سیستم توزیع یک کارخانه قبل و بعد از نصب خازن

فواید اصلاح ضریب قدرت :

عوامل موثر در هزینه اصلاح ضریب قدرت به متغییرهایی نظیر جریمه ضریب قدرت وسیله ، نیاز به سیستم خازن اضافی ، هزینه ی انرژی و دیماند ، ساعت عملکرد وسیله ، اندازه سیم سیستم توزیع و فاصله ی بین موتور و دستگاه اندازه گیری بستگی دارد .

خازن های اصلاح ضریب قدرت افت ولتاژ را کاهش داده و تلفات اهمی سیستم توزیع را نیز کاهش می دهد .

توان ورودی موتور طبق رابطه زیر محاسبه می شود :

$$P_{in} = \sqrt{3}\, V.I.Cos\ \varphi$$

اگر ولتاژ تغذیه و توان را ثابت فرض کنیم با کاهش ضریب قدرت ، جریان خط افزایش می یابد و این باعث افزایش تلفات حرارتی در کابل های توزیع واحد صنعتی می شود و به علاوه دیماند واحد صنعتی نیز افزایش می یابد . از طرف دیگر چون ولتاژ ابتدای کابل (ولتاژ پست) ثابت است ، با افزایش جریان ، افت ولتاژ بیشتری نیز روی کابل به وجود خواهد آمد . از این رو کابل به کار رفته می باید دارای سطح مقطع مناسبی باشد ، که افت ولتاژ روی آن از حد استاندارد بیشتر نشود . بنابر استاندارد ، سطح مقطع کابل باید به گونه ای محاسبه شود که افت ولتاژ روی آن از ۵ ٪ بیشتر نشود و زمان راه اندازی از ۱۵ ٪ تجاوز نکند .

باید توجه داشت که پایین بودن ضریب توان موتور به ازای توان ورودی ثابت ، باعث افزایش جریان موتور می شود و افزایش جریان موتور باعث افزایش تلفات حرارتی کابل ($P_{Loss} = R\,.\,I^2$) می شود . تلفات حرارتی کابل (RI^2) از نوع توان اکتیو بوده و نصب خازن تاثیری در کاهش اینگونه تلفات نخواهد داشت . بنابراین هنگام انتخاب موتور می باید به ضریب توان و اثر آن بر مصرف انرژی توجه داشت و با توجه به هزینه خرید و نصب موتور ، مصرف انرژی آن با احتساب طول عمر برآورد شود .

افزایش ضریب قدرت از ۷۵ درصد به ۹۵ درصد سبب کاهش ۲۱ درصدی در جریان با بار مشابه می گردد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

به واسطه افزودن خازن های اصلاح ضریب قدرت به سیستم تان ، شما می توانید KW بارتان را بدون افزایش جریان خط ، قطر سیم ها ، قدرت ترانس ها و هزینه KVA وسیله ، افزایش دهید .

با درنظر گرفتن خازن های اصلاح ضریب قدرت در هنگام تاسیس کارخانه یا توسعه آن ، شما می توانید هزینه های پروژه را با کاهش اندازه ترانس ها ، کابل ها ، باس ها و سوئیچ ها تقلیل دهید .

به هر حال ، شدت جریان تابع Full Load شدن وسیله تان می باشد .

به طور کلی تلفات سیستم توزیع کوچک می باشند . یک کارخانه صنعتی به طور نمونه دارای ۲ درصد تلفات در کابلها ، در حالتی که کابل در ظرفیت بار کامل قرار دارد ، می باشد . معادله زیر مقدار کاهش تلفات را نشان می دهد .

$$\% \text{ reduction} = 100 - 100 \times \left(\frac{PF_1}{PF_2} \right)^2$$

Where:

% reduction	= Percent reduction in distribution losses
PF_1	= Original power factor
PF_2	= Power factor after correction

WWW.WIKIPOWER.IR

مثال : مثال زیر مقدار سود اصلاح ضریب قدرت را نشان می دهد . ضریب قدرت در ابتدا ۸۰ درصد و بعد از اصلاح ۹۵ درصد می باشد.

مقدار هزینه انرژی تقلیل داده شده :

۳۰۵۴۰ دلار در سال = ۱۲ماه × (۱۳۵۵۵ دلار - ۱۶۱۰۰ دلار)

اگر مدیریت شرکت بر روی تجهیزات اصلاح ضریب قدرت سرمایه گذاری نماید در مدت زمان ۲ سال ، سرمایه برگردانده می شود .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

Billing Before Power Factor Correction	Billing After Power Factor Corrected to 95%
4,600 kVA x $3.50 = $16,100/month	$kW_{demand} = kVA_{demand\ 1} \times PF_1$ $= 4,600 \times 0.8 = 3,680$ $kVA_{demand\ 2} = \frac{kW_{demand}}{PF_2}$ $kVA_{demand\ 2} = \frac{3,680}{0.95} = 3,873$ Where: $kVA_{demand\ 1}$ = kVA demand before PF correction $kVA_{demand\ 2}$ = kVA demand after PF correction kW_{demand} = Electric demand in kW PF_1 = Original power factor PF_2 = Power factor after correction *Corrected Billing* *3,873 kVA x $3.50 = $13,555/month*

KW اندازه گیری شده در صورت حساب از رابطه زیر بدست می آید :

$$kW_{billed} = kW_{demand} \times \frac{0.95}{PF}$$

Where:

kW_{billed} = Adjusted or billable demand

kW_{demand} = Measured electric demand in kW

PF = Power factor as a decimal

حال اگر ضریب قدرت را به ۹۵ درصد افزایش دهیم داریم :

Billing Before Power Factor Correction	Billing After Power Factor Corrected to 95%
$\frac{3{,}680\ \text{kW} \times 0.95}{0.80}$ $= 4{,}370 \times \$4.50$ $= \$19{,}665/\text{month or } \$235{,}980/\text{year}$	$= 3{,}680 \times \$4.50$ $= \$16{,}560/\text{month or } \$198{,}720/\text{year}$

Savings are $37,260/year

عملکرد موتور تحت شرایط ولتاژ کم ، منجر به کاهش راندمان موتور و گرم شدن موتور و کاهش عمر موتور می گردد .

با افزایش خازن های اصلاح ضریب قدرت شمامی توانید عملکرد ولتاژ را برای کارکرد مناسب بهبود بخشید.

هزینه ی اصلاح ضریب قدرت :

متوسط هزینه ی خازن های نصب شده درسیستم ۴۸۰ ولت در حدود ۳۰ دلار برای هر KVAR می باشد . کنترلرهای اتوماتیک ضریب قدرت یا خازن های دارای فیلتر هارمونیکی هزینه ی بیشتری دارند . این فیلترها برای خازن های بالای ۱۰۰ کیلووار مورد استفاده می باشند . نصب یک بانک خازنی بزرگ به مراتب از نصب چندین خازن کوچک پخش شده در بین موتورها کم هزینه تر می باشد .

هزینه ی هرکیلووار برای خازن های کوچک روی موتورها به سبب بالاتر بودن هزینه مواد و زحمت نصب این خازن ها زیاد می باشد .

همچنین هزینه نصب یک کیلووار خازن در ولتاژهای بالاتر ، کمتر می باشد .

در ولتاژهای بالا (۲۴۰۰ ولت و بالاتر) هزینه هر کیلووار خازن نصب شده در حدود ۶ تا ۱۲ دلار می باشد .

دوری کردن از تشدید هارمونیک ها پس از نصب خازن :

با توجه به اینکه در حدود ۲۰ درصد تاسیسات صنعتی دارای خازن می باشد باید به مسئله تشدید هارمونیک ها توجه ویژه ای نمود .

فرکانس تشدیدی که توسط خازن ها و اندوکتانس سیستم ایجاد می شود از رابطه زیر بدست می آید :

$$h_f = \sqrt{\frac{\text{MVA short circuit}}{\text{MVAR capacitor}}}$$

جذر MVA اتصال کوتاه تقسیم بر MVAR خازن نشان دهنده هارمونیک مورد مطالعه می باشد .

MVA اتصال کوتاه از ضرب جریان کشیده شده به وسیله مدار اتصال کوتاه ، در ولتاژ بی باری ، در نقطه مورد نظر بدست می آید . در حقیقت جریان نگهدارنده باید قبل از اینکه جریان اتصال کوتاه تثبیت شود در سیستم برقرار گردد .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل سوم

WikiPower.ir

انتخاب درست موتور الکتریکی

بر اساس بار مکانیکی

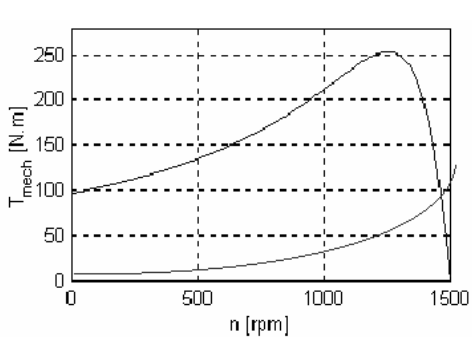
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

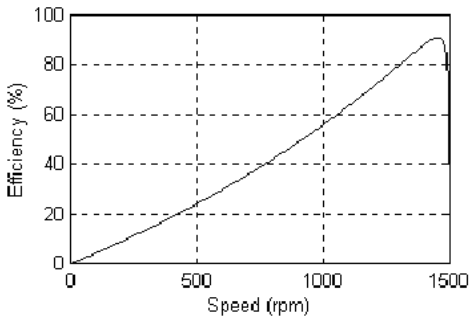
در مباحث مربوط به مدیریت مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی ، انتخاب موتور مناسب برای بارهای مختلف مقوله بسیار مهمی می باشد . می توان با انتخاب موتوری مناسب ، موتور را در شرایط بهینه از نظر بازده و ضریب توان قرار داد و با پرهیز از انتخاب موتورهای با توان خروجی بیش از حداقل مورد نیاز ، به میزان قابل توجهی هم در مصرف انرژی و هم در هزینه ها صرفه جویی نمود . به طور معمول محدوده مناسب بار ، ۷۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی است که سازندگان سعی می کنند تا بیشترین مقدار بازده را در این محدوده طراحی کنند . موتور باید طوری انتخاب گردد تا نیازهای بار از نظر میزان بار ، نحوه تغییرات بار ، گشتاور راه اندازی و میزان و تغییرات سرعت تعیین گردد .

نقطه کار موتور :

به منظور تامین نیروی گردان برای یک بار مکانیکی معین از موتور الکتریکی استفاده می گردد که نقطه کار آن را بار تعیین می کند . این نقطه محل تلاقی منحنی گشتاور – سرعت موتور و بار است که در آن گشتاور مورد نیاز بار با گشتاوری که موتور تعیین می کند برابر است . شکل ۳-۱- مشخصه گشتاور – سرعت یک موتور القایی و نقطه کار نمونه یک موتور القایی را نشان می دهد . در این حالت بازده موتور را می توان از منحنی بازده – سرعت به صورت زیر بدست آورد .

WikiPower.ir





برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۳-۱- مشخصه گشتاور – سرعت و نقطه کار نمونه یک موتور القایی

انواع موتورهای القایی قفس سنجابی :

از آنجا که بارهای مکانیکی گوناگونی در صنعت وجود دارد ، موتورهای القایی گوناگونی جهت راه اندازی و کار عادی این بارهای مکانیکی به بازار عرضه گردیده است .

لذا موتورهای القایی در چهار کلاس A , B , C , D به صورت زیر تعریف می گردد :

موتورهای کلاس A :

موتورهایی که در این کلاس طراحی می شوند دارای خواص زیرند :

۱- گشتاور راه اندازی آنها عادی است .

۲- جریان راه اندازی آنها زیاد است .

۳- در شرایط کار عادی لغزش کم است .

۴- مقاومت روتور کم است و لذا در لغزش کم ($0/005<S<0/015$) بازده نسبتاً خوب است .

۵- از این موتورها در شرایطی که گشتاور بار به گشتاور راه انداز کم نیاز دارد استفاده می شود . این گونه بارها سریعاً شتاب می گیرند و مساله حرارتی پیش نمی آید .

۶- در ماشین های بزرگ کلاس A ماشین تحت ولتاژ از ولتاژ اسمی راه اندازی می کنند .

۷- مشخصه گشتاور سرعت این موتورها در شکل ۳-۲- نشان داده شده است .

موتورهای کلاس B :

مشخصه گشتاور سرعت این موتورها در شکل ۳-۲- نشان داده شده است . در این موتورها می توان به نکات ذیل توجه کرد .

۱- گشتاور راه اندازی آنها شبیه موتورهای کلاس A است .

۲- جریان راه اندازی این موتورها ، ۷۵ درصد موتورهای کلاس A است .

علت کاهش جریان راه اندازی نحوه طراحی میله های عمیق با قفس مضاعف با راکتانسهای نشتی زیاد است . باید دانست که راکتانس نشتی زیاد گشتاور ماکزیمم (بیشینه) را کاهش می دهد . لغزش و بازده در شرایط اسمی در این گونه موتورها تقریباً مشابه کلاس A است . موتورهای کلاس B کاربرد وسیعی در صنعت دارند .

موتورهای کلاس C :

مشخصه گشتار سرعت این موتورها در شکل ۳-۲- آمده است . در این موتورها داریم :

۱- گشتاور راه اندازی این موتورها زیاد است .

۲- جریان راه اندازی این موتورها نسبتاً کم است .

در این موتورها از روتور قفس سنجابی مضاعف استفاده می شود و مقاومت روتور بیش از کلاس B است . در شرایط اسمی لغزش این گونه موتورها بیش از کلاس A , B بوده و بازده نسبت به آنها کمتر است .

موتورهای کلاس D :

مشخصه گشتاور سرعت این دسته از موتورها در شکل ۳-۲- آمده است . این موتورها دارای خواص زیرند :

۱- گشتاور راه اندازی این موتورها زیاد است .

۲- جریان راه اندازی این موتورها کم است .

۳- در شرایط کار عادی لغزش نسبتاً بزرگ است .

۴- در این موتورها میله های روتور قفس سنجابی مسی نبوده بلکه برنزی است .

۵- در این موتورها گشتاور ماکزیمم در لغزش ۵۰ درصد حاصل می شود .

۶- لغزش اسمی این موتورها بین ۸ تا ۱۵ درصد بوده و لذا بازده این ماشین ها کم است .

۷- در این موتورها ، تلفات اهمی روتور نسبتاً زیاد است ، لذا موتورها حجیم و گران هستند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۳-۲- مشخصه گشتاور- سرعت موتورهای کلاس A , B , C , D

انتخاب موتور :

انتخاب موتور یکی از اساسی ترین موارد مربوط به انتخاب تجهیزات است . بدیهی است انتخاب موتور بر اساس نیازهای بارهای مکانیکی صورت می پذیرد . این نیازها را می توان در موارد کلی زیر خلاصه کرد :

- میزان بار
- نحوه تغییرات بار
- گشتاور راه اندازی
- میزان و تغییرات سرعت

می توان با انتخاب موتوری مناسب ، موتور را در شرایط بهینه از نظر بازده و ضریب توان قرار داد و با پرهیز از انتخاب موتورهایی با توان خروجی بیش از حداقل مورد نیاز ، به میزان قابل توجهی هم در مصرف انرژی و هم در هزینه ها صرفه جویی کرد .

بهترین نقطه کار موتورهای الکتریکی نقطه ای است که بازده موتور در مقدار بیشینه قرار دارد . این نقطه به بار و تغذیه ورودی و دیگر شرایط موتور وابسته است و در آن تلفات ثابت و متغییر موتور برابر می شود .

بنابراین این نقطه به طراحی سازنده و توان نامی موتور بستگی خواهد داشت . هر چه توان نامی موتور بیشتر شود ،حساسیت نمودار بازده نسبت به تغییرات بار کمترمی گردد . به طور معمول محدوده مناسب بار ، ۷۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی است که سازندگان سعی می کنند تا بیشترین مقدار بازده را در این محدوده طراحی کنند .

به طور نمونه بحرانی ترین محدوده برای یک موتور الکتریکی از نظر بازده ، بارهای کمتر از ۵۰ درصد بار نامی است . هر چند که با افزایش توان نامی این محدوده بحرانی نیز کمتر خواهد شد . محدوده بحرانی ضریب توان از محدوده بحرانی بازده بیشتر است . اگر بار یک موتور همواره ثابت باشد ، پس از تعیین توان مورد نیاز بار ، اندازه مناسب موتور از روی جدول اندازه های استاندارد موتورهای الکتریکی مشخص شده و با توجه به دیگر نیازهای بار مانند گشتاور راه اندازی و ... با مراجعه به کاتالوگ سازنده دلخواه ، موتور مناسب انتخاب می گردد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

KW	۰,۰۶	۰,۰۹	۰,۱۲	۰,۱۸	۰,۲۵	۰,۳۷	۰,۵۵	۰,۷۵	۱,۱	۲,۲	۳,۷	۵,۵	۷,۵	
KW	۱۱	۱۵	۱۸,۵	۲۲	۳۰	۳۷	۴۵	۵۵	۷۵	۹۰	۱۱۰	۱۳۲	۱۵۰	۱۶۰
KW	۱۸۵	۲۰۰	۲۲۰	۲۵۰	۳۰۰	۳۱۵	۳۳۵	۳۵۵	۳۷۵	۴۰۰	۴۲۵	۴۵۰	۴۷۵	۵۰۰
KW	۵۳۰	۵۶۰	۶۰۰	۶۳۰	۶۷۰	۷۱۰	۷۵۰	۸۰۰	۸۵۰	۹۰۰	۹۵۰	۱۰۰۰		

جدول ۳-۱- اندازه های استاندارد موتورهای القایی

در مواردی بار مکانیکی موتور متغییر است ، کوچکترین توان موتوری که برای بار مناسب باشد ، با توجه به سیکل کاری موتور از روابط زیر محاسبه می گردد .

و پس از آن با مراجعه به جدول اندازه های استاندارد و کاتالوگ سازندگان ، موتور مناسب انتخاب می گردد.

$$P_m = \sqrt{\frac{\sum P^2 \times t}{T}}$$

$$2P_m \geq P_{max}$$

P_m : توان موتوری

P : توان بار در هر دوره زمانی

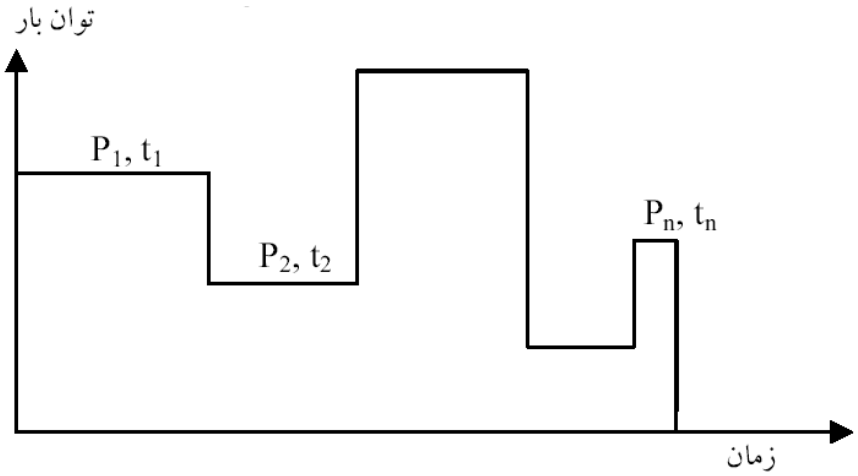
t : زمان در هر دوره زمانی

T : کل زمان سیکل

P_{max} : بیشترین توان مورد نیاز بار مکانیکی

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۳-۳- سیکل کاری یک بار متغییر نمونه

مثال : می خواهیم برای یک بار مکانیکی با مشخصات زیر موتور الکتریکی در نظر بگیریم . کوچکترین توان مناسب موتور چه مقدار خواهد بود ؟

با توجه به روابط داریم :

$$P_m = \sqrt{\frac{\sum P^2 \times t}{T}} \quad \Rightarrow \quad \sqrt{\frac{(120^2 \times 2 + 70^2 \times 20 + 10^2 \times 8)}{30}} = 65.2$$

$$2 \times P_m \geq P_{max} \quad \Rightarrow \quad 2 \times 65.2\ kw \geq 120\ kw$$

کوچکترین موتور ۶۵/۲ کیلووات محاسبه گردیده است که با مراجعه به جدول ، اولین مقدار استاندارد بعد از آن ۷۵ کیلووات است . با توجه به دیگر مشخصات موتور و بار مانند گشتاور راه اندازی ، میزان اضافه بار و ... و با مراجعه به کاتالوگ سازنده دلخواه موتور مناسب انتخاب می گردد

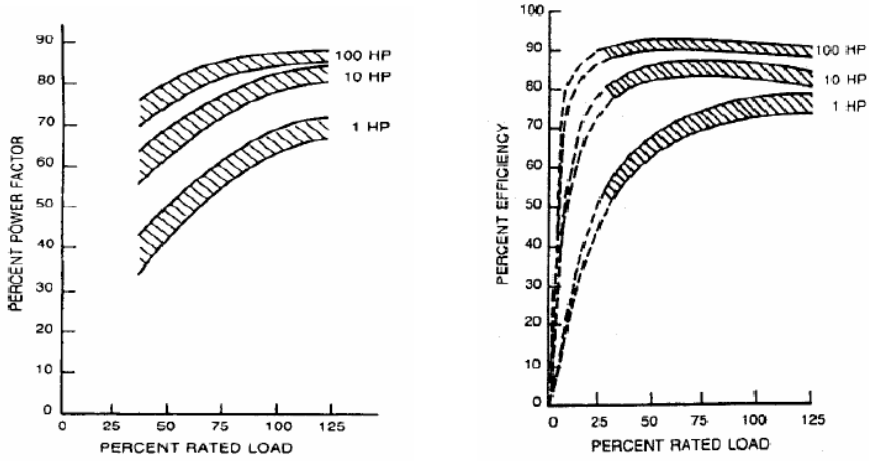
اثرات انتخاب نادرست موتور :

با توجه به منحنی گشتاور و بازده مشاهده می گردد که هر چه نقطه کار از نقطه گشتاور نامی موتور دور گردد ، پارامترهای موتور مانند بازده و ضریب توان نسبت به مقادیر نامی تغییر بیشتری خواهد داشت .

شایع ترین حالتی که برای انتخاب موتور اتفاق می افتد ، بزرگ انتخاب شدن موتور نسبت به بار است .

این موضوع از آنجا مهم است که اگر موتورهای الکتریکی نسبت به بار بسیار بزرگتر انتخاب گردند ، هم بازده آنها کاهش می یابد و میزان تلفات در آنها بیشتر می گردد و هم ضریب توان با شیب بیشتری نسبت به بازده کاهش می یابد . در این حالت باید هزینه بیشتری را برای خرید این موتور پرداخت کرد و هزینه تعمیر و نگهداری آن نیز افزایش می یابد .

شکل ۳-۴- تغییرات بازده و ضریب توان موتورهای القایی را با تغییرات بار نشان می دهد . همانگونه که مشاهده می گردد با کاهش بار یک موتور ، بازده و ضریب توان آن کاهش می یابد .



Source: NEMA MG 10-1994 [B166]

Source: NEMA MG 10-1994 [B166]

شکل ۱-۱- تغییرات بازده و ضریب توان موتورهای القایی با تغییرات بار

به طور کلی اگر موتور الکتریکی نسبت به بار بسیار بزرگتر انتخاب گردد :

۱- بازده آن کاهش یافته و میزان تلفات در آن افزایش می یابد .

۲- ضریب توان در آن با شیب بیشتری نسبت به بازده کاهش می یابد .

۳- قیمت خرید افزایش می یابد.

۴- هزینه تعمیر و نگهداری آن افزایش می یابد .

مطالعات انجام شده در امریکا در مورد وضعیت بار موتورهای الکتریکی :

در مطالعه ای که وزارت انرژی آمریکا انجام داده است موتورهای الکتریکی بخش صنعت آن کشور از نظر انتخاب موتور با توجه به بار مطلوب نیستند . جداول زیر نتایج این مطالعات را هم از نظر تعداد و هم از نظر توان موتورهای الکتریکی در بخش صنعت نشان می دهد .

درصد بار نامی	نوع کاربرد				
	پمپ	فن	کمپرسور هوا	دیگر بارها	کل بارها
کمتر از ۴۰ ٪	٪ ۳۹	٪ ۳۰	٪ ۱۵	٪ ۵۵	٪ ۴۴
۴۰ ٪ تا ۱۲۰ ٪	٪ ۵۶	٪ ۶۹	٪ ۸۴	٪ ۴۳	٪ ۵۳
بیش از ۱۲۰ ٪	٪ ۴	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۲	٪ ۲

جدول ۳-۲- وضعیت انتخاب موتورها بر اساس بار در بخش صنعت آمریکا از نظر تعداد و نوع بار

درصد بار نامی	نوع کاربرد					
	۱ تا ۵ اسب بخار	۶ تا ۲۰ اسب بخار	۲۱ تا ۵۰ اسب بخار	۵۱ تا ۱۰۰ اسب بخار	۱۰۱ تا ۲۰۰ اسب بخار	۲۰۰ + اسب بخار
کمتر از ۴۰ ٪	٪ ۴۲	٪ ۴۸	٪ ۳۹	٪ ۴۵	٪ ۲۴	٪ ۴۰
۴۰ ٪ تا ۱۲۰ ٪	٪ ۵۴	٪ ۵۱	٪ ۶۰	٪ ۵۴	٪ ۷۵	٪ ۵۸
بیش از ۱۲۰ ٪	٪ ۴	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۱	٪ ۲

جدول ۳-۳- وضعیت انتخاب موتورها بر اساس بار در بخش صنعت آمریکا از نظر توان نامی

همانطور که دیده می شود حدود ۴۵ درصد این موتورها دارای نقطه کار زیر ۴۰ ٪ بار نامی هستند که نقطه ی کار مناسبی نیست . متاسفانه در کشور ما مطالعات جامع و کاملی در این زمینه انجام نشده ولی در قیاس با کشورهای دیگر می توان گفت در خوش بینانه ترین حالت ، وضعیت موتورها در ایران را مشابه با سایر کشورها دانست .

دلایل بزرگ انتخاب شدن موتورها :

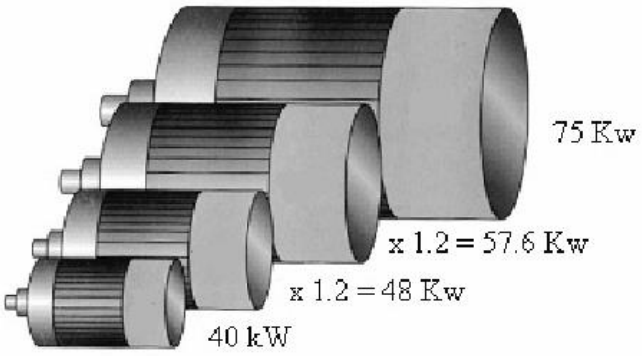
متاسفانه در عمل به دلیل در نظر گرفتن حاشیه های ایمنی ، اندازه موتورها بسیار بزرگتر از بار انتخاب می شود و موتورها با بارهایی بسیار پایین تر از بار نامی خود در حال کار هستند . این موضوع باعث کاهش بازده و ضریب توان کاری آنها می گردد . معمولاً دلیل بزرگ انتخاب شدن موتور با توجه به

کاربردهای مختلف آن متفاوت است . در بسیاری موارد ، موتور به همراه تجهیزاتی مانند پمپ ، کمپرسور و ... به صورت یکجا خریداری می گردد و مصرف کننده ی نهایی نقش زیادی در انتخاب موتور ندارد .

مثال : برای یک بار ۴۰ کیلو واتی سازنده تجهیزات ۲۰ درصد حاشیه ایمنی در نظر گرفته است . در این صورت توان در نظر گرفته شده برای بار ۴۸ کیلووات است . مهندس طراح نیز بـه نوبـه ی خـود ، ۲۰ ٪ حاشیه ایمنی برای آن تجهیزات در نظر گرفته که توان مورد نیاز برای بار را بـه ۵۷/۶ کیلـووات افـزایش می دهد .

مراجعه به جدول اندازه های استاندارد ، آنرا به نزدیکترین اندازه اسـتاندارد یعنـی ۷۵ کیلـووات افـزایش می دهد . بنابراین برای یک بار ۴۰ کیلوواتی یک موتور ۷۵ کیلوواتی در نظر گرفته شده است .

در این حالت بار موتور معادل ۵۳ ٪ بار نامی آن در نظر گرفته شده است .



WikiPower.ir

شکل ۳- ۵- بزرگ انتخاب شدن موتورها ی القایی

کوچک نمودن موتورها :

اگر در یک کارخانه ، موتوری دچار اشکال شود و برای تعمیرات از مدار خارج شود ، بـرای جلـوگیری از خوابیدن کار کارخانه چه باید کرد ؟ بهترین روشی که برای جلوگیری از خوابیدن بخشی از کار کارخانـه وجود دارد این است که یک موتور جایگزین دم دست ، آماده برای نصب باشد . ولی داشـتن یـک یـدک برای هر موتور در طراحی خیلی هزینه بر است . در چنین حـالتی انتظـار بـرای تعمیـر موتـور خـراب و بازگشت آن به کارخانه عاقلانه نمی باشد .

در کارخانه ها معمولاً برای جایگزینی ، موتوری در اندازه مناسب در لیست امـوال وجـود نـدارد و لـذا از موتوری که بزرگتر می باشد برای سرویس استفاده می شود .

توان تحویل داده شده توسط یک موتور ، به وسیله اثر متقابل بین موتور و بار تعیین میشود . در موتورهای القایی فرکانس موتور ، سرعت چرخش موتور را تعیین می کند . در حقیقت سـرعت چـرخش بار توسط موتور تعیین می شود . از طرفی هر باری دارای مشخصه گشتاور - سرعت خاصی مـی باشـد .

لذا در سرعت های مختلف ، بار گشتاور متفاوتی دارد . بنابراین وقتی موتور و بار به هم کوپل می شوند موتور سرعت چرخش و بار گشتاور لازم را تعیین می کنند .

به طور مثال فرض کنید یک موتور ۵۰ اسب بخار در سرعت ۱۸۰۰ rpm ، ۵۰ اسب بخار به بار تحویل می دهد . اگر همین موتور را با موتور ۱۸۰۰ rpm ، ۱۰۰ اسب بخار جایگزین کنیم ، تنها ۵۰ اسب بخار به بار تحویل می دهد .

اگر یک بار مشخص با گشتاور پایین در محدوده سرعت ثبت شده روی پلاک موتور قرار گیرد ، موتور مجبور خواهد شد گشتاور کمتر و در توان مجاز کمتر تحویل دهد . حال اگر یک بار به گشتاوری بیشتر از حد مجازی که موتور می تواند تحویل دهد نیاز داشته باشد ، موتور سعی می کند که گشتاور و توانی بیش از حد مجاز تحویل دهد .

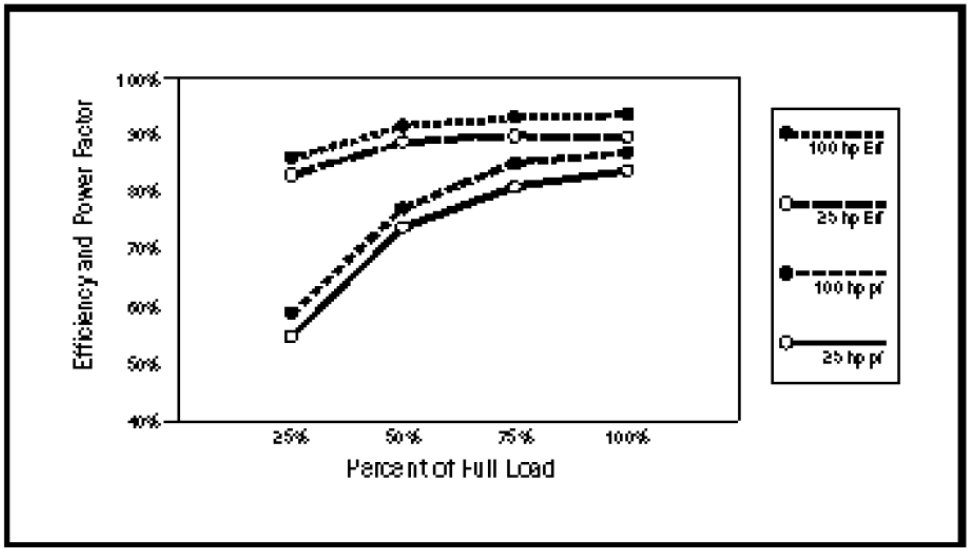
البته یک محدودیت Overload وجود دارد . اگر اضافه بار کوچک باشد ، موتور با یک افزایش کم دما و کاهش ناچیز راندمان جواب بار را خواهد داد . ولی با اضافه بارهای بیشتر و بزرگتر طول عمر موتور به سرعت کاهش پیدا خواهد کرد . اگر این حالت ادامه یابد موتور استارت نخواهد خورد و در این حالت یا موتور می سوزد و یا مدارات محافظ آن را قطع می نمایند .

لذا موتور های کوچک از دو نظر بهتر می باشند :

اولا ، در هنگام خریداری موتور جایگزین ، موتور کوچکتر هزینه کمتری دارد .

ثانیا ، یک موتور بزرگ وقتی زیر بار کم عمل می کند ، دارای راندمان و ضریب قدرت کمتری نسبت به یک موتوری که در ۷۵ تا ۱۰۰ درصد توان مجاز است ، می باشد . ضریب قدرت با کاهش بار به سرعت کاهش پیدا می کند . منحنی راندمان موتور با توان و مدل موتور تغییر می نماید اما در حدود ۷۵ درصد بار نامی دارای ماکزیمم خود بوده و تا حدود نصف بار نامی ، راندمان ثبت شده روی پلاک موتور را فراهم می نماید ولی در کمتر از نصف بار نامی به طور چشمگیری کاهش می یابد .

شکل ۳-۶- منحنی دو موتور نمونه ۲۵ و ۱۰۰ اسب بخار را نشان می دهد :



وقتـ ر نقطـه کـار مناسب از نظر راندمان قرار دارد . از آنجا که موتورهای بزرگتر دارای راندمان بالاتری در رنج وسیعی از

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بار می باشد باید مراقب بود تا موتوری جایگزین شود که راندمان آن در حالت بارکامل ، از راندمان موتور قبل که در حالت بیش از نصف بار کامل کار میکرد ، بیشتر باشد . برای کوچک سازی موتور اولین قدم این است که بار قرار گرفته بر موتور را تعیین کنیم . برای موتورهای بار متغییر باید مطمئن شد که این کار در وقتی که موتور در بار کامل کار می کند انجام شود .

سرعت دو موتور با تعداد قطب یکسان ، در بار نامی اندکی با هم متفاوت می باشد . این یکی از ملاحظات مهم در کوچک سازی موتور می باشد زیرا گشتاور بسیاری از بارها به شدت به سرعت حساس می باشد . به طور مثال می توان به فن ها و پمپ ها اشاره نمود . در این گونه کاربردها کاهش یک درصدی در سرعت منجر به کاهش یک درصدی در جریان شده اما کاهش سه درصدی در قدرت خروجی روی شفت را منجر می گردد .

جدول۳-۴- آنالیزکوچک کردن موتور رابرای بارهای روشنایی باموتور۷۵ اسب بخارنمایش میدهد

		Existing Motor 75 hp	Replacement Motor 40 hp	Units
1	Load Imposed on Motor	40.0%	75.0%	%
2	Average Volts - V	476.0	476.0	Volts
3	Average Current - I	44.2	33.9	Amps
4	Power Factor - pf at load point	69.9%	85.0%	%
5	Input power - P_{in}	25.5	23.8	kW
6	Motor Efficiency - $\in$ at load point	87.9%	94.1%	%
7	Output Power - P_{out}	22.4	22.4	kW
8	Motor Losses (P_{in} - P_{out})	3.1	1.4	kW
9	Power Savings	0	1.7	kW

کار

گردید . میزان صرفه جویی در انرژی به میزان ساعاتی که موتور در حال فعالیت است و هزینه انرژی الکتریکی بستگی دارد .

تصمیم برای تعویض موتور به عوامل زیر بستگی دارد :

- مدت زمان عمر موتور موجود
- ساعات استفاده و کارکرد
- قابلیت استفاده از موتور کوچکتر در سیاهه اموال شرکت
- وجود یک مشوق و یا یک انگیزه
- قابلیت آنالیزور کارخانه که وضعیت را آنالیز نماید و پیشنهاد یک تغییر اقتصادی را بدهد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

همچنین برای یک موتور کوچکتر ، در زمان یکسان ، جریان در حدود ۲۵ درصد کاهش می یابد و کاهش جریان ، تلفات RI^2 را در سیستم توزیع کاهش می دهد و به مراکز بار اجازه می دهد که بدون ظرفیت اضافی خدمت رسانی نمایند .

شکل ۳-۷- نمونه ای از تصمیم گیری های یک آنالیزور را نشان می دهد .

Old Motor	New Motor
Motor # 1	Replace W / EE When Failed
Motor # 2	Downsize / Replace W / EE When Failed
Motor # 3	Immediate Replacement W / EE
Motor # 4	Replace W/Standard or Repair When Failed
Motor #5	Investigate ASD Potential

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل چهارم

WikiPower.ir

استفاده از موتورهای
بیش بازده و پر بازده

امروزه توجه به تجهیزات با بازده انرژی بیشتر و کارایی بالاتر روز به روز بیشتر می گردد . سازندگان معتبر موتورهای الکتریکی دنیا نیز انواع موتورهای با بازده بیشتر را تحت عنوان موتورهای بیش بازده و پر بازده روانه بازار کرده اند . این موتورها تا ۳۰ ٪ تلفات کمتر و تا ۱۰ ٪ بازده بیشتری نسبت به موتورهای استاندارد دارند .

راندمان یا بازده موتورهای الکتریکی :

راندمان یا بازده موتور ، میزان قابلیت الکتروموتور برای تبدیل انرژی الکتریکی به انرژی مکانیکی است . یعنی توان الکتریکی (بر حسب کیلووات) که به ترمینال یا پایانه های ورودی موتور داده مـی شـود ، در خروجی ، انرژی مکانیکی (بر حسب اسب بخار) در محور یا شفت دوار موتور دریافت می شود . بنـابراین فقط قدرت جذب شده توسط الکترو موتور در فرایند تبدیل انرژی الکتریکی به انـرژی مکـانیکی ، باعـث تلفات می شود . طبق تعریف NENA راندمان عبارت است از توان مفید خروجی به کل توان ورودی بـه موتور و معمولاً به صورت درصد بیان می شود :

$$E = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100$$

E : بازده انرژی موتور الکتریکی (KW)

P_{out} : انرژی مکانیکی خروجی (KW)

P_{in} : انرژی الکتریکی ورودی (KW)

به منظور محاسبه صحیح بازده لازم است واحد های فیزیکی توان های ورودی و خروجی با هـم یکسـان باشند .

تلفات موتور برق – انرژی الکتریکی ورودی = انرژی مکانیکی خروجی

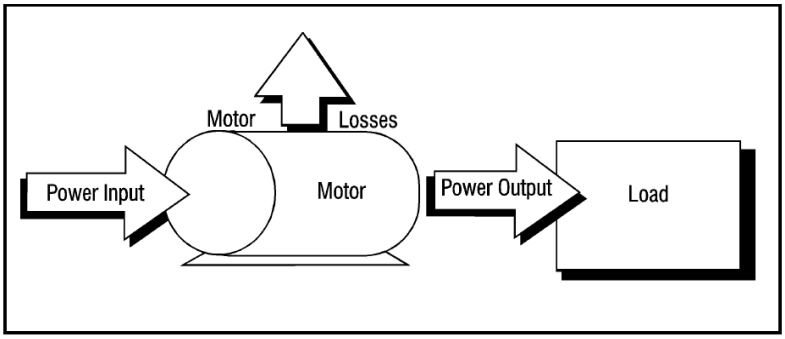
تلفات موتور برق + انرژی مکانیکی خروجی = انرژی الکتریکی ورودی

بنابراین برای کاهش مصرف برق الکتروموتوری بـا انـرژی یـا تـوان مکـانیکی معـین ، مـی بایـد تلفـات الکتروموتور را کاهش داد و بر بازده آن افزود .

برای تعیین بازده نامی موتورهای الکتریکی استانداردهای مختلفی وجود دارد . سازندگان همواره باید در طراحی موتورهای الکتریکی بازده نامی بیشتر یا مساوی مقادیر کمینه ی جدول های استاندارد را در نظر بگیرند . لذا NEMA موتورهای الکتریکی کلاس های A , B , E را تا توان های بیش از ۵۰۰ اسب بخار ، در اندازه های مختلف طراحی نموده تا راندمان ثبت شده بر روی پلاک آن ها حاصل گردد .

به منظور صرفه جویی در مصرف انرژی ، بر روی موتورها آنالیزهای مختلفی انجام می گردد تـا موتورهـا در راندمان ثبت شده بر روی پلاک خود عمل نمایند .

از آنجا که در موتورهای پر قدرت ، حتی یک درصد افزایش راندمان ، سبب افزایش قابل ملاحظـه ای در توان خروجی می شود ؛ لذا موتورهای پرقدرت دارای منحنی بازده – سرعت تخت ، از ۲۵ درصد بار تـا بار کامل می باشد . شکل ۴-۱- بیانگر توزیع توان در موتورهای الکتریکی می باشد .



شکل ۴-۱- نمودار توزیع توان در موتورهای الکتریکی

تعیین راندمان موتورهایی که دارای عمر نسبتاً زیاد بوده ، معمولاً سخت می باشد و همچنین اگر موتور را دوباره سیم پیچی نماییم ، راندمان موتور کمی افت خواهد نمود . لذا در موتور های کوچک زیر ۴۰ اسب بخار باید دو درصد و در موتور پر قدرت تر باید یک درصد از راندمان نسبت به موتور سالم کاست .

برای تخمین زدن راندمان موتور سه مرحله زیر را باید انجام داد :

ابتدا باید بار موتور را از روش های توان ورودی ، جریان یا لغزش بار تعیین نمود .

در مرحله بعد باید راندمان استاندارد باری که تقریباً نزدیک به بار موتور بوده را از روی جدول سازنده پیدا نمود .

در نهایت با یک تجدید نظر در بار تخمین زده شده و راندمان تقریبی به نتیجه کلی رسید .

شیوه تخمین راندمان کامپیوتری:

لابراتوار بین المللی Oak Ridge یک برنامه کامپیوتری به نام ORMEL96 را منتشر نمود تا راندمان و بار موتورهای در حال کار را تخمین بزند .

برای بدست آوردن راندمان و ضریب بار موتور ، تنها اندازه گیری سرعت چرخش روتور و اطلاعات ثبت شده روی پلاک کافی می باشد .

تست دینامومتر ، راندمان را با ۳ درصد اختلاف از مقدار واقعی نشان می دهد . این مقدار برای موتورهای با بار در رنج ۲۵ تا ۱۰۰ درصد از ظرفیت ، معتبر می باشد .

برنامه به کاربر امکان می دهد اطلاعاتی نظیر مقاومت استاتور را ثبت نماید تا دقت راندمان ارائه شده افزایش یابد .

خطا در اندازه گیری تنها سه درصد بوده و برای موتورهای جدید که در شرایط خوبی کار می کنند تنها یک درصد می باشد .

اهمیت توجه به بازده موتورهای الکتریکی :

در ارزیابی مصرف انرژی موتورهای الکتریکی ، بازده نامی یکی از مشخصات آنها به حساب می آید . به طور معمول در مرحله ی طراحی و خرید یک موتور الکتریکی و یا جایگزینی آن ، قیمت خرید و یا موجود بودن موتور به عنوان عامل اصلی انتخاب موتور به شمار می ایند و در بیشتر موارد ، توجهی به بازده آن نمی شود . سازندگان موتورهای الکتریکی نیز در برآورده ساختن نیازهای خریداران ، مبنای کار

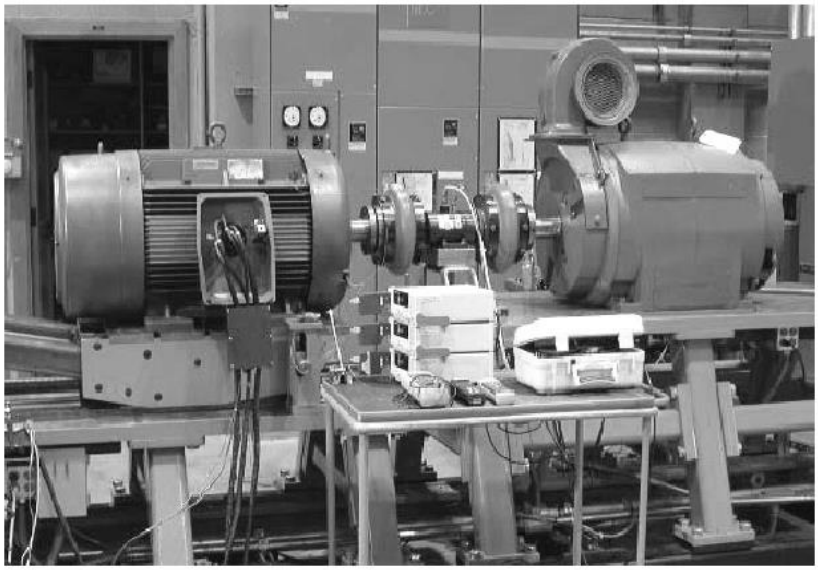
را عوامل فوق در نظر می گیرند و بیشتر در این موارد به رقابت می پردازند . با توجه بـه افـزایش قیمـت انرژی الکتریکی و با در نظر گرفتن سهم قابل توجه دو سومی موتورهای الکتریکی از مصرف انرژی صنایع رفته رفته بازده انرژی مورد توجه بیشتری قرار خواهد گرفت .

با نگاهی دقیق تر به وضعیت قیمت و مصرف انرژی موتورهای الکتریکی و با توجه به مطالعات انجام شده ، می توان دریافت که قیمت خرید موتورهای الکتریکی کمتر از ۲ ٪ از کل هزینه ای را که در طول دوره عمر آن پرداخت می گردد شامل می شود .

اندازه گیری بازده موتورهای الکتریکی :

اندازه گیری بازده نامی در آزمایشگاه :

بازده نامی موتورهای الکتریکی در آزمایشگاه ها با کمک تجهیزات مناسب اندازه گیری می شود . در این اندازه گیری ها روش های ارایه شده در استانداردهای مختلـف ماننـد IEC60034-2 , IEC61972 IEEE112-B و JEC37 مورد استفاده قرار می گیرد . شکل ۴-۲- اندازه گیری بازده یک موتـور ۲۰۰ اسب بخار را در آزمایشگاه به کمک دینامومتر نشان می دهد .



اندازه گیری بازده کاری :

در شرایط کاری که موتورها متفاوت از شرایط نامی ، مانند کم باری ، دمای کاری زیاد ، تغییرات ولتـاژ ، نامتعادلی ولتاژ و هارمونیک های مختلف قرار دارند بازده آن ها نسبت به بازده نامی تغییر مـی کنـد . نمی توان از روش های پیشنهادی آزمایشگاهی برای تعیین بازده در شرایط کاری نیز استفاده کـرد . بـه عنوان مثال نصب و اتصال دینامومتر به موتوری که در حال کار است ، با مشکلات زیادی روبرو است . در این حالت از روش های عملی و مبتنی بر اندازه گیری پارامترهای الکتریکی و سرعت موتور استفاده مـی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گردد . در این روش ها ابتدا مقدار بار موتور بر حسب درصد بار نامی محاسبه می شود و سپس بر اساس رابطه ی بازده موتور محاسبه می گردد :

$$E_w = \frac{P_r \times L_w}{100 \times P_i}$$

E_w : بازده کاری موتور $(\%)$

P_r : توان نامی موتور (KW)

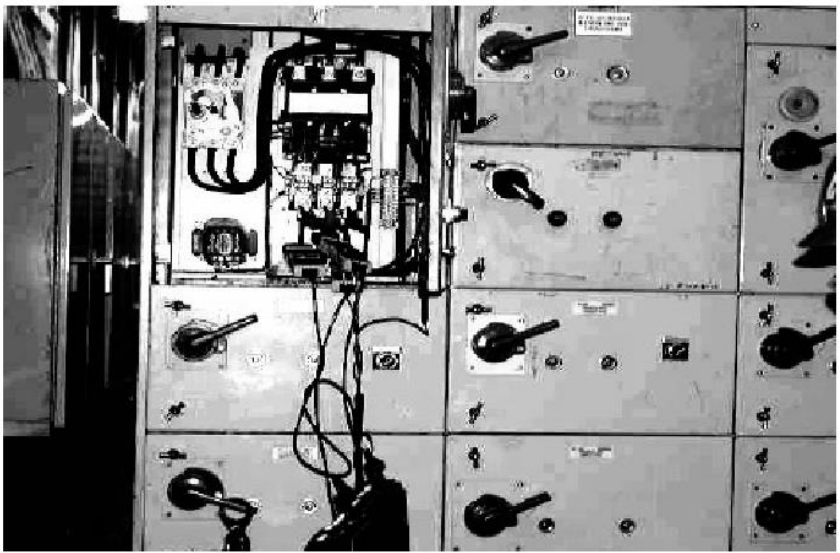
L_w : درصد بار نامی $(\%)$

P_i : توان الکتریکی ورودی (KW)

برای اندازه گیری بازده کاری موتورها ، از دستگاه های اندازه گیری پارامترهای الکتریکی ، مانند ولتمتر ، واتمتر ، آمپرمتر و ... به همراه اتصالات مربوط و دستگاه دورسنج (تاکومتر) استفاده می گردد .

شکل ۴-۳- چند نمونه از دستگاه های اندازه گیری را نشان می دهد .

برای اندازه گیری پارامترهای الکتریکی باید به تابلوی موتور و ترمینال ها و کابل ها و شینه های مورد استفاده برای تغذیه ی موتور دسترسی داشت . شکل ۴-۴- نمایی از دسترسی به تابلوی تغذیه ی موتور اندازه گیری پارامترهای الکتریکی را نشان می دهد . باید دقت نمود که موتورهایی که از راه انداز ستاره مثلث استفاده می نمایند ، پارامترهای الکتریکی مدار اصلی تغذیه و نه مدار داخلی ستاره مثلث ، اندازه گیری گردند .



شکل ۴-۴- نمایی از دسترسی به تابلوی تغذیه ی موتور

روش های اندازه گیری درصد بار نامی موتورهای الکتریکی :

برای مقایسه هزینه های عملکرد یک موتور موجود با یک موتور پر بازده جایگزین ، شما به تعیین ساعت عملکرد موتور ، ارزش افزایش راندمان و بار موتور نیاز دارید . لفظ بار به عنوان یک اصطلاح برای توصیف میزان بار حقیقی موتور در مقایسه با حداکثر بار نامی قابل تامین توسط موتور ، می باشد . بار موتورها را می توان از طریق توان ورودی ، جریان و یا اندازه گیری لغزش محاسبه نمود . در زیر به این روش ها اشاره می کنیم :

۱- روش اندازه گیری توان :

وقتی که اندازه گیری توان به صورت مستقیم امکان پذیر می باشد ، از این روش می توان برای تخمین بار استفاده نمود . با کمک دستگاه های اندازه گیری دستی می توان از طریق فرمول های زیر به بار دستگاه دست یافت :

$$P_I = \frac{\sqrt{3} \times V \times I \times PF}{1000}$$

P_I = توان الکتریکی ورودی سه فاز بر حسب کیلووات

V = ولتاژ RMS

I = جریان RMS

PF = ضریب قدرت

$$P_{IR} = \frac{P_{OR}}{e_{fl}}$$

P_{IR} = توان نامی در بار نامی

P_{OR} = توان ثبت شده روی پلاک موتور

e_{fl} = راندمان بار نامی

$$LOAD = \frac{P_I}{P_{IR}} \times 100\ \%$$

مثال : موتور برق موجود ، ۴۰ اسب بخار و سرعت آن ۱۸۰۰ دور در دقیقه است . عمر موتور برق ۱۲ سال و تاکنون سیم پیچ آن تعویض نشده است . تکنسین ، مقادیر زیر را اندازه گیری نموده است :

$V_{ab} = 476 \ \ (V)$ $\quad I_a = 36 \ (A)$ $\quad PF_a = 0/75$

$V_{bc} = 473 \ \ (V)$ $\quad I_b = 38 \ (A)$ $\quad PF_b = 0/78$

$V_{ca} = 469 \ \ (V)$ $\quad I_c = 37 \ (A)$ $\quad PF_c = 0/76$

اگر راندمان موتور را ۹۵ ٪ در نظر بگیریم بار موتور را اندازه گیری نمایید ؟

حل :

$$V = (476 + 473 + 469) \div 3 = 469/7 \ \ (V)$$

$$I = (36 + 38 + 37) \div 3 = 37 \quad (I)$$

$$PF = (0/75 + 0/78 + 0/76) \div 3 = 0/763$$

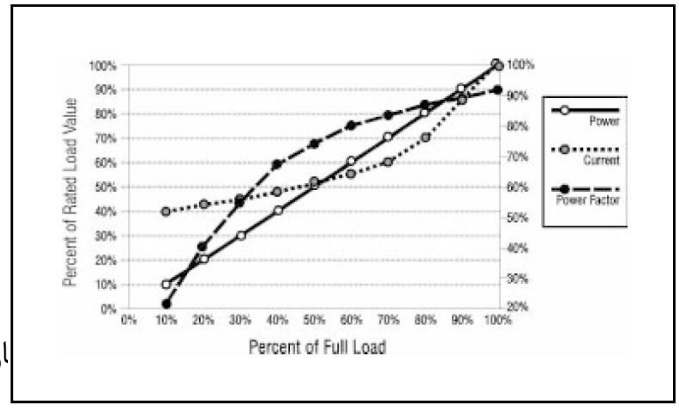
$$\Rightarrow \quad P_i = \frac{469/7 \times 37 \times 0/76 \times 3\sqrt{3}}{1000} = 22/9 \ \ (KW)$$

$$\Rightarrow \quad LOAD = \frac{22/9}{31.39} = 72.9 \ \ \%$$

۲- روش اندازه گیری جریان :

در مواردی که فقط اندازه گیری جریان امکان پذیر می باشد ، این روش مناسب است . جریان کشیده شده توسط موتور تقریباً تا ۵۰ درصد بار نامی به صورت خطی با بار تغییر می یابد . در این ناحیه به سبب جریان مغناطیس کنندگی راکتیو تجهیزات ، ضریب قدرت کاهش می یابد و منحنی جریان به صورت غیر خطی افزایش می یابد . لذا در ناحیه کم باری ، اندازه گیری جریان نماینده خوبی برای تعیین بار نمی باشد .

شکل ۴-۵- بیانگر رابطه بین قدرت ، جریان ، ضریب قدرت با بار موتور می باشد :



ار موتور

به کمک رابطه زیر داریم :

$$LOAD = \frac{I}{I_r} \times \frac{V}{V_r} \times 100 \ \%$$

V, I = جریان و ولتاژ RMS

V_r ، I_r = جریان و ولتاژ ثبت شده روی پلاک موتور

۳- روش اندازه گیری لغزش :

روش تعیین بار یک موتور از روی اندازه گیری لغزش آن از این واقعیت سرچشمه می گیرد که تغییرات لغزش و بار در حالت آیده آل به صورت خطی است . سرعت سنکرون یک موتور القایی ، به فرکانس موتور و تعداد قطب هایی که در موتور سیم پیچی شده است بستگی دارد . در فرکانس های بالاتر ، موتور سرعت بیشتری دارد و با افزایش تعداد قطب ها ، سرعت موتور کاهش می یابد . جدول ۴-۱- نمونه سرعت های سنکرون موتور ها را نشان می دهد .

Poles	60 Hertz
2	3,600
4	1,800
6	1,200
8	900
10	720
12	600

جدول ۴-۱- سرعت موتورهای سنکرون

WikiPower.ir

سرعت واقعی موتور القایی کمتر از سرعت سنکرون بوده و این اختلاف بین سرعت سنکرون و سرعت واقعی به لغزش بستگی دارد . مقدار لغزش متناسب با میزان بار تحمیل شده به موتور توسط تجهیزات راه انداز می باشد . در این روش ابتدا با دستگاه دورسنج ، دور موتور اندازه گیری شده و پس از محاسبه لغزش با کمک رابطه زیر مقدار بار موتور تعیین می گردد .

$$LOAD = \frac{SLIP}{S_S - S_R} \times 100\ \%$$

SLIP = لغزش

S_S = سرعت سنکرون

S_R = سرعت بار کامل ثبت شده در پلاک موتور

مثال :

موتوری دارای سرعت سنکرون ۱۸۰۰ RPM و سرعت بار کامل ۱۷۵۰ RPM می باشد و سرعت اندازه گیری شده آن ۱۷۷۰ دور بر دقیقه بوده و موتور ۲۵ اسب بخار می باشد. بار موتور برابر است با:

$$LOAD = \frac{1800-1770}{1800-1750} \times 100\ \% = 60\ \%$$

لذا بار موتور $HP = 15\ HP$ 25×60 می باشد .

این روش به خاطر سادگی و نتیجه مطمئن بسیار مفید بوده و بسیاری از موتورها طوری ساخته می شوند که امکان وصل کردن تاکومتر به شفت آنها وجود داشته باشد . با همه این مزایا باید دقت نمود که استاندارد NEMA به سازندگان اجازه داده است که در ارائه سرعت بار نامی ۲۰ درصد تلرانس داشته باشند و این یک نکته نگران کننده می باشد .

تعیین بارهای متغییر :

وقتی که بار متغیر می باشد ، شما باید میانگین بار تحمیل شده روی موتور را اندازه گیری کنید . این کار را می توان با مانیتورینگ توان ورودی در یک بازه زمانی بزرگ انجام داد .

وقتی که بار به صورت رندوم نوسان دارد ، دستگاه های اندازه گیری دستی تنها یک نگاه اجمالی از مشخصه بار را نشان می دهد . برای بدست آوردن اطلاعات معتبری از بارهای رندوم شما به دستگاه های ثبت اطلاعات دائم نیازمند می باشید .

مثالی از بارهای متغیر در جدول ۴-۲- آمده است .

WikiPower.ir

نوع بار	نوع استفاده از موتور
ثابت ، اما با تغییرات دمای هوای بیرون ، کمی تغییر می کند	فن های هوای گریز از مرکز
ثابت	Conveyor با بار پیوسته و ثابت
استارت / استپ ، وقتی که در حالت روشن است ثابت می باشد	بویلر تغذیه شده از موتور پمپ آب با کنترل on-off
دو سطح متفاوت بار اما ثابت	موتورهای واحد توان هیدرولیک با کنترل On and Bypass
دو سطح متفاوت بار اما ثابت	کمپرسورهای هوا با کنترل Load/Unload
بار رندوم	کمپرسورهای هوا با کنترل Inlet Valve

جدول ۴-۲- بارهای متغییر

موتورهای بیش بازده و پر بازده :

در خلال سال های ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۵ موتورهای برق ، به ویژه موتورهای در محدوده ۱ تا ۲۵۰ اسب بخار با حداقل هزینه طراحی می شد و مواد موثری ، که در ساخت موتورهای الکتریکی بکار برده می شد همانند ورق استیل ، سیم مسی یا آلومینیومی و آلومینیوم روتور از کمترین رغوبیت برخوردار بود . افزایش بازده موتور نیز با توجه به افزایش دما ، محدودیت هایی داشت .

با تغییر نرخ و تعرفه های برق در سال ۱۹۷۲ دیگر استفاده از الکتروموتورهای کم بازده و پر مصرف و پرتلفات مقرون به صرفه نبود . از سال ۱۹۷۲ تا ۱۹۷۹ بهای انرژی مصرفی سالانه به طور میانگین ۱۱/۵ ٪ افزایش یافت .

از سال ۱۹۷۹ تا کنون ، بهای انرژی مصرفی به طور پیوسته افزایش داشته و به طور متوسط سالانه ۶ ٪ افزایش یافته است . هزینه سالانه برق مصرفی یک الکتروموتور با توان ۱۰ اسب بخار ، با کارکرد ۴۰۰۰ ساعت در سال ، از ۸۵۰ دلار در سال ۱۹۷۲ به ۱۹۵۰ دلار در سال ۱۹۸۰ افزایش یافته و در سال ۱۹۸۹ به بیش از ۲۵۰۰ دلار رسیده است . لذا پس از بحران انرژی دهه هفتاد میلادی در سطح جهان ، سازندگان معتبر موتورهای الکتریکی موتورهای خود را در انواع مختلف استاندارد و با بازده بیشتر تحت عنوان موتورهای بیش بازده و پر بازده تولید می کنند .

هدف اصلی در طراحی این موتورهای الکتریکی ، کمینه سازی تلفات بوده است . تحقیقات گسترده ای که در یکی دو دهه اخیر در زمینه طراحی موتورهای الکتریکی و با هدف افزایش بازده آنها به عمل آمده است ، منجر به کاهش ۳۰ درصدی تلفات موتور و افزایش ۱ تا ۱۰ درصدی در بازده ی موتورها گردیده است .

تقسیم بندی موتورهای برق :

موتورهای برق از نظر بازده به سه دسته زیر تقسیم می شود :

۱- موتورهای استاندارد کم بازده و پر مصرف (SEM) :

یک موتور خوب در بی باری یک سوم جریان را می کشد ، در حالی که موتورهای زیادی وجود دارد که در بی باری تمام جریان را می کشد . از این رو ، در کارخانه هایی مانند سیمان و نساجی که تعداد موتورها بسیار زیاد است ، تلفات الکتریکی زیادی به وجود می آید .

در این موتورها ، با توجه به سیستم تهویه موتورهای الکتریکی و چند فازه و نوع پوسته آن و نیز محدوده وسیع راندمان ، NEMA جدولی را برای این موتورها تنظیم نموده است . در جدول ۴-۳- بازده نامی و توان نامی موتورهای الکتریکی برحسب اسب بخار داده شده است . جدول زیر همانطور که محدوده وسیعی از موتورها را با راندمان های مختلف نشان می دهد ، تلفات و قدرت ورودی موتورها را نیز به دست می دهد . برای مثال یک موتور برق با توان ۱۰ اسب بخار ، می تواند بازدهی در محدوده ۸۱ تا ۸۸ درصد داشته باشد . لذا داریم :

اگر راندمان ۸۱ ٪ باشد :

$$\text{تلفات موتور} = \text{توان الکتریکی ورودی و } \frac{10 \times 746}{0/81} = 9210 \ Watt = 9210 - 7460 = 1750 \ Watt$$

اگر راندمان ۸۸ ٪ باشد :

$$\text{تلفات موتور} = \text{توان الکتریکی ورودی و } \frac{10 \times 746}{0/88} = 8477 \ Watt = 8477 - 7460 = 1017 \ Watt$$

بنابراین ، برای قدرت خروجی یکسان (۱۰ اسب بخار) ، قدرت ورودی موتور می تواند در محدوده ای از ۸۴۷۷ تا ۹۲۱۰ وات تغییر کند .

راندمان نامی به طور میانگین	محدوده راندمان نامی			اسب بخار	راندمان نامی به طور میانگین	محدوده راندمان نامی	اسب بخار
۷۵	۶۸ – ۸۰			۱/۵	۷۳	۶۸ – ۷۸	۱
۸۰	۷۴ – ۸۳			۳	۷۷	۷۲ – ۸۱	۲
۸۴	۸۰ – ۸۷			۷/۵	۸۲	۷۸ – ۸۵	۵
۸۶	۸۳ – ۸۹			۱۵	۸۵	۸۱ – ۸۸	۱۰
۸۸	۸۵ – ۹۰			۲۵	۸۷/۵	۸۴ – ۸۹	۲۰
۸۹/۵	– ۹۱/۵ ۸۷			۴۰	۸۸/۵	– ۹۰/۵ ۸۶	۳۰
۹۰/۵	– ۹۲ ۸۸/۵			۶۰	۹۰	۸۸ – ۹۲	۵۰
۹۱/۵	۹۰ – ۹۳			۱۰۰	۹۱	– ۹۲/۵ ۸۹/۵	۷۵
۹۲/۵	– ۹۳/۵ ۹۱			۱۵۰	۹۲	– ۹۳ ۹۰/۵	۱۲۵
۹۳/۵	– ۹۴/۵ ۹۱/۵			۲۵۰	۹۳	– ۹۴ ۹۱/۵	۲۰۰

جدول ۴-۳- بازده نامی و توان نامی موتورهای الکتریکی برحسب اسب بخار

۲- موتورهای بیش بازده :

یک موتور استاندارد می باید از بازده خوبی (بیش از ۷۰ درصد) برخوردار باشد .

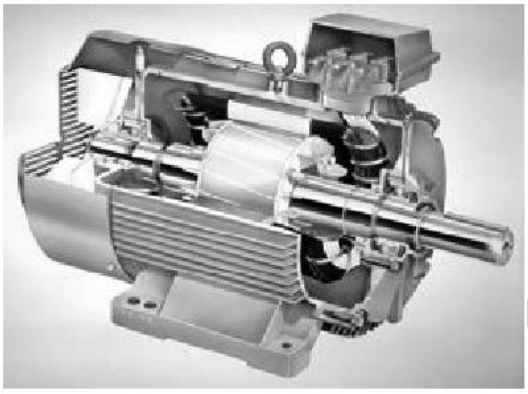
در استاندارد آمریکا این موتورها تحت عنوان Extra – efficiency motors (EEM) شناخته می شوند . وزارت انرژی آمریکا مقرر ساخته که طبق برنامه Epact ، از سال ۱۹۹۷ کلیه موتورهای جدید از ۱ تا ۲۰۰ اسب بخار که برای فروش در آمریکا ساخته می شوند ، باید از نوع بیش بازده انتخاب گردند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در تحقیقی که در آلمان صورت گرفته مشخص شد که پتانسیل صرفه جویی انرژی به میزان ۴۵ درصد انرژی وجود دارد که این مقدار معادل است با ۱۰۰ میلیارد مارک . لذا با جایگزین کردن الکتروموتورهای بیش بازده می توان به میزان ۵۰۰۰۰۰ فرصت شغلی ایجاد کرد . در این تحقیق آمده است که ۴۶ درصد برق مصرفی آلمان مربوط به بخش صنعت است که ۲۸ درصد آن صرف موتورهای برق می شود و هزینه برق الکتروموتورها برابر با ۲۵ میلیارد مارک است .

موتورهای بیش بازده ، نسبت به موتورهای معمولی دارای مس بیشتری بوده و بازدهی بالاتری دارند . به طور کلی این موتورها ۱۵ درصد از موتورهای معمولی گرانتر است که هزینه موتورها پس از حدود ۱۸ ماه مستهلک خواهد شد .

شکل ۴-۶- یک نمونه موتور بیش بازده را نشان می دهد .



WikiPower.ir

شکل ۴-۶- یک موتور بیش بازده

۳- موتورهای پر بازده :

موسسه NEMA ، موتورهای جدیدی را در محدوده ۱ تا ۵۰۰ اسب بخار تحت عنوان Premium – efficiency motors (PEM) با بازده بالاتر از موتورهای بیش بازده معرفی نموده است . تلفات موتورهای الکتریکی پر بازده به میزان ۳۰ درصد از موتورهای الکتریکی استاندارد کمتر است .

در جدول ۴-۴- سطوح بازده این موتورها در کنار موتورهای معمولی و EEM برای استاندارد آمریکا بیان شده است .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موتورهای دو قطب				موتورهای ۴ قطب			
PEM	EEM	SEM	اسب بخار	PEM	EEM	SEM	اسب بخار
۷۷	۷۵/۵	۷۲	۱	۸۵/۵	۸۲/۵	۷۲	۱
۸۴	۸۲/۵	۷۹	۱/۵	۸۶/۵	۸۴	۷۹/۴	۱/۵
۸۵/۵	۸۴	۸۰/۱	۲	۸۶/۵	۸۴	۸۰/۸	۲
۸۶/۵	۸۵/۵	۸۱/۵	۳	۸۹/۵	۸۷/۵	۸۳	۳
۸۸/۵	۸۷/۵	۸۴	۵	۸۹/۵	۸۷/۵	۸۵	۵
۸۹/۵	۸۸/۵	۸۵/۵	۷/۵	۹۱/۷	۸۹/۵	۸۶/۵	۷/۵
۹۰/۲	۸۹/۵	۸۶/۱	۱۰	۹۱/۷	۸۹/۵	۸۷	۱۰
۹۱	۹۰/۲	۸۶/۸	۱۵	۹۲/۴	۹۱	۸۸/۲	۱۵
۹۱	۹۰/۲	۸۷/۸	۲۰	۹۳	۹۱	۸۹/۶	۲۰
۹۱/۷	۹۱	۸۸/۶	۲۵	۹۳/۶	۹۲/۴	۹۰	۲۵
۹۱/۷	۹۱	۸۹/۲	۳۰	۹۳/۶	۹۲/۴	۹۰/۶	۳۰
۹۲/۴	۹۱/۷	۸۹	۴۰	۹۴/۱	۹۳	۹۰/۷	۴۰
۹۳	۹۲/۴	۸۹/۳	۵۰	۹۴/۵	۹۳	۹۱/۶	۵۰
۹۳/۶	۹۳	۹۰/۲	۶۰	۹۵	۹۳/۶	۹۲	۶۰
۹۳/۶	۹۳	۹۱/۲	۷۵	۹۵/۴	۹۴/۱	۹۲/۲	۷۵
۹۴/۱	۹۳/۶	۹۱/۲	۱۰۰	۹۵/۴	۹۴/۵	۹۲/۳	۱۰۰
۹۵	۹۴/۵	۹۱/۷	۱۲۵	۹۵/۴	۹۴/۵	۹۲/۶	۱۲۵
۹۵	۹۴/۵	۹۲/۳	۱۵۰	۹۵/۸	۹۵	۹۳/۳	۱۵۰
۹۵/۴	۹۵	۹۲/۸	۲۰۰	۹۶/۲	۹۵	۹۴/۲	۲۰۰
۹۵/۸		۹۲/۷	۲۵۰	۹۶/۲		۹۳/۸	۲۵۰
۹۵/۸		۹۳/۲	۳۰۰	۹۶/۲		۹۴/۵	۳۰۰
۹۵/۸			۳۵۰	۹۶/۲			۳۵۰
۹۵/۸			۴۰۰	۹۶/۲			۴۰۰
۹۵/۸			۴۵۰	۹۶/۲			۴۵۰
۹۵/۸			۵۰۰	۹۶/۲			۵۰۰

جدول ۴-۴- سطوح بازده موتورهای پربازده ، بیش بازده و معمولی

فن آوری های نوین ساختار موتورهای الکتریکی پر بازده :

۱- هسته فولادی بسیار مرغوب برای کاهش تلفات هیسترزیس :

از بررسی مقایسه تلفات میانگین (در ۱/۵ تسلا و فرکانس ۵۰ هرتز) درجات پلی کور ۴۲۰ و نیوکور استاندارد فولاد برقی غیر سیلیکنی ، آشکار می شود که تلفات پلی کور ۴۲۰ کمتر از تلفات نیوکور با درجات مختلف . در ضمن تراوایی یا پرمابیلیته ، پلی کور ۴۲۰ در ۱/۵ تسلا از تراوایی نیوکور بیشتر است .

۲- استفاده از تیغه های فولادی نازک تر به منظور کاهش تلفات فوکو .

۳- افزایش ضخامت سیم مسی در استاتور ، که باعث کاهش مقاومت سیم پیچ استاتور و صرفه جویی انرژی می شود .

۴- استفاده از استاتور درازتر برای کاهش چگالی مغناطیسی و افزایش ظرفیت خنک سازی ، که در نتیجه تلفات مغناطیسی و بار کاهش می یابد .

۵- استفاده از میله های بلندتر و رینگ های انتهایی برای کاهش تلفات مقاومت روتور .

۶- استفاده از طرح اصلاح شده شیار استاتور به منظور کاهش تلفات مغناطیسی و ایجاد فضایی برای سیم های ضخیم تر .

۷- بهبود جریان هوا بوسیله پروانه یا فن پر بازده .

ویژگی های الکتروموتورهای پربازده :

- بازده این موتورها در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد از بازده موتورهای استاندارد بیشتر است .
- الکتروموتورهای پربازده خنک تر کار می کنند . لرزش و صدای آن ها نیز کمتر است .
- طول عمر یا دوام موتورهای پر بازده نسبت به موتورهای استاندارد بیشتر است .
- عمر عایقی موتورهای پر بازده بیشتر است .
- موتورهای پر بازده به نگهداری کمتری نیاز دارند .
- در برابر اضافه بار ، نسبت به موتورهای استاندارد مقاوم ترند .
- سریعتر از موتورهای استاندارد راه اندازی می شوند و با تلفات بی باری کمتری کار می کنند .
- قیمت موتورهای پر بازده نسبت به موتورهای استاندارد ۱۵ تا ۳۰ درصد گرانتر است .
- باید توجه کرد که جایگزین کردن موتور پر بازده به جای موتور استاندارد ، می تواند مقرون به صرفه نباشد .

موتورهای بیش بازده و پر بازده در اروپا :

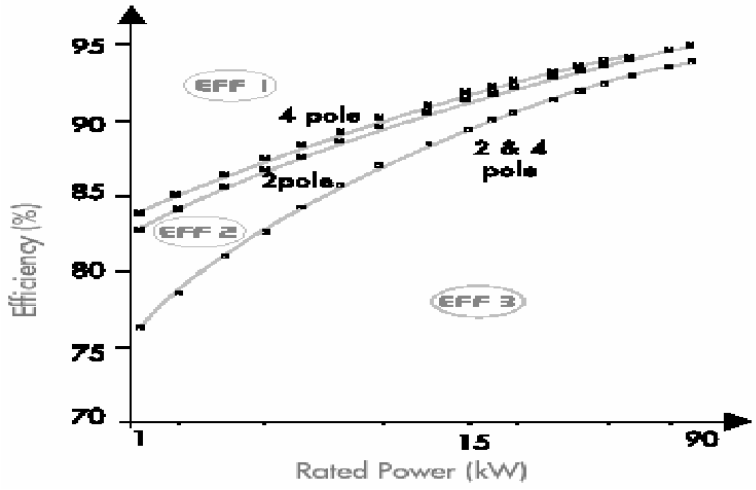
اتحادیه ی اروپا از سال ۱۹۹۸ و به دنبال تصمیم برای استفاده از موتورهای با بازده بیشتر با همکاری کمیته سازندگان ماشین های الکتریکی و الکترونیک قدرت اروپا (CEMEP) موتورهای ولتاژ پایین خود را در محدوده ۱ تا ۹۰ کیلووات را در سه کلاس بازده تقسیم بندی کرده است :

موتورهای Eff3 که همان موتورهای معمولی مورد استفاده هستند . این موتورها تحت عنوان موتورهای استاندارد شناخته می شوند .

موتورهای Eff2 که موتورهایی با بازده بیش از موتورهای استاندارد هستند و تحت عنوان موتورهای بیش بازده شناخته می شوند . تلفات این موتورها به طور معمول ۲۰ درصد کمتر از موتورهای استاندارد می باشد .

موتورهای Eff1 یا همان موتورهای بیش بازده که بیشترین بازده را در بین موتورهای ساخته شده دارند . تلفات این موتورها به طور میانگین ۴۰ درصد کمتر از موتورهای استاندارد است . این موتورها نسبت به دیگر انواع موتورها دارای طول عمر بیشتری هستند .

شکل ۴-۷- و جدول ۴- ۵- مقادیر بازده موتورهای الکتریکی استاندارد ، بیش بازده ، پر بازده اتحادیه اروپا را نشان می دهد .



شکل ۴ ، اتحادیه اروپا

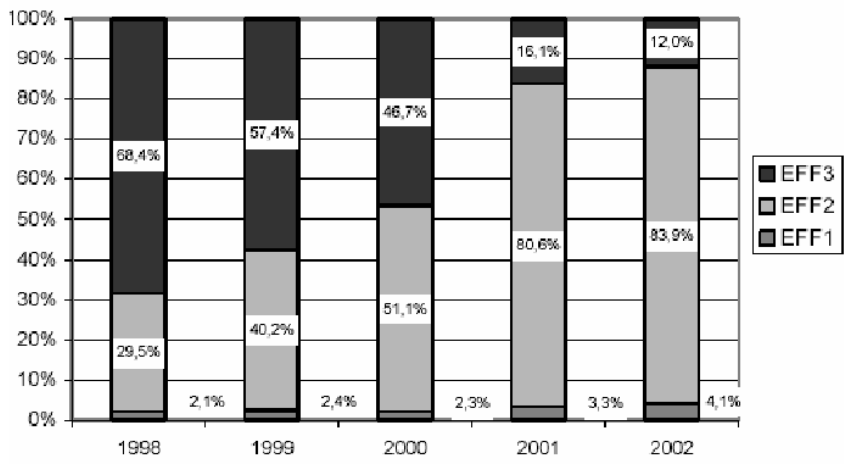
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

موتورهای ۲ قطب				موتورهای ۴ قطب			
Eff۱	Eff۲	Eff۳	kW	Eff۱	Eff۲	Eff۳	kW
>= ۸۲,۸	>= ۷۶,۲	< ۷۶,۲	۱,۱	>= ۸۳,۸	>= ۷۶,۲	< ۷۶,۲	۱,۱
>= ۸۴,۱	>= ۷۸,۵	< ۷۸,۵	۱,۵	>= ۸۵,۰	>= ۷۸,۵	< ۷۸,۵	۱,۵
>= ۸۵,۶	>= ۸۱,۰	< ۸۱,۰	۲,۲	>= ۸۶,۴	>= ۸۱,۰	< ۸۱,۰	۲,۲
>= ۸۶,۷	>= ۸۲,۶	< ۸۲,۶	۳	>= ۸۷,۴	>= ۸۲,۶	< ۸۲,۶	۳
>= ۸۷,۶	>= ۸۴,۲	< ۸۴,۲	۴	>= ۸۸,۳	>= ۸۴,۲	< ۸۴,۲	۴
>= ۸۸,۶	>= ۸۵,۷	< ۸۵,۷	۵,۵	>= ۸۹,۲	>= ۸۵,۷	< ۸۵,۷	۵,۵
>= ۸۹,۵	>= ۸۷,۰	< ۸۷,۰	۷,۵	>= ۹۰,۱	>= ۸۷,۰	< ۸۷,۰	۷,۵
>= ۹۰,۵	>= ۸۸,۴	< ۸۸,۴	۱۱	>= ۹۱,۰	>= ۸۸,۴	< ۸۸,۴	۱۱
>= ۹۱,۳	>= ۸۹,۴	< ۸۹,۴	۱۵	>= ۹۱,۸	>= ۸۹,۴	< ۸۹,۴	۱۵
>= ۹۱,۸	>= ۹۰,۰	< ۹۰,۰	۱۸,۵	>= ۹۲,۲	>= ۹۰,۰	< ۹۰,۰	۱۸,۵
>= ۹۲,۲	>= ۹۰,۵	< ۹۰,۵	۲۲	>= ۹۲,۶	>= ۹۰,۵	< ۹۰,۵	۲۲
>= ۹۲,۹	>= ۹۱,۴	< ۹۱,۴	۳۰	>= ۹۳,۲	>= ۹۱,۴	< ۹۱,۴	۳۰
>= ۹۳,۳	>= ۹۲,۰	< ۹۲,۰	۳۷	>= ۹۳,۶	>= ۹۲,۰	< ۹۲,۰	۳۷
>= ۹۳,۷	>= ۹۲,۵	< ۹۲,۵	۴۵	>= ۹۳,۹	>= ۹۲,۵	< ۹۲,۵	۴۵
>= ۹۴,۰	>= ۹۳,۰	< ۹۳,۰	۵۵	>= ۹۴,۲	>= ۹۳,۰	< ۹۳,۰	۵۵
>= ۹۴,۶	>= ۹۳,۶	< ۹۳,۶	۷۵	>= ۹۴,۷	>= ۹۳,۶	< ۹۳,۶	۷۵
>= ۹۵,۰	>= ۹۳,۹	< ۹۳,۹	۹۰	>= ۹۵,۰	>= ۹۳,۹	< ۹۳,۹	۹۰

WikiPower.ir

جدول ۴-۵- مقادیر بازده موتورهای الکتریکی استاندارد ، بیش بازده ، پر بازده اتحادیه اروپا

با سیاست هایی که این اتحادیه در نظر گرفته است هر ساله به میزان استفاده از موتورهای بیش بازده و پر بازده افزوده می گردد . شکل ۴-۸- وضعیت افزایشی جایگزین کردن موتورهای استاندارد را با موتورهای پر بازده و بیش بازده در سال های ۱۹۹۸ تا ۲۰۰۲ نشان می دهد .



شکل ۴-۸- وضعیت افزایشی جایگزین کردن موتورهای استاندارد با موتورهای پر بازده و بیش بازده

صرفه جویی انرژی در موتورهای الکتریکی بیش بازده و پربازده :

در صورت استفاده از موتورهای الکتریکی با طراحی بهتر که دارای راندمان بالاتری نسبت به موتورهای استاندارد هستند ، صرفه جویی قابل توجهی در مصرف انرژی حاصل خواهد شد . البته رسیدن به بازده موتورهای پربازده نیازمند تحلیلی جامع در مورد کلیه موتورهای موجود است و جایگزینی موتورهای موجود با موتورهای پر بازده به معنی رسیدن به بازده نامی آنها نیست . چرا که به طور مثال ، ممکن است موتور با بار تطابق نداشته باشد که باعث می شود بازده مورد نظر به دست نیآید . به هر حال ، استفاده از موتورهای الکتریکی پر بازده باید در قالب برنامه جامع مدیریت مصرف انرژی الکتریکی ارایه گردد تا بتوان به مقادیر پیش بینی شده ی صرفه جویی دست یافت .

$$ES = EU \times \left[1 - \frac{E_1}{E_2}\right] \quad , \quad EU = \frac{P_r \times L_w \times hr}{E_1}$$

ES = انرژی صرفه جویی شده در یک دوره زمانی (به طور معمول سالانه) (KWh)

EU = انرژی مصرف شده در همان دوره ی زمانی (KWh)

P_r = توان نامی موتور (KW)

L_w = درصد بار نامی

hr = ساعات کارکرد در همان دوره ی زمانی

E_1 = بازده موتور در حال کار (٪)

E_2 = بازده موتور بیش بازده / پر بازده (٪)

به ازای مقادیر صرفه جویی انرژی و با توجه به قیمت انرژی الکتریکی ، می توان صرفه جویی اقتصادی ناشی از بهبود بازده موتورها را از رابطه زیر بدست آورد :

$$RS = ES \times C$$

RS = صرفه جویی اقتصادی (ریال)

ES = صرفه جویی انرژی (KWh)

C = قیمت انرژی (Rls/KWh)

برای انجام محاسبات زمان بازگشت سرمایه از رابطه ی زیر استفاده می کنیم :

$$Pb = \frac{IC}{RS}$$

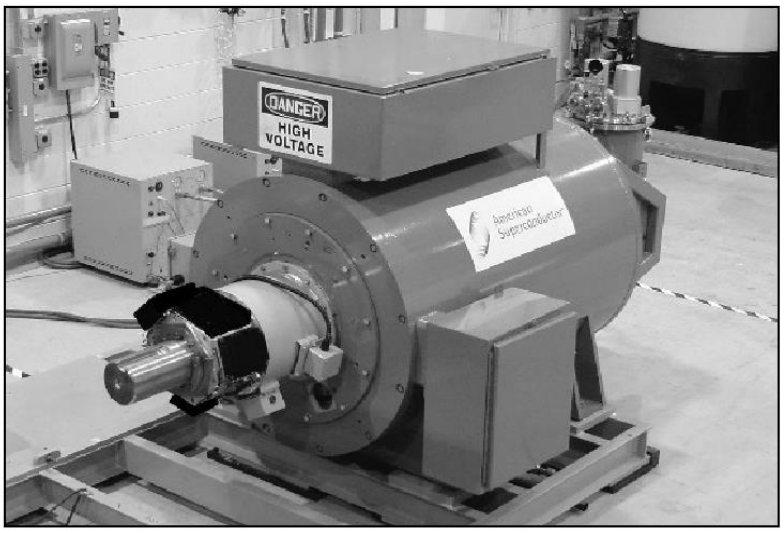
Pb = زمان بازگشت سرمایه (سال)

IC = هزینه ی اضافی جایگزینی سیستم با بازده بالاترشامل هزینه ی خریدو هزینه های جانبی (ریال)

RS = صرفه جویی ریالی در مصرف انرژی (ریال در سال)

نسل جدید موتورهای پر بازده (ابر ماشین های HTS) :

امروزه با توسعه و پیشرفت در زمینه ابررساناها که از اوایل دهه نود میلادی به سرعت صورت گرفته است ، ساخت این مواد با دمای محیطی حدود ۳۵ تا ۴۰ درجه کلوین که هنوز هم دمای پایینی است امکان پذیر شده است که تحت عنوان مواد ابررسانای با دمای بالا و یا HTS شناخته می شوند . این پیشرفت ها امکان ساخت موتورها و ژنراتورهای سنکرون با سیم پیچ های ابررسانای HTS به جای سیم پیچ های مسی متداول را تحت عنوان کلی ابر ماشین یا همان ماشین های HTS را فراهم نموده است . شکل ۴-۹- یک ابر رسانای ۵۰۰۰ اسب بخار را نشان می دهد .



شکل ۴-۹- ابر رسانای ۵۰۰۰ اسب بخار

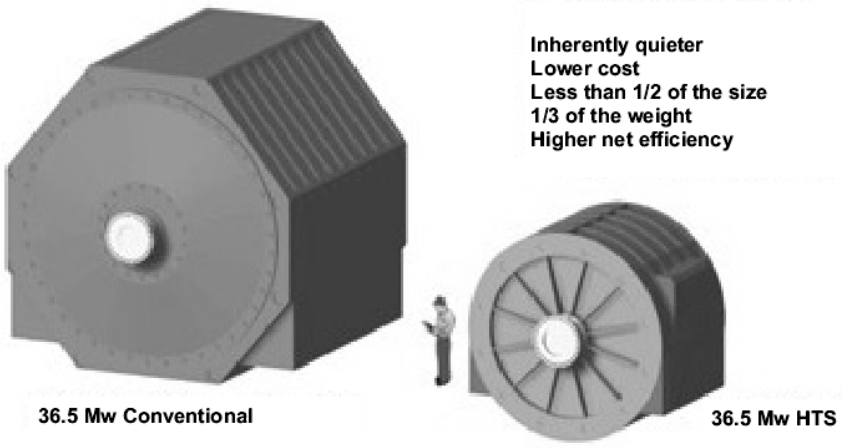
همانگونه که می دانیم ویژگی بارز سیم های ابر رسانا ، مقاومت الکتریکی بسیار پایین آن ها در برابر جریان الکتریکی است که باعث می گردد تلفات اهمی کاهش قابل توجهی یافته و امکان عبور دادن جریان های بالاتر نسبت به سیم های مسی با همان سطح مقطع فراهم آید و بنابراین چگالی توان قابل انتقال از طریق آن سیم افزایش یابد که منجر به کاهش حجم و وزن و افزایش بازده سیستم خواهد شد . این مزیت ها باعث شده که این مواد به عنوان گزینه ی مناسبی جهت ساخت تجهیزات الکتریکی مانند ، کابل ، ترانسفورماتور ، موتور و ژنراتور مورد توجه سازندگان آنها قرار گیرد که پیش بینی می گردد

سهم قابل توجهی از تلفات انرژی الکتریکی در بخش های تولید ، انتقال و توزیع و مصرف در اینده با کاربرد این مواد کاهش یابد .

آنچه قابل ذکر است این است که مواد ابر رسانایHTS امروزه در سیم پیچ های میدانDC در ماشین های الکتریکی سنکرون مورد استفاده قرار می گیرند و در سیم پیچ های استاتور مورد استفاده قرار نمی گیرند .

استفاده از مواد HTS در سیم پیچ های استاتور باعث می گردد که دندانه های هسته استاتور به دلیل میدان شدید مغناطیسی ایجاد شده توسط سیم پیچ های HTS به اشباع روند . به دلیل پایین بودن دمای نگهداری سیم پیچ های HTS که نیاز به خنک سازهای قابل نصب در ماشین با استفاده از گازهایی مانند هلیوم و نیتروژن دارند ، تجهیزات خنک سازی آنها در روتور نصب می گردند . هم اکنون استفاده از مواد ابررسانا در موتورها و ژنراتورهای سنکرون بزرگ (معمولاً بیش از ۱۰۰۰ اسب بخار) دارای توجیه اقتصادی و فنی می باشد و در موتورهای کوچکتر ساخته نمی شوند . موتورهای الکتریکی بزرگ بیش از ۱۰۰۰ اسب بخار حدود ۲۵ ٪ از انرژی الکتریکی تولیدی کشورهای صنعتی را مصرف می نمایند . این موتورها به طور وسیعی در صنایع بزرگ در کمپرسورها ، اکسترودرها ، فن ها ، پمپ ها و ... کاربرد دارند . از جمله کاربردهای قابل توجهی که موتورهای HTS پیدا نموده اند ، استفاده از آنها در صنعت حمل و نقل و به ویژه در موتورهای بزرگ پیشران ناوها و کشتی های تجاری می باشند که باعث کاهش قابل توجه وزن و حجم آنها می گردد . این مزایا باعث شده تا استفاده از آنها در کشتی ها روز به روز گستردگی بیشتری یابد .

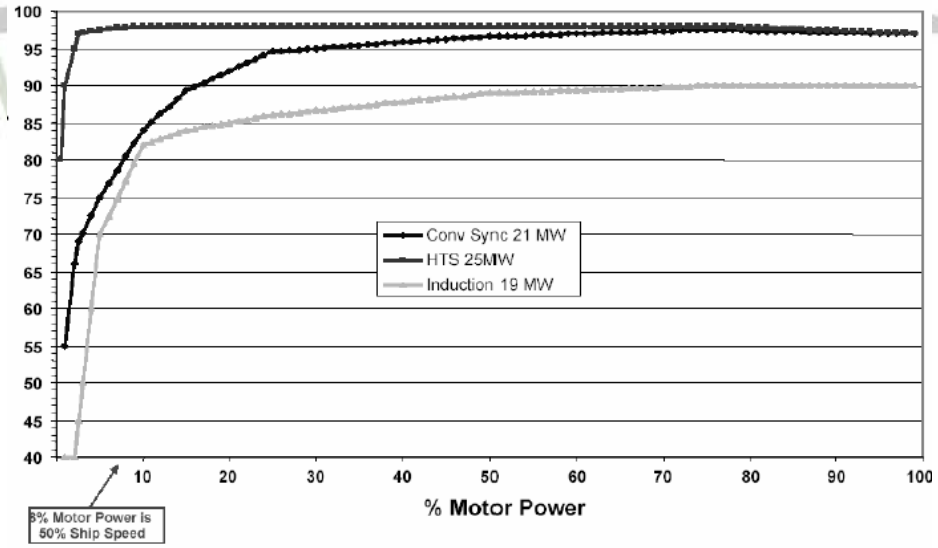
شکل ۴-۱۰- به مقایسه یک موتور معمولی ۵/۳۶ مگاوات و یک موتور ۵/۳۶ مگاوات HTS می پردازد . این موتور دارای قیمت پایین تر ، اندازه کمتر از نصف ، وزن کمتر از یک سوم و بازده بالاتر از موتور مشابه معمولی می باشد .



شکل ۴-۱۰- یک موتور معمولی ۵/۳۶ مگاوات و یک موتور ۵/۳۶ مگاوات HTS

به طور کلی می توان گفت که موتورها و ژنراتورهای سنکرون HTS ، دارای نصف تلفات یک موتور القایی پر بازده با همان توان نامی می باشند . طول این موتورها نصف موتورهای معمولی و قطر آنها نیز حدود دو سوم یک موتور معمولی می باشد . این ماشین ها معمولاً دارای بازده بالاتر از ۹۸/۵ ٪ بوده که در محدوده وسیعی از بارها تا بارهای حدود یک سوم بار نامی تقریباً ثابت می ماند . این موتورها می توانند به همراه دستگاه های کنترل دور (VSD) در سرعت های مورد نیاز به کار گرفته شوند تا بتوان از مزایای کاهش سرعت در سیستم های سیال بهره گرفت .

موتورهای HTS در سرعت نامی ، حدود ۵ ٪ و در سرعت های پایین تر حدود ۱۰ ٪ بازده بهتری نسبت به موتورهای معمولی دارند . شکل ۴-۱۱- به مقایسه بازده یک موتور سنکرون ۲۱ مگاوات ، یک موتور HTS ۲۵ مگاوات و یک موتور القایی ۱۹ مگاوات می پردازد .



شکل ۴-۱۱- مقایسه بازده یک موتور سنکرون۲۱ مگاوات ، یک موتور HTS ۲۵ مگاوات و یک موتور القایی ۱۹ مگاوات

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل پنجم

WikiPower.ir

کاهش سرعت موتورهای الکتریکی

یکی از روش های مهم کاهش مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی ، کاهش سرعت موتورها در بارهایی است که توان آنها با دور بار کاهش می یابد .
از جمله این روش ها می توان به استفاده از دستگاه های کنترل دور ، استفاده از موتورهای چند سرعت و نیز تغییر مشخصات سیستم انتقال اشاره کرد . در ادامه ، این روش ها به عنوان راه کارهای صرفه جویی در مصرف انرژی مورد بررسی قرار می گیرند .

اهمیت توجه به کاهش سرعت موتور :
کنترل سرعت موتورهای الکتریکی در بارهایی که توان آنها با دور بار کاهش می یابد ، به میزان قابل توجهی باعث صرفه جویی در مصرف انرژی می گردد .
گزارش وزارت انرژی امریکا نشان می دهد که می توان فقط با بکارگیری روش کنترل سرعت موتورهای الکتریکی ، در پمپ ها ۶/۲ ٪ ، در فن ها ۰/۳ ٪ و در کمپرسورهای هوا ۰/۴ ٪ از کل مصرف انرژی موتورهای الکتریکی آمریکا را صرفه جویی نمود . به عبارت دیگر استفاده از روش کنترل دور موتورهای الکتریکی ، در سیستم های پمپ وفن وکمپرسورهای هوا در آمریکا ، به تنهایی منجربه صرفه جویی ۳/۳ ٪ از کل مصرف انرژی موتورهای الکتریکی آمریکا می گردد .
در حال حاضر در امریکا دستگاه های کنترل دور فقط به ۹ درصد از موتورها نصب می باشد . به دلیل اینکه بیش از ۹۰ درصد دستگاه های نصب شده بر روی موتورهای کمتر از ۲۰ اسب بخار است ، این موتورها ۴ ٪ از کل انرژی موتورها را مصرف می کنند . این در حالی است که در این کشور نصب این دستگاه ها بر روی موتورهایی که ۱۸ ٪ تا ۲۵ ٪ از کل انرژی مصرفی موتورها را به خود اختصاص می دهند ، برای صرفه جویی در مصرف انرژی توجیه اقتصادی دارد .
همچنین بر اساس مطالعاتی که اتحادیه اروپا انجام داده است از مجموع ۱۸۱ TWh پتانسیل سالیانه صرفه جویی در سیستم های موتور الکتریکی اروپا ، حدود ۴۵ TWh آن را استفاده از دستگاه های کنترل دور موتور به خود اختصاص می دهند .
انواع بارها از نظر توان و سرعت :
همانطورکه می دانیم برای بررسی بارها از نظر وابستگی مصرف انرژی آنها نسبت به تغییر دور، از رابطه زیر بهره می گیریم .

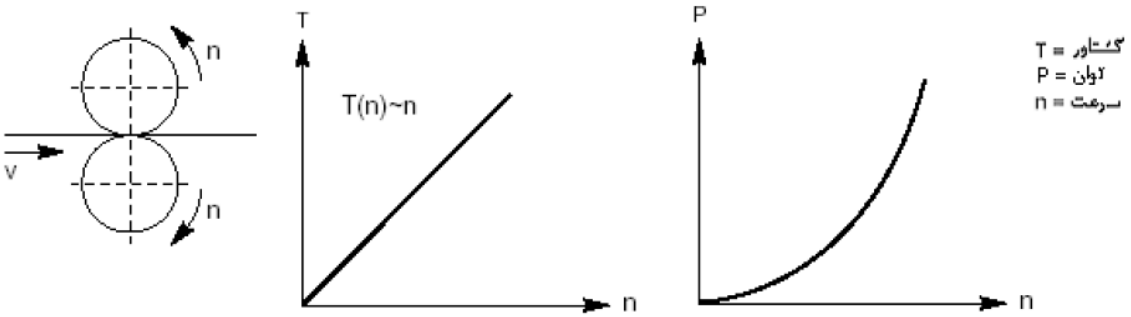
$$P = T \times \omega$$

P = توان مورد نیاز بار T = گشتاور بار $\omega = 2\pi f$ = سرعت بار

از نظر مصرف انرژی ، سه نوع بار بدون توجه به کاربرد آنها مورد توجه قرار می گیرند :
بارهای با گشتاور متغییر ، بارهای با گشتاور ثابت و بارهای با توان ثابت .
۱- بار با گشتاور متغییر :

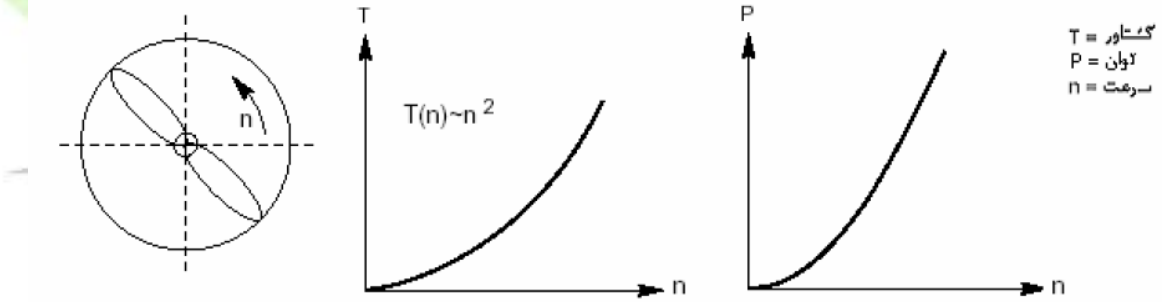
در این نوع بارها تغییر سرعت گردش باعث تغییر گشتاور خواهد شد . مهمترین انواع این بارها عبارتند از :

- بارهایی که گشتاور آنها با دور بار نسبت مستقیم دارند .



شکل ۵-۱- منحنی گشتاورسرعت و توان سرعت برای بارهای که گشتاورانها با دور بار نسبت مستقیم دارد

- بارهایی مانند پمپ و فن سانتریفیوژ که گشتاور آنها با مربع دور بار نسبت مستقیم دارد .



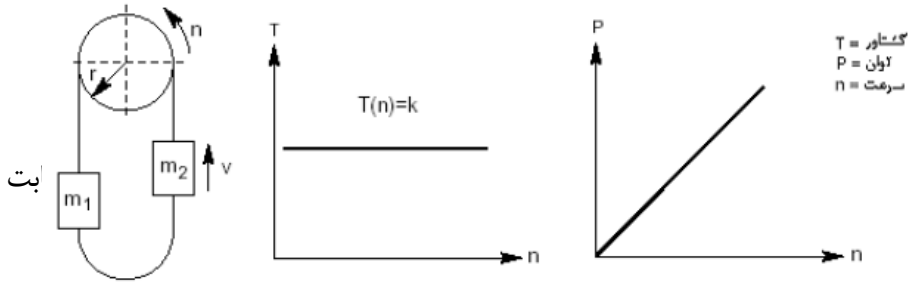
شکل ۵-۲- منحنی گشتاورسرعت و توان سرعت برای بارهای که گشتاورآنها با مربع دور بار نسبت مستقیم دارد

بارهای با گشتاور متغییر بیشترین پتانسیل صرفه جویی را در بین انواع بارها دارا هستند . در میان این نوع از بارها نیز بارهای نوع دوم ، مانند پمپ و فن سانتریفیوژ ، پتانسیل صرفه جویی بیشتری دارند . در این نوع بار ، طبق قوانین افینیتی در سیالات ، گشتاور بار با مربع دور و بنابراین توان مورد نیاز بار با مکعب بار نسبت مستقیم دارد . به عنوان نمونه می توان گفت که با کاهش ۲۰ ٪ در دور بار ، حدود ۵۰ ٪ در توان مورد نیاز و انرژی مصرفی صرفه جویی می گردد .

۲- بار با گشتاور ثابت :

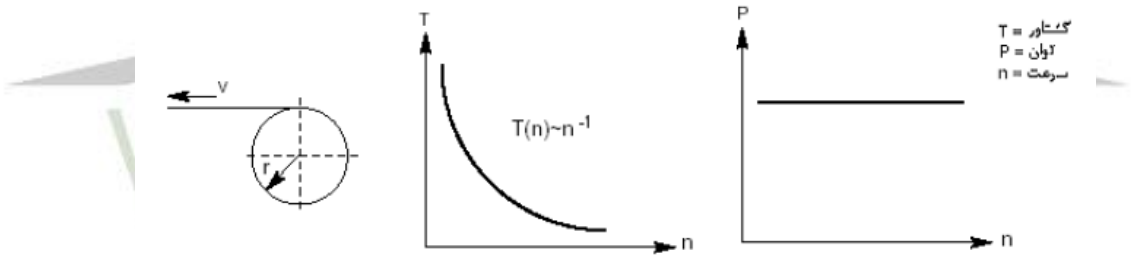
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در کاربردهایی مانند نوارها نقاله ، اکسترودرها ، جرثقیل ها ، میکسرها ، سنگ شکن ها و ... که گشتاور بار ثابت است ، توان مورد نیاز با دور نسبت مستقیم دارد . این مطلب نشان می دهد که میزان صرفه جویی در مصرف انرژی این بارها نسبت به بارهای با گشتاور متغییر کمتر است . با این حال پتانسیل های خوبی برای صرفه جویی با کاهش دور این نوع بارها وجود دارد . در این حالت ، با کاهش ۲۰ ٪ در دور بار ، حدود ۲۰ ٪ در مصرف انرژی و توان مورد نیاز بار صرفه جویی می گردد .



۳- بار با توان ثابت .

در کاربردهایی مانند ماشین ابزارهای مختلف ، با تغییر دور بار تغییری در انرژی مصرفی و توان مورد نیاز بار ایجاد نمی گردد. در این بارها گشتاور با سرعت رابطه معکوس دارد .



شکل ۵-۴- منحنی گشتاورسرعت و توان سرعت برای بارهای با توان ثابت

گشتاور ، لغزش و سرعت موتور :

موتورهای الکتریکی به عنوان چرخاننده بارهای مختلف مورد استفاده قرار می گیرند . نقطه کار یک موتور نقطه ای است که گشتاور و بار یک موتور در آن نقطه با هم برابر می گردند .

سرعت گردش یک موتور القایی همواره مقداری از سرعت گردش میدان الکتریکی (سرعت سنکرون) کمتر است که به این اختلاف سرعت ، لغزش گویند .

روابط زیر سرعت سنکرون و لغزش یک موتور القایی را نشان می دهد :

$$n_s = \frac{120 \times f}{P}$$

$$n_w = n_s - S$$

n_s = سرعت سنکرون موتور (rpm)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

f = فرکانس تغذیه موتور (Hz)

n_w = سرعت کاری موتور (rpm)

S = لغزش موتور (rpm)

روش های مختلف کاهش دور موتور :

با توجه به روابط ارائه شده برای سرعت گردشی موتور می توان یکی از اقدامات زیر را برای کاهش دور یک موتور انجام داد.

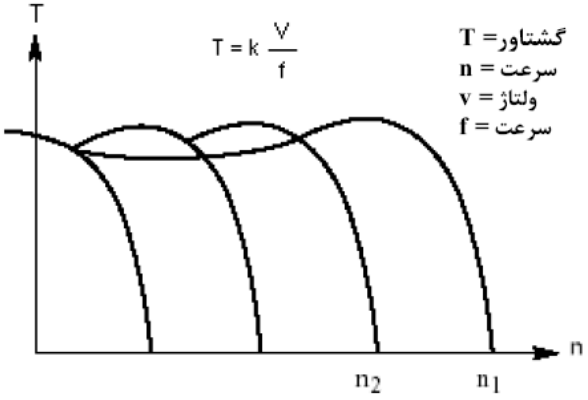
- کاهش فرکانس تغذیه موتور
- افزایش تعداد قطب های موتور
- افزایش لغزش موتور

در حال حاضر ابزارهای موثری برای تغییر دور موتورهای القایی وجود دارد که فرصت های زیادی برای پیشگیری از اتلاف انرژی ایجاد نموده است . بکارگیری این وسایل امتیازات مهم دیگری مانند کاهش سر و صدای دستگاه و افزایش طول عمر آن را ایجاد نموده است .

۱- کاهش فرکانس تغذیه موتور :

می توان با تغییر فرکانس تغذیه یک موتور القایی و بدون افزایش تلفات ، سرعت آن را تغییر داد . سرعت سنکرون موتور با فرکانس نسبت مستقیم دارد و با کاهش فرکانس کاهش می یابد .

از آنجایی که شار و گشتاور موتور با نسبت ولتاژ به فرکانس ثابت است ، برای جلوگیری از تضعیف شار و کاهش گشتاور موتور ، در هنگام تغییر فرکانس ، ولتاژ را نیز کاهش می دهند تا این نسبت ثابت بماند . این کار با استفاده از دستگاه های کنترل دور (ASD) صورت می پذیرد . شکل ۵-۵- تغییرات مشخصه گشتاور - سرعت یک موتور را با تغییر $\frac{V}{f}$ ثابت نشان می دهد .



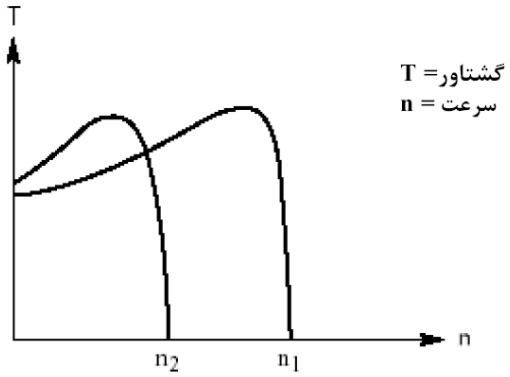
شکل ۵-۵- تغییرات مشخصه گشتاور - سرعت یک موتور با تغییر $\frac{V}{f}$ ثابت

۲- تغییر تعداد قطب های موتور :

با توجه به روابط با افزایش تعداد قطب های یک موتور، سرعت سنکرون آن کاهش می یابدکه در نتیجه ی آن دور موتور نیز کاهش خواهد یافت .

موتورهارا می توان طوری طراحی کردکه تعداد قطب های آن متفاوت باشد . آیده ی تغییر تعداد قطب های یک موتور القایی منجر به ساخت موتورهای چند سرعت (MSM) گردیده است که به عنوان یکی از روش های صرفه جویی در مصرف انرژی در سیستم های موتور الکتریکی در نظر گرفته می شود .

شکل ۵-۶- تغییر منحنی گشتاور – سرعت یک موتور را با تغییر تعداد قطب های آن نشان می دهد .



شکل ۵-۶- بر تعداد قطب های آن

۳- تغییر لغزش موتور :

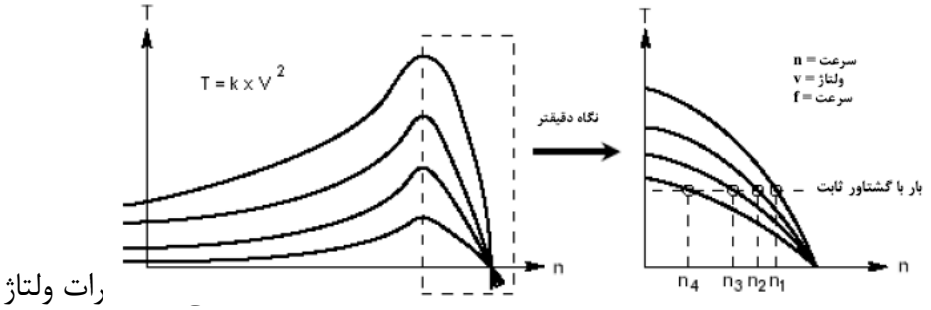
همانطور که گفته شد ، لغزش یک موتور برابر با اختلاف سرعتی است که روتور با سرعت گردش میدان سنکرون دارد . بنابراین یکی از روش های کاهش سرعت ، افزایش لغزش موتور در حالتی است که سرعت سنکرون موتور ثابت می ماند .

روش های مختلفی برای تغییر سرعت موتورهای القایی وجود دارد . روش های مبتنی بر تغییر لغزش منجر به تغییرات سرعت کمتری نسبت به روش های تغییر سرعت سنکرون می گردند . به طور معمول برای تغییر لغزش از سه روش زیر استفاده می گردد :

- تغییر ولتاژ تغذیه موتور
- تغییر مقاومت روتور
- استفاده از کوپلینگ های سری با روتور

۳-۱- تغییر ولتاژ تغذیه موتور :

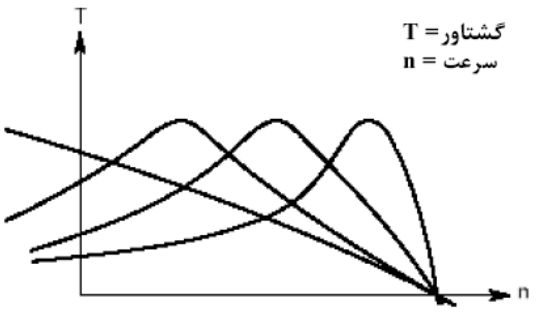
می توان بدون تغییر فرکانس و فقط با تغییر ولتاژ تغذیه موتور ، سرعت آن را کاهش داد .
این موضوع از آنجا ناشی می شود که گشتاور تولیدی موتور با مربع ولتاژ نسبت مستقیم دارد . با کاهش ولتاژ تغذیه موتور مشخصه گشتاور – سرعت به صورتی تغییر می کند که سرعتی که در آن گشتاور ماکزیمم رخ می دهد ، ثابت می ماند . شکل ۵-۷- تغییرات مشخصه گشتاور – سرعت یک موتور القایی را فقط با تغییرات ولتاژ نشان می دهد .



رات ولتاژ

۳-۲- تغییر مقاومت روتور :

در موتورهای القایی سیم پیچی شده ، با تعبیه مقاومت در مدار روتور و تغییر آن می توان سرعت موتور را کنترل کرد . در این حالت افزایش مقاومت که با افزایش تلفات نیز همراه است ، منجر به افزایش لغزش و کاهش سرعت موتور می گردد . شکل ۵-۸- تغییرات مشخصه گشتاور – سرعت یک موتور القایی را با تغییر مقاومت شتاور ماکزیمم ثابت می ماند .



شکل ۵-۸- تغییرات مشخصه گشتاور – سرعت یک موتور القایی با تغییر مقاومت روتور

۳-۳- استفاده از کوپلینگ سری با روتور :

در این روش معمولاً از ماشین های DC یا مدارهای یکسوساز کنترل شونده به جای مقاومت در مدار روتور در موتورهای القایی سیم پیچی شده استفاده می شود . استفاده از ماشین های DC باعث اعمال ولتاژ متغییر اضافی ای به مدار روتور می شود که منجر به تغییر مغناطیس شوندگی و سرعت موتور می

گردد . اگر به جای ماشین DC ، از یکسوساز کنترل شونده در مدار روتور استفاده گردد ، می توان انرژی موتور را بازیافت کرد . این سیستم که به درایوهای SERD معروف است ، در موتورهای بزرگ مورد استفاده قرار می گیرد . ضریب توان پایین و وجود هارمونیک های مرتبه پایین ، از مشکلات استفاده از این سیستم است که با فناوری هایی مانند SPWM می توان بر این مشکلات غلبه کرد . شکل ۵-۹- یک نمونه SERD را نشان می دهد .

شکل ۵-۹- یک نمونه SERD

روش های مختلف کاهش دور بار :

با توجه به وابستگی توان و مصرف انرژی برخی از بارها به دور آنها ، کاهش دور به عنوان یکی از روش های کاهش مصرف انرژی ، در مواردی که از نظر فرایندی مجاز به کاهش دور باشیم مورد نظر قرار می گیرد . از آنجائیکه از موتورهای الکتریکی و به ویژه موتورهای القایی به عنوان گرداننده بارها استفاده می شود کاهش دور موتور به عنوان راهکار اصلی کاهش دور بار در نظر گرفته می شود .

در کنار آن می توان با تغییر مشخصات سیستم انتقال نیرو با ثابت بودن دور موتور ، دور بار را تغییر داد . با توجه به مطالب پیش برای کاهش دور یک بار و صرفه جویی در مصرف انرژی می توان اقدامات زیر را انجام داد :

- ❖ استفاده از دستگاه های کنترل دور موتور (ASD)
- ❖ استفاده از موتورهای چند سرعت (MSM)
- ❖ تغییر مشخصات سیستم انتقال نیرو مانند تغییر قطر پولی تسمه ها و تغییر نسبت جعبه دنده ها

استفاده از روش های اول و دوم باعث می شود دور بار با تغییر دور موتور گرداننده ی آن کاهش یابد . ولی در روش سوم ، دور بار با تغییر نسبت تبدیل انتقال نیرو از موتور به بار تغییر می یابد .

در ادامه به بررسی این روش ها می پردازیم .

- ❖ استفاده از دستگاه های کنترل دور موتور (ASD) :

در فرایندهای صنعتی که سیالات به عنوان عامل فرایند نقش دارد تنظیم دبی توسط شیرهای کنترلی و دریچه های تنظیم کننده دبی گاز یا هوا ، مصرف کننده بخش بزرگی از انرژی الکتریکی موتوری است که پمپ ، کمپرسور یا فن را به کار می اندازد و علیرغم کاهش کار مکانیکی مفید به دلیل تقلیل دبی سیال ، قدرت مصرفی موتور کاهش ناچیزی دارد و مصروف اصطکاک افزایش یافته مسیر عبور سیال می شود . استفاده از درایو الکترونیکی سرعت موتور را تا حدی قرار می دهد که عمل کنترلی دبی بدون شیر و دمپر کنترل کننده انجام شود و از مصرف انرژی بکاهد . متوسط صرفه جویی انرژی در روش تنظیم سرعت بین ۱۵ تا ۳۰ درصد نسبت به استفاده از شیر یا دمپر کنترلی است اما مقدار دقیق آن بسته به نوع کاربرد و میزان کنترل دبی از صفر تا ۵۰ ٪ می رسد .

دستگاه های کنترل دور که به اختصار ASD و در برخی موارد VSD ، VFD ، AFD نامیده می شوند . با تغییر ولتاژ و فرکانس منبع تغذیه به روش الکترونیکی ، دور یک موتور القایی را تغییر می دهند .

این دستگاه ها نخستین بار در دهه ۶۰ میلادی توسعه یافتند و مورد استفاده قرار گرفتند . پس از آن زمان با پیشرفت الکترونیک قدرت تغییرات گسترده ای در فناوری و ساخت آنها به وجود آمده است

در ابتدا این دستگاه ها فقط برای کنترل و تغییر دور موتورها به کار می رفت ولی بعدها مشخص گردید که استفاده از آن ها علاوه بر انعطاف پذیر کردن کنترل فرایند ، منجر به صرفه جویی چشمگیر مصرف انرژی ، به ویژه در بارهای با گشتاور متغییر خواهد شد .

مستقیم ترین روش تغییر دور یک موتور متناوب تغییر فرکانس برق تغذیه آن است و اولین روش تغییر ملایم سرعت در دامنه وسیع استفاده از درایو الکترونیکی متغییر ساز فرکانس (VFD) می باشد .

در خلال دهه ۱۹۸۰ درایو الکترونیک متغییر ساز فرکانس (VFD) برای به حرکت در آوردن انواع بارها با سرعت متغیر پیوسته به عنوان روش مرجع انتخاب شد .

VFD ها با موتورهای معمولی جریان متناوب القایی یا سنکرون به کار برده می شوند . به جای یک مکانیسم تغییر دهنده سرعت بین موتور و بار ، VFD سرعت خود موتور را با تغییر فرکانس جریان تغذیه آن تغییر می دهد . سرعت چرخش یک موتور متناوب وابسته به فرکانس برق تغذیه آن است بنابراین تغییر در فرکانس ، تغییر سرعت موتور را نتیجه می دهد .

کنترل های VFD ولتاژ تغذیه موتور را متناسب با سرعت موتور تنظیم می نمایند . زیرا اگر تناسب ولتاژ به سرعت ثابت بماند گشتاوری با بالاترین بازده تولید خواهد شد .

در حال حاضر سه نوع بزرگ VFD بسته به نوع اینورتر آن ، ساخته می شود :

- ورودی ولتاژ متغییر VVI
- ورودی منبع جریان CSI

- مدولاسیون پهنای پالس PWM

جدول ۵-۱- مشخصات مقایسه ای آنها را خلاصه می کند .

بیشتر سازندگان کارهای توسعه خود را در درایوهای PWM متمرکز کرده اند زیرا تنها این نوع درایو است که می تواند مشابه جریان سینوسی را در موتور ایجاد کند .

تمامی VFD ها متشکل از نیمه هادی های قدرتی سوئیچ کننده هستند که توانایی کنترل جریان را تنها به روش قطع و وصل دارند و در نتیجه جریان متناوبی که برای تغذیه موتورها می سازند یک جریان سینوسی کامل نیست . این جریان تغذیه ، بازدهی موتور را پایین می آورد و علاوه بر آن مشکلات متعددی در موتور و بقیه سیستم الکتریکی از آن ناشی می شود .

	VVI	CSI	PWM
راندمان	بیش از ۹۰٪	بیش از ۹۰٪	بیش از ۹۰٪
نسبت کاهش دور	کمتر	کمتر	بیشتر
ظرفیت قدرتی	کوچکترین	بزرگترین	افزایش یابنده
اندازه فیزیکی	متوسط	بزرگترین	کوچکترین
توانایی رانش چند موتور	نامشخص	به صورت گزینه	نامشخص
توانایی گشتاور راه اندازی	کم	بالا	بالا
توانایی کارکرد موتور با سرعت بالاتر از سرعت فرکانس خط	بله	محدود	بله
تزریق اختلال هارمونیکی به سیستم قدرت	بالا	بالا	کم تا متوسط
جریان داغ کننده موتور	متوسط به بالا	متوسط به بالا	کم تا زیاد
تنش ولتاژی روی موتور	حداقل	متوسط	متوسط به بالا
رزونانس کابل موتور	خیر	خیر	محتمل
نویز شنوایی موتور	حداقل	حداقل	کم تا زیاد
ضریب قدرت	کم تا زیاد	کم تا زیاد	زیاد
حفاظت از پر باری	فوق العاده	نامشخص	فوق العاده
حفاظت از اتصال کوتاه	فوق العاده	نامشخص	فوق العاده
حفاظت از مدار باز	نامشخص	فوق العاده	نامشخص

جدول ۵-۱- مشخصات VVI , CSI , PWM

مزایا و ملاحظات استفاده از دستگاه های کنترل دور :

با استفاده از دستگاه های کنترل دور امروزی که امکانات نرم افزاری قوی ای دارند می توان راه حل های مناسبی برای کاربردهای مختلف صنعتی ارایه نمود . مزایای استفاده از دستگاه های کنترل دور موتور را هم در بهبود بهره وری تولید و هم در صرفه جویی مصرف انرژی می توان به صورت زیر بیان کرد :

۱- صرفه جویی در مصرف انرژی : استفاده از دستگاه های کنترل دور موتور به همراه بارهایی که توان آنها با دور بار متغییر است ، منجر به صرفه جویی های قابل توجهی خواهد شد که علاوه بر پیامدهای اقتصادی ، موجب کاهش آلاینده های محیطی نیز می شود . به عنوان مثال برای کنترل جریان سیال با استفاده از این دستگاه ها به جای استفاده از کنترل های مکانیکی مانند شیرها و دمپرها به طور موثری در مصرف انرژی صرفه جویی می شود .

۲- بهبود کنترل فرایند و کیفیت تولید : با تنظیم دقیق دور موتور و بار بر اساس نیازهای فرایندی ، می توان به افزایش میزان تولید ، کاهش مصرف مواد اولیه ، کاهش ضایعات و بهبود کیفیت تولید دست یافت .

۳- راه اندازی وایست نرم موتور : دستگاه های کنترل دور قادر به راه اندازی و ایست نرم موتور هستند . این ویژگی باعث می شود علاوه بر کاهش تنش های الکتریکی در شبکه از وارد شدن شوک های مکانیکی به بار نیز جلوگیری شود . این شوک های مکانیکی می تواند باعث استهلاک سریع قسمت های مکانیکی، مانند بیرینگ ها وکوپلینگ ها و گیربکس شوند. راه اندازی نرم ، هزینه های نگهداری را کاهش می دهد و به افزایش عمر مفید موتور و بار منجر می شود . جریان کشیده شده از شبکه در هنگام راه اندازی موتور با استفاده از دستگاه ، کمتر از ۱۰ ٪ جریان نامی موتور است .

۴- بهبود ضریب توان سیستم : دستگاه های کنترل دور موتور با استفاده از روش کنترلی مناسب ، ضریب توان سیستم را بهبود می دهند و بنابراین نیاز به تابلوهای خازنی بهبود ضریب قدرت ندارند .

۵- کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری : در صورتی که نیاز بار ایجاب کند ، موتور می تواند با استفاده ازدستگاه های کنترل دور، در دورهای پایین کارکند. کار در دورهای کم منجربه کاهش هزینه های تعمیر و نگهداری بخش های بیرینگها و شیرهای تنظیم کننده و دمپرها خواهد شد .

۶- بهبود محیط و شرایط کاری : یک دستگاه کنترل دور قادر است محدوده تغییرات دور ، گشتاور و توان قابل کنترل را نسبت به سایر روش های مکانیکی تغییر دور ، به میزان قابل توجهی افزایش

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

دهد . به عنوان مثال می توان سرعت خط نقاله را با سرعت کار مجموعه هماهنگ کرد . کاهش دبی سیال و هوا در پمپ ها و فن ها نیز می تواند منجر به کاهش نویز محیط گردد . علاوه بر آن مسایلی چون لرزش و تنش های مکانیکی نیز جلوگیری خواهد شد .

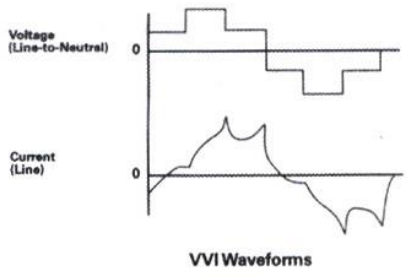
در کنار این مزایا ، باید در استفاده از دستگاه های کنترل دور ، ملاحظاتی را نیز در نظر گرفت . یکی از این ملاحظات افزایش قیمت سیستم بانصب دستگاه هایASD است . برای اطمینان از مناسب بودن نصب این دستگاه ها باید مطالعات اقتصادی مانند تعیین میزان سرمایه گذاری اولیه و محاسبه ی مدت زمان بازگشت سرمایه را انجام داد . مورد دیگر ملاحظات فرایندی برای حصول به فرایندهای صرفه جویی است که در بسیاری از موارد با وجود پتانسیل های صرفه جویی ، به دلیل امکان عدم تغییر دور بار با توجه به نیازهای فرایند ، نمی توان این پتانسیل ها را کسب کرد . از دیگر ملاحظات استفاده از این سیستم ، می توان به اثرات هارمونیکی این دستگاه اشاره کرد . شکل موج خروجی دستگاه ترکیبی از پالس های DC با دامنه ی ثابت است . این موضوع سبب می شود که دستگاه باعث اختلالاتی در کار موتور شود . برای مثال ، کیفیت شکل موج خروجی دستگاه می تواند سبب اتلاف حرارتی اضافی ناشی از مولفه های هارمونیکی فرکانس بالا در موتور شود یا موجب نوسانات گشتاور در موتور گردد . با این حال ، دستگاه های جدیدتر با استفاده از فیلترهای مناسب این نوع مشکلات را کاهش داده و یا حذف کرده اند .

اختلال در شکل موج :

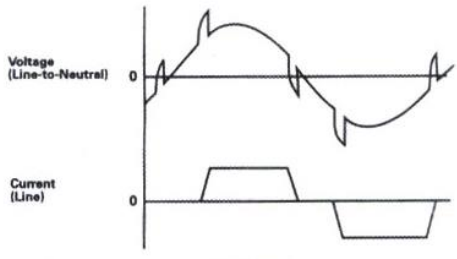
VFD ها می توانند مسایل مختلف الکتریکی را برای موتورها و سیستم برق تغذیه ایجاد کنند.

مسایلی که در موتور ایجاد می شود به دلیل این است که شکل موج ورودی سینوسی نیست در حالی که موتور برای تغذیه با ولتاژ ورودی صاف طراحی می شود . وقتی ولتاژ سینوسی صافی موتور را تغذیه کند جریان تولیدی در سیم پیچ ها نیز دارای شکل سینوسی مطلوبی است . اما وقتی شکل موج ولتاژ ورودی نامنظم شود جریان حاصله در موتور شکل موج ولتاژ را دنبال نخواهد کرد .

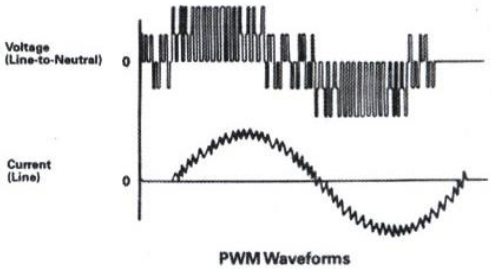
هر کدام از سه نوع VFD دارای شکل موج ولتاژ و جریانی کاملاً متفاوت دارد که در زیر آمده است



VVI Waveforms



CSI Waveforms



PWM Waveforms

شکل ۵-۱۰- شکل موج ولتاژ و جریان انواع VFD ها

شکل موج غیر سینوسی جریان ، سبب می شود که شکل موج قدرت در سیستم مختل شده و هم این که تجهیزاتی که تغذیه خود را از این منبع می گیرند دچار اختلال شوند .

در موتورها منظور از اختلال شکل موج ، اختلال در شکل موج جریان خروجی (به سوی موتور) مورد نظر است. زیرا شکل موج جریان در سیم پیچ های موتوراست که کار مفید تولیدی بوسیله موتور راتعیین می کند و نیز عامل اصلی در مقدار تلفات حرارتی شکل موج جریان می باشد .

باید توجه داشت که جریان سینوسی تنها توسط یک موج ولتاژ سینوسی ایجاد نمی گردد بلکه می توان با یک سری پالس های ولتاژی با زمان و دامنه پالس مناسب نیز شکل موج جریان قابل قبولی ایجاد نمود .

از نظر سیستم قدرت ، اختلال در شکل موج ولتاژ ورودی اهمیت اول را دارد زیرا ولتاژ آن چیزی است که سایر دستگاه ها می بینند. این اختلال اغلب به نام کیفیت برق(Power quality) نامیده می شود .

اختلال در شکل موج جریان ورودی به سیستم قدرت می تواند در بعضی خصوصیات سیستم مانند ضریب قدرت تاثیر نامطلوب بنماید .

تحلیل هارمونیکی اختلال در شکل موج :

ما می توانیم هر شکل موجی را به صورت ترکیبی از امواج کاملاً سینوسی که هر کدام ضریب ی از فرکانس موج اصلی است بنویسیم . هر کدام از این ضرایب ، هارمونیک نامیده می شوند .

مثلاً هارمونیک های خط ۵۰ هرتز عبارتند از ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ... . لذا ازاین موضوع برای تحلیل اختلال در شکل موج در سیستم های قدرت بکار گرفته شده و آن را اصطلاحاً اختلال هارمونیکی نامیده اند .

اگر فرکانس هارمونیک به تنهایی و در محدوده باریکی در نظر گرفته شود مسایل خاصی ایجاد می کند و در بیشتر موارد مطلوب تر آن است که جمع کل اختلال هارمونیکی (THD) ملحوظ شود .

THD اختلال کلی شکل موج ناشی از همه هارمونیک ها می باشد که به صورت درصدی از کل جریان هارمونیکی در مقایسه با جریان فرکانس اصلی محاسبه می شود .

ضریب اختلال روش دیگر اندازه گیری اختلال کلی هارمونیکی است که به صورت درصدی از جریان موج اصلی نسبت به کل جریان بیان می شود .

هر انحرافی از موج سینوسی اصلی در اصل باید اختلال هارمونیکی نامیده شود . لذا این اصطلاح برای انواعی از اختلال که تغییر بزرگی در شکل موج ایجاد کند بکار می رود . انواع دیگری از اختلال ، مثلاً نقاط تیز در شکل جریان می تواند خرابی های جدی را ایجاد کند هر چند که نسبت به THD مقدار کمی داشته باشد .

انواع اختلال حاصله از VFD :

اختلال در بخش یکسوساز و بخش اینورتر ایجاد می شود .

اختلالی که در بخش یکسوساز ایجاد می شود ، مساله ای است که عمدتاً اختلال را به سیستم قدرت باز می گرداند .

اختلال ایجاد شده در اینورتر در جهت موتور و مدار موتور قوی ترین اثر خود را ظاهر می کند .

در درایوهای PWM و VVI ، فیلتر مابین بخش یکسوساز و بخش اینورتر ، اختلال حاصله از یکسوساز را از انتقال به موتور جلوگیری می کند و اختلال حاصله از اینورتر را از انتقال به سیستم برق ورودی باز می دارد . تغییرات در طراحی درایو ممکن است انواع اختلال هایی را که در درایوهای معمولی تولید می شود قویاً کم کند و ممکن است شکل های غیر منتظره ای از اختلال را به ظهور برساند .

راه استانداردی برای دسته بندی انواع اختلالات حاصله از VFD ها وجود ندارد . تقریباً هر اختلال حاصله از VFD می تواند به عنوان اختلال هارمونیکی ملاحظه شود اما اختلال هارمونیکی چیزی را مشخص نمی کند .

تقسیم بندی زیر انواع اختلال های تولید شده به وسیله درایوهای متفاوت را مشخص می کند :

۱- هارمونیک های فرکانس خط :

اختلال هارمونیکی در سیستم قدرت آنگاه اتفاق می افتد که درایو جریانی بکشد که با ولتاژ هم خوانی نداشته باشد . در درایوهای نوع PWM و VVI اختلال هارمونیکی برق ورودی ابتدائاً به دلیل عمل بخش یکسوساز است .

بخش یکسوساز ، سنکرون با جریان ورودی عمل می کند بنابراین هارمونیک هایی از فرکانس برق ورودی تولید می کند . ضمناً عمل یکسوسازی تنها هارمونیک های فردی را تولید می کند که بخش پذیر بر ۳ نباشند یعنی هارمونیک های پنجم و هفتم و یازدهم الی آخر .

هارمونیک ها از نظر مقدار با افزایش عدد هارمونیک کوچک تر می شوند . در نتیجه این نوع اختلال هارمونیکی در فرکانس پایین مساله ساز است . خوشبختانه یکسوسازها اختلال هارمونیک سوم زیادی

ایجاد نمی کنند و هارمونیک های سوم خصوصاً در سیستم های قدرت سه فازه به دلیل جریان برگشتی بزرگی که در سیم نوتر ایجاد می کند مساله ساز است .

مقدار THD در صورت عملکرد یکسوساز به صورت پله ای می تواند کاهش زیادی پیدا کند .

در بعضی از جدیدترین درایوهای PWM اختلال هارمونیکی را با افزایش پله های ولتاژ به سطوح پایین رسانده اند .

۲- هارمونیک های فرکانس موتور :

اختلال هارمونیکی در شکل موج خروجی VFD ابتدائاً توسط عمل قطع و وصل ناگهانی در اینورتر به وجود می آید و این به صورت سنکرون با سرعت موتور است و هارمونیک هایی از فرکانس موتور را ایجاد می کند .

بنابراین چنین اختلال هارمونیکی مساله فرکانس پایین می باشد .

هارمونیک های بزرگ با فرکانس پایین تنها در CSI و VVI تولید می شود که پالس های بزرگی از جریان و ولتاژ را تحویل می دهند .

۳- هارمونیک های فرکانس اینورتر در PWM :

اینورتر درایوهای PWM جدید پالس های ولتاژی با فرکانس ثابت تولید می کند که از ۱۰۰۰ تا ۱۲۰۰۰ هرتز در مدل های مختلف متفاوت است . تعداد پالس ها می تواند هارمونیک های قابل ملاحظه ای با فرکانس بالای ۱۰۰ برابر فرکانس پالس تولید کند .

اخیراً کشف شده که پالس های فرکانس پایین در درایوهای PWM اصلی ، نویز شنوایی زیادی در موتورها ایجاد می کند . لذا فرکانس همه پالس ها را به منطقه بالای حد شنوایی فرستاده اند . این امر سبب ایجاد نویز الکتریکی تشعشعی شده و در کابل های موتور امواج ساکن ایجاد می کند. علاوه بر آن هارمونیک های PWM همراه با تنش ولتاژی است که پدیده ای است به سختی قابل تشخیص و باعث شکست در عایق موتورها می شود .

انتقال فاز ولتاژ – جریان :

اگر در یکسوساز از SCR یا تریستور استفاده شده باشد جریانی که از سیستم قدرت کشیده می شود با افت بار موتور کاهش می یابد . این پدیده باعث عقب افتادن متوسط جریان ورودی از ولتاژ ورودی خواهد شد .

این انتقال فاز با تاخیر فاز ضریب قدرت که در موتورهای القایی ایجاد می شود کاملاً متفاوت است . لـذا همان تاثیر را در کاهش ضریب قدرت حاصله از سیستم درایو دارد .
یکسوسازهای دیودی ، انتقال فاز قابل توجهی بین جریان و ولتاژ ورودی تولید نمی کند .

مسایل مرتبط با شکل موج ها و راه حل آنها :

۱- داغی موتور و اتلاف انرژی :

عمدتاً طراحی موتورها بر مبنای کار با ولتاژ سینوسی با فرکانس خط انجام می شـود . بخـش بزرگـی از جریان هارمونیکی خروجی از VFD نمی تواند قدرت مفیدی در موتور تولید کنـد . بنـابراین انـرژی غیـر مفید جریان هارمونیکی به حرارت تبدیل شده و دمای موتور را افزایش می دهد . برای رفع این مشکل از درایو PWM که جریانی نزدیک به سینوسی دارد استفاده می شود . و یا از اینورترهایی که پله های زیاد دارد استفاده نمود .

۲- تخریب عایقی موتور با درایو PWM :

موتورهایی که با درایو PWM کار می کنند در معرض نوعی از تخریب عایقی به نام تنش ولتاژ قرار دارند . این معزل را می توان با انتخاب موتوری که عایقی با کیفیت بالاتری داشته باشد به حـداقل رسـاند . راه حل دیگر نصب محدود ساز ولتاژ بین درایو و موتور است . این محدود کننده ، هر ولتاژی را در ورودی به موتور که بیش از حد مشخصی باشد حذف می کند .
راه حل دیگر ، نصب فیلتر بین درایو و موتور می باشد که نقاط تیز ولتاژی را کاهش می دهد .

۳- تشدیدهای مکانیکی :

پله های نامنظم جریان در موتوری که خصوصاً با درایوهای CSI و VVI کار می کند پالس های گشتاوری در موتور ایجاد می کند . اگر ارتعاشات موتور با فرکانس تشدید دستگاه هم خوان شود تشـدید مکـانیکی حاصل می شود که ممکن است به حدی برسد که نویز ایجاد نموده ، ارتعاش قابل توجـه تولیـد کنـد یـا تجهیزات را تخریب کند .
بهترین راه حل انتخاب درایوی است که شکل موج جریان نسبتاً صافی داشته باشد .
راه حل دیگر نصب کوپلینگ ارتعاش گیر بین موتور و تجهیزات بعدی است .
راه حل سوم تغییر در تجهیزات است به نحوی که در اثر ارتعاش حاصل از درایو دچار تشدید نشود .

۴- نویز شنوایی موتور با درایوهای PWM :

بعضی درایوهای PWM موتور را سر و صدا دار می کنند . نویز در اثر پالس های ولتاژی حاصل می شود زیرا فرکانس پالس ها در حدی بالا است که در ورقه های فولادی مدار مغناطیسی موتور ارتعاش القا می کند .

با توجه به پهن بودن طیف فرکانس پالس ها هر روزنانس بالقوه ای احتمال دارد که اتفاق افتد .

ادعا می شود در درایوهای PWM که از ترانزیستورهای IGBT استفاده می شود نویز شنوایی کاهش می یابد .

یکی از راه حل های رفع این مشکل ، افزایش فرکانس پالس ها در اینورتر است . به عبارتی نویز تولید می شود اما فرکانس آن بیش از آن است که شنیده شود .

۵- زیاد نشان دادن دستگاه های سنجشی قدرت القایی :

در گزارشات آمده است که هارمونیک های تزریقی ناشی از VFD در سیستم برق قدرت دستگاه های سنجشی را تندتر می کند و مشتریان به شرکت برق پول بیشتری می پردازند .

فواید درایوهای متغییر ساز فرکانس :

۱- راندمان بالا :

برای خود درایوها بازدهی مورد ادعا در بار کامل بالاتر از ۹۵ ٪ می باشد . با افت سرعت ، بازدهی کاهش می یابد اما مقدار آن نسبت به نوع و مدل درایو و ناکامل بودن بار بسیار متفاوت است . وقتی که یک موتور با درایو VFD کار می کند مقداری انرژی بیشتر به صورت گرما تلف می کند زیرا شکل موج قدرت که به وسیله درایو ایجاد می شود تکرار خوبی از موج سینوسی نیست . لذا مقدار تلف انرژی به مقدار کاهش سرعت و مقدار بار موتور بستگی دارد .

۲- بزرگی نسبت کاهش دور :

برای دستگاه هایی که با موتورهای القایی کار می کنند VFD ها بهترین نسبت کاهش دور را عرضه کرده اند . انواع قدیمی تر این نسبت را حداقل به ۱ : ۱۰ رسانده اند و بهترین مدل های جدید توانایی رسیدن به سرعتی نزدیک به صفر را ایجاد کرده اند .

۳- سهولت نصب در دستگاه های جدید :

اغلب می توان از یک VFD بدون تغییر در تاسیسات مکانیکی موجود جهت بهسازی استفاده کرد . بخش های برقی درایو در تابلویی جا می گیرد که اندازه آن متناسب با اندازه موتور است .

۴- تعمیر و نگهداری پایین و کم :

در این درایوها تنش مکانیکی وجود ندارد و قطعات متحرک بجز شستی های فشاری ندارند .

قابلیت اعتماد الکتریکی VFD ها تا حدی بهبود یافته که خرابی های الکتریکی به ندرت در آن دیده می شود و تعمیرات با جابجایی آسان بخش ها خراب انجام می شود .

محدودیت های استفاده از درایوهای متغییر ساز فرکانس :

۱- محدودیت کاربرد در موتورهایی که نیازمند به گشتاور بالا در سرعت کم دارد :

گشتاور نیاز به جریان دارد و جریان موتور را گرم می کند . بدین ترتیب موتورهای AC معمولی توانایی خلاصی از حرارت را در موقعی که سرعت کاهش می یابد از دست می دهد و این یک محدودیت برای موتور است نه برای درایو . برای رفع این مشکل می توان کارهای زیر را انجام داد :

- موتوری انتخاب نمود که خاصه برای گشتاور ماکزیمم در سرعت پایین ساخته شده است . چنین موتورهایی می تواند گشتاور بار کامل را تا سرعت صفر نگهدارد و لذا برای کاربردهای گشتاور ثابت می توان به کار برد ولی برای کاربرد توان ثابت نمی توان استفاده کرد زیرا قدرت به طور معکوس متناسب با سرعت است .
- موتورهایی انتخاب کنیم که برای محیط های با دمای بالا ساخته شده اند .
- موتورهایی استفاده کنیم که ضریب کار بالایی داشته باشد . ضریب کار بالاترین درصدی از بار کامل است که در آن یک موتور در شرایط تست استاندارد بدون داغ شدن به طور دائم کار کند .
- از موتورهای راندمان بالا استفاده شود . این موتورها مقاومت سیم پیچ کوچکتر و بازدهی مغناطیسی بهتری دارند لذا به ازای مقدار معین حرارت تولیدی جریان بیشتری می کشد و گشتاور بالاتری تولید می کند .
- از موتورهای با ظرفیت بالاتر استفاده شود .
- موتور را از بیرون خنک نمود . مثلاً یک فن نصب نمود که هوا را به موتور بدمد .
- یک موتور باز به جای موتور بسته جایگزین نمود .
- از یک VFD با مینیمم داغ سازی موتور استفاده شود .
- حداقل سرعت را حفظ نماییم . مثلاً اگر در استفاده یک حداقل سرعت وجود دارد ، VFD طوری تنظیم شود که سرعت موتور را پایین تر از حداقل نبرد .

۲- محدودیت های خنک سازی موتور :

در روتور و استاتور موتورها گرما تولید می شود که گرمای تولیدی استاتور به جریان موتور وابسته بوده و گرمای روتور به جریان استاتور و درصد لغزش روتور وابسته است . روتور دارای پره هایی در انتهای خود است که مانند یک فن گریز از مرکز عمل می کند . در موتورهای باز این فن هوای خنک را از میان موتور عبور داده و استاتور و روتور را خنک می کند ولی در موتورهای بسته فن ، حرارت را

به سطح پوسته خارجی هدایت می کند . خیلی از موتورها یک فن نصب شده در قسمت بیرونی محور دارند که هوا را به سطح خارجی پوسته موتور می دمد . وقتی که سرعت موتور توسط VFD کم می شود فن های داخلی و خارجی هوای کمتری را چرخش می دهند .

۳- ظرفیت موتور برای کار در سرعت متغییر :

موتورهای القایی برای کار در سرعت ثابت طراحی شده اند و VFD ها حالتی از کارکرد موتور را نیز دارند که موتور برای آن طراحی نشده است .

۴- محدودیت اندازه و قیمت :

قیمت VFD برای موتورهای با ظرفیت پایین بالا بوده به طوری که قیمت بالا بوده به طوری که قیمت VFD بزرگ بین ۵۰ تا ۲۰۰ دلار بر اسب بخار و قیمت VFD کوچک ۱۰۰ تا ۴۰۰ دلار بر اسب بخار می باشد .

اصول کار ASD و ساختمان آن :

ساختمان یک ASD معمولاً از چهار بخش تشکیل شده است :

۱- بخش یکسوساز :

این بخش ولتاژ AC منبع تغذیه را یکسو می کند و به ولتاژ DC تبدیل می نماید . به طور کلی در یکسوسازها از دیودها و یا تریستورها و یا ترکیبی از آنها استفاده می شود . یکسوسازها در دو نوع معمولی و کنترل شونده ساخته می شود .

۲- بخش واسط :

مدار واسط ، بخش DC دستگاه ASD را تشکیل می دهد که به آن لینک DC نیز گفته می شود . این بخش در دستگاه های مختلف ، انواع مختلفی دارد . یک نوع آن ، ولتاژ خروجی یکسوساز را به جریان DC تبدیل می کند و به عنوان منبع جریان عمل می نماید . انواع دیگری از آنها به کمک مدارهای مناسب ، ولتاژ خروجی یکسوساز را تثبیت و یا آن را به یک مقدار متغییر تبدیل کرده به اینورتر ارسال می کند .

۳- بخش اینورتر :

این بخش با توجه به ولتاژ و جریان DC دریافت شده از بخش واسط ، براساس شرایط کاری تنظیم شده توسط بخش کنترل ، تغذیه ای AC با ولتاژ و فرکانس مناسب برای موتور فراهم می آورد . بخش

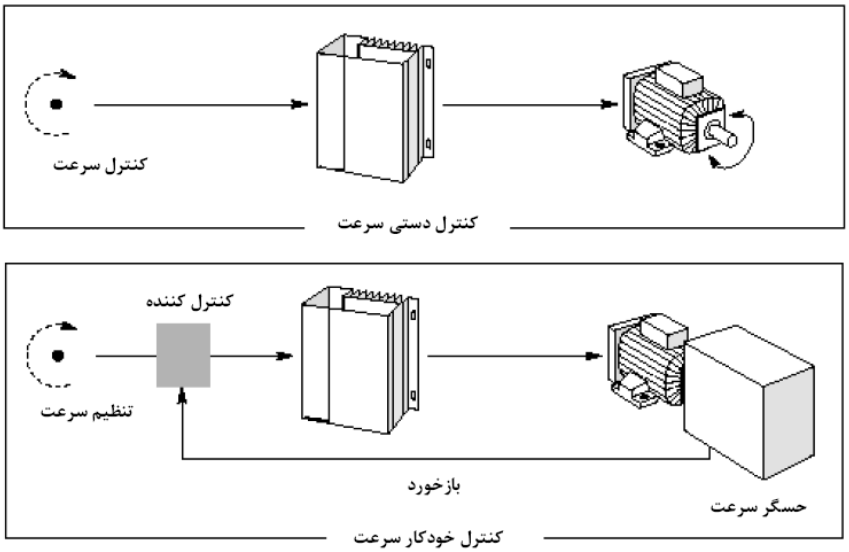
اینورتر از سوییچ های قدرتی تشکیل شده است که در سال های اخیر ، تغییرات تکنولوژیک زیادی پیدا کرده اند .

۴- بخش کنترل :

این بخش سیگنال دریافتی از کاربر را برای بخش های دیگر به ویژه اینورتر ارسال می کند . دو روش برای کنترل سرعت دستگاه مورد استفاده قرار می گیرد :

- کنترل دستی که به صورت دستی سرعت را تغییر می دهد .
- کنترل خودکار که در آن با دریافت بازخورد از فرایند تحت کنترل ، سرعت مورد نیاز موتور به طور خودکار تنظیم می گردد .

شکل ۵-۱۱- به طور شماتیک کنترل دستی و خودکار دستگاه های کنترل دور در یک سیستم موتور الکتریکی را نشان می دهد .



شکل ور الکتریکی

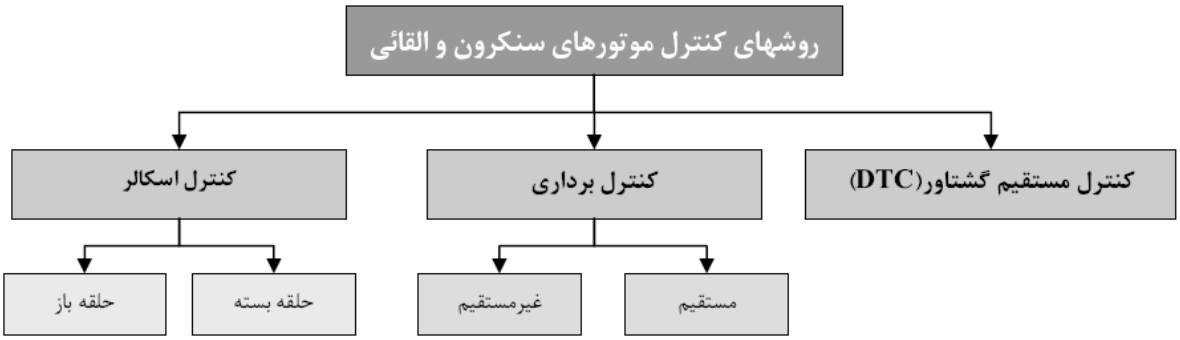
انواع دستگاه های کنترل دور موتور :

دستگاه های کنترل دور انواع مختلفی دارند . آنها قادرند انواع دستگاه های AC و DC را کنترل کنند . قیمت کنترل کننده ها وابسته به نوع فناوری بکار رفته در ساختمان آنها می باشد . ساده ترین روش کنترل موتورهای AC ، روش تثبیت نسبت ولتاژ به فرکانس است .

این نوع کنترل کننده ها از نوع اسکالر است و به صورت حلقه باز با پایداری خوب عمل می کنند . مزیت این روش سادگی سیستم کنترلی آنها است در مقابل این نوع کنترل کننده ها برای پاسخ های سریع مناسب نیستند .

روبوت ها و ماشین ابزار نمونه هایی از کاربردهای با دینامیک بالا هستند که در این نوع کاربردها ، روش های کنترل برداری استفاده می شود . در روش های کنترل برداری ، با تفکیک مولفه جریان استاتور به دو مولفه گشتاور ساز و شار ساز و کنترل آنها با استفاده از رگولاتورهای کنترلی از قبیل PI ، به گونه ی عمل می شود که موتورAC نظیر موتور DC کنترل شود . بدین ترتیب تمام مزایای موتور DC

نظیر پاسخ گشتاور سریع آنها در موتورهای AC نیز وجود خواهد داشت . در شکل ۵-۱۲- نمونه ای از روش های کنترل موتورهای AC نمایش داده شده است .



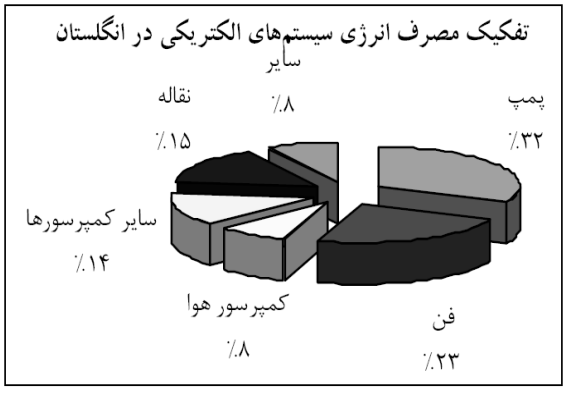
امروزه پیشرفت های قابل توجهی در فناوری ساخت دستگاه های ASD رخ داده که همچنان هم ادامه دارد.

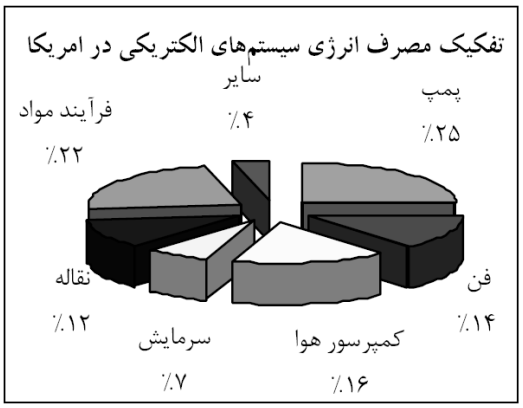
عمده ترین موارد پیشرفت را می توان به این صورت برشمرد :

- کاهش هزینه
- بهبود عملکرد و انعطاف پذیری بیشتر ، به ویژه در بخش کنترل
- بهبود شکل موج خروجی که منجر به کاهش نویز و تلفات می گردد
- افزایش کیفیت توان شامل کاهش اثرات هارمونیکی و بهبود ضریب توان
- قابلیت اطمینان بیشتر

کنترل دور پمپ ها و فن ها :

طبق مطالعات انجام شده ، پمپ ها و فن ها بیش از ۴۰ درصد انرژی مصرفی را در بخش صنعت به خود اختصاص داده است . دو شکل زیر ترکیب مصرف کنندگان انرژی سیستم های موتور الکتریکی را در دو کشور آمریکا و انگلستان نشان می دهد .





شکل ۵-۱۳- ترکیب مصرف کنندگان انرژی سیستم های موتور الکتریکی در دو کشور آمریکا و انگلستان

قوانین افینیتی سیالات و صرفه جویی انرژی در کاربرد پمپ ها و فن ها :

پمپ ها و فن ها از نوع دوم بارهای با گشتاور متغییر هستند . این بارها به دلیل قوانین افینیتی حاکم بر سیالات ، بیشترین پتانسیل صرفه جویی را در بین انواع بارها دارند . طبق این قوانین در یک پمپ یا فن سانتریفیوژ ، راوبط زیر حاکم است :

$$Q \propto n$$
$$H \propto n_2$$
$$P \propto n_3$$

در این روابط Q : دبی ، H : هد یا فشار ، P : توان مورد نیاز بار و n : دور است .

توان خروجی موتوری که فن ها را می چرخاند از رابطه زیر بدست می آید :

$$\left.\begin{array}{l} L = \dfrac{LT}{\eta_F} \quad (KW) \\ LT = \dfrac{P_T \times Q}{6120} \quad (KW) \end{array}\right\} \Rightarrow LM = L \times \Phi \times \frac{1}{\eta_t} \quad (KW)$$

که داریم :

η_t = راندمان انتقال و P_T = کل فشار فن و Φ = ثابت

همچنین برای پمپ ها توان مکانیکی مورد نیاز عبارت است از :

$$L = \frac{0/163 Q H}{\eta_P . \eta_M} \times \phi \quad (KW)$$

که η_P = راندمان پمپ و η_M = راندمان موتور و ϕ = ضریب رزرو موتور است .

به طور معمول برای گرداندن یک پمپ یا فن از یک موتور القایی استفاده می گردد و دبی تجهیزات خروجی با تجهیزاتی چون شیرهای کنترل کننده و دمپرها کنترل می شود . روابط افینیتی نشان می دهد که با توجه به متناسب بودن دور فن یا پمپ با دبی خروجی می توان به جای شیرها و دمپرها از دستگاه های کنترل دور برای کنترل دبی خروجی سیستم بهره گرفت . کاهش دور بار با توجه به متناسب بودن توان مورد نیاز بار با مکعب دور باعث حصول صرفه جویی های قابل توجهی در مصرف توان و انرژی خواهد شد . برای مثال کاهش ۲۰ ٪ دور و دبی ، باعث کاهش ۵۰ درصدی توان مورد نیاز و نصف شدن دور منجر به کاهش ۸۰ درصدی توان مورد نیاز بار خواهد شد .

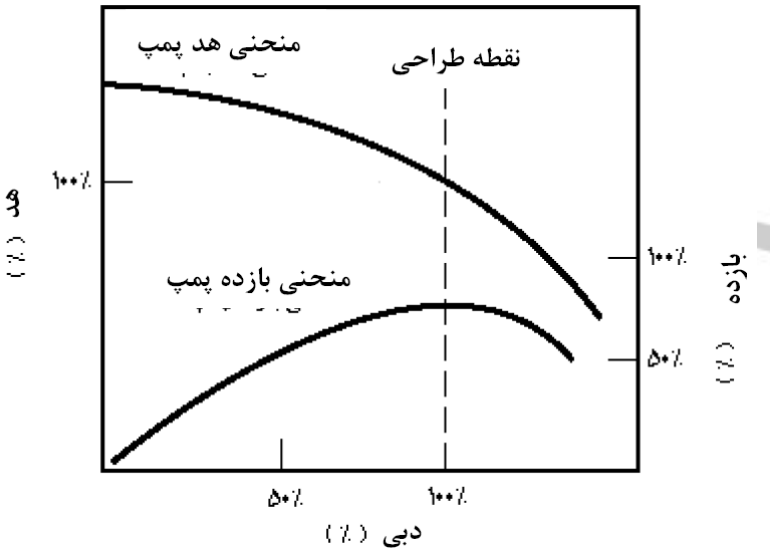
در استفاده از سیستم های کنترل سرعت در فن ها باید توجه نمود که :

- توان ورودی الکتروموتور به سادگی رابطه ارائه شده با توان سوم دور کاهش نمی یابد . این مسئله به دلیل بدتر شدن راندمان الکتروموتور فن اتفاق می افتد .
- مبدل های الکترونیک قدرت مولد هارمونیک های بالاست . لذا در استفاده از سیستم های VSD بایستی ملاحظات حذف هارمونیک های مزاحم در نظر گرفته شود .

اثر کاهش دور بر بازده سیستم پمپ :

انتخاب پمپ ها معمولاً بر اساس دبی بیشینه مورد انتظار صورت می گیرد . در حالی که در اغلب اوقات دبی بیشینه مورد استفاده قرار نمی گیرد . به طور معمول طراحی پمپ به گونه ای است که بیشترین بازده را در دور نامی که دبی نامی را با هد مشخص تحویل می دهد ، دارد .

تغییر دبی در شرایط کاری مختلف ، باعث تغییر مشخصات پمپ از جمله کاهش بازده و افزایش تلفات می گردد . شکل ۵-۱۴- مشخصات یک پمپ نمونه را نشان می دهد .



شکل ۵-۱۴- مشخصات یک پمپ نمونه

می دانیم که توان مکانیکی پمپ با توان سوم سرعت متناسب است .

جریان (دبی) $Q_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right) \times Q_1$

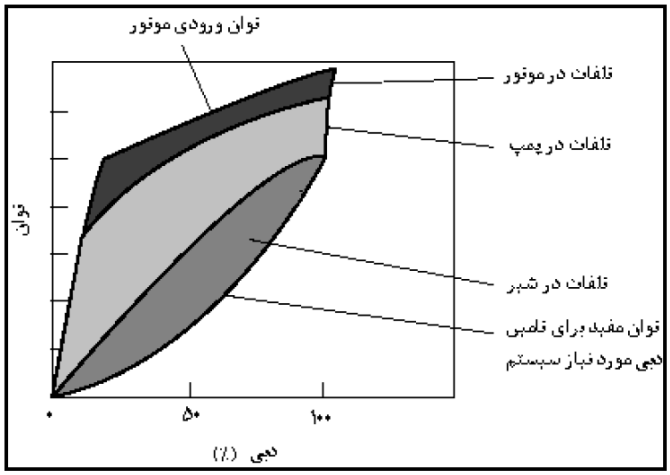
هد (فشار) $H_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \times H_1$

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

$$\text{توان مکانیکی } L_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \times L_1$$

اگر یک پمپ در دور نامی خود کار کند و دبی نامی آن حاصل گردد ، سیستم در بازده نامی خود کار خواهد کرد . اما اگر بدون تغییر دور و فقط با بستن شیر ، ۵۰ درصد دبی حداکثر حاصل گردد ، در این حالت موتور در دور نامی خود کار خواهد کرد و توان مصرفی اضافی تلف خواهد شد .

این تلفات در قسمت های مختلف سیستم شامل موتور ، پمپ و شیرها رخ خواهد داد . شکل ۵-۱۵- نمودار توان مورد نیاز برای تامین جریان سیال را همراه با تلفات و توان ورودی موتور الکتریکی در یک پمپ نمونه بدون تغییر دور نشان می دهد .

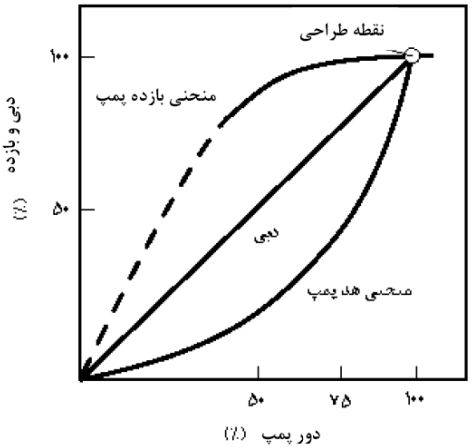


WikiPower.ir

شکل ۵-۱۵- نمودار توان مورد نیاز برای تامین جریان سیال ، همراه با تلفات و توان ورودی موتور الکتریکی در یک پمپ نمونه بدون تغییر دور

حال اگر بخواهیم دبی سیستم را به وسیله کنترل دور کاهش دهیم ، طبق قوانین افینیتی مشخصات سیستم تغییر می یابد .

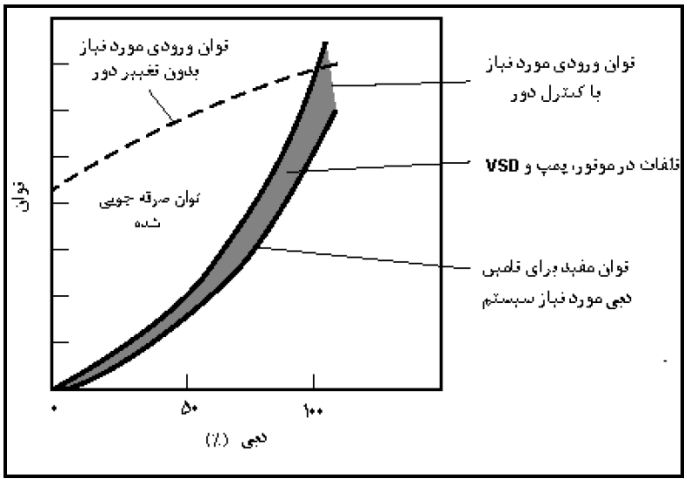
شکل ۵-۱۶- مشخصات یک نشان می دهد .



شکل ۵-۱۶- مشخصات یک نمونه پمپ با تغییر دور برای کاهش دبی

بدیهی است که با کاهش دور موتور نیز مقداری از توان مصرفی تلف خواهد شد اما این تلفات در قسمت های مختلف سیستم شامل موتور ، پمپ و دستگاه کنترل دور رخ خواهد داد . میزان این تلفات به مراتب کمتر از حالتی است که تغییر دبی بدون کنترل دور انجام می گردد .

شکل ۵-۱۷- نمودار توان مورد نیاز برای تامین جریان سیال را همراه با تلفات و توان ورودی موتور الکتریکی در یک پمپ نمونه با کنترل دور نشان می دهد .



شکل ۵-۱۷- نمودار توان مورد نیاز برای تامین جریان سیال ، همراه با تلفات و توان ورودی موتور الکتریکی در یک پمپ نمونه با کنترل دور

هر چند که درسیستم هایی که هد استاتیکی بالایی دارند ، با تغییر دور ، بازده پمپ هم به میزان زیادی تغییر می کند ، ولی مزایای دیگر دستگاه استفاده از این روش را به خوبی توجیه می کند . به عنوان مثال میزان فشار هیدرولیک وارد شده به پره های پمپ سانتریفیوژ با مجذور دور افزایش می یابد . این نیروها به بیرینگ های پمپ اعمال شده و عمر مفید آنها را کاهش خواهد داد .

از سوی دیگر با کاهش دور ، نویز و نوسانات سیستم نیز کاهش خواهد یافت .

محاسبات صرفه جویی انرژی کنترل دور پمپ و فن :

برای محاسبه توان و انرژی مصرفی فن ها و پمپ ها در حالات مختلف و محاسبات صرفه جویی انرژی سه روش مختلف وجود دارد :

- اندازه گیری انرژی الکتریکی
- استفاده از اطلاعات نامی و درصد بار موتور
- استفاده از منحنی ها و مشخصات پمپ ها و یا فن

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

روش اندازه گیری انرژی الکتریکی :

شاید بتوان گفت که دقیقترین روش برای تعیین میزان انرژی مصرفی و صرفه جویی شده در هر روش در یک سیستم ، اندازه گیری پارامترهای انرژی پیش و پس از استفاده از روش کنترل دور است . در این روش مقادیر نامی موتور کمک چندانی به محاسبات نخواهد کرد . بلکه اندازه گیری های کافی ، میزان انرژی مصرفی و صرفه جویی شده را ارایه خواهند کرد .

برای اندازه گیری می توان از آمپرمتر ، واتمتر و به طور کلی از دستگاه های اندازه گیری توان و انرژی الکتریکی استفاده نمود .

برای تعیین میزان انرژی با استفاده از این روش ، می توان به طور مستقیم انرژی را اندازه گرفت . در برخی از موارد نیز می توان با اندازه گیری پارامترهایی مانند جریان ، ولتاژ ، ضریب توان و تعیین مدت زمان کارکرد و با کمک روابط زیر ، انرژی الکتریکی را محاسبه نمود البته شایان ذکر است در شرایطی که در زمان های مختلف ، توان و بار سیستم متفاوت باشد برای هر دوره زمانی باید از این روابط استفاده کرده و مجموع آن ها را به عنوان انرژی الکتریکی سیستم محسوب کرد .

$$P_i = \sqrt{3}\, V \times I \times PF$$
$$E = P_i \times t$$

که E همان انرژی الکتریکی (KWh) می باشد .

$$ES = E_1 - E_2$$

ES = انرژی صرفه جویی شده (KWh)

E_1 = انرژی مصرف شده بدون تغییر دور موتور (KWh)

E_2 = انرژی مصرف شده با کنترل دور موتور (KWh)

روش استفاده از اطلاعات نامی و درصد بار موتور :

برای تعیین میزان انرژی الکتریکی صرفه جویی شده در استفاده از دستگاه های کنترل دور در سیستم های پمپ و یا فن ، ابتدا انرژی الکتریکی پیش از بکارگیری دستگاه و سپس انرژی الکتریکی پس از آن را محاسبه می کنیم .

در حالتی که برای کنترل دبی سیال در پمپ و یا در فن پیش از بکارگیری دستگاه کنترل دور از شیر یا دریچه استفاده می کنیم ، میزان انرژی مصرفی معادل انرژی مصرفی با کار پیوسته موتور است .

$$E_1 = \frac{P_r \times L_w \times hr}{\eta}$$

در حالت استفاده از دستگاه کنترل دور ، میزان انرژی مصرفی برابر است با مجموع انرژی مصرفی در زمان هایی که دور تغییر نموده است . اگر یک پمپ و یا فن به مدت t_1 با دور n_1 ، به مدت t_2 با دور n_2 و به مدت t_m با دور n_m در حال کار باشد ، میزان مصرف انرژی عبارت است از :

$$E_2 = \sum_{i=1}^{m} \frac{P_r \times L_{wi} \times hr_i}{\eta_i}$$

و میزان صرفه جویی انرژی برابر خواهد بود با :

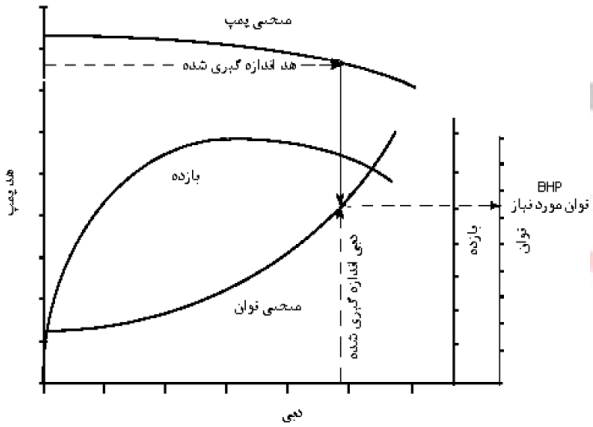
$$ES = E_1 - E_2$$

استفاده از منحنی و مشخصات پمپ یا فن :

آخرین روشی که در این قسمت مورد بررسی قرار می گیرد ، استفاده از منحنی های مشخصه پمپ و یا فن و اطلاعات دیگر مانند بازده موتور ، ساعات کار سیستم و درصد بارنامی موتور به منظور محاسبه ی میزان انرژی مصرفی و صرفه جویی شده است .

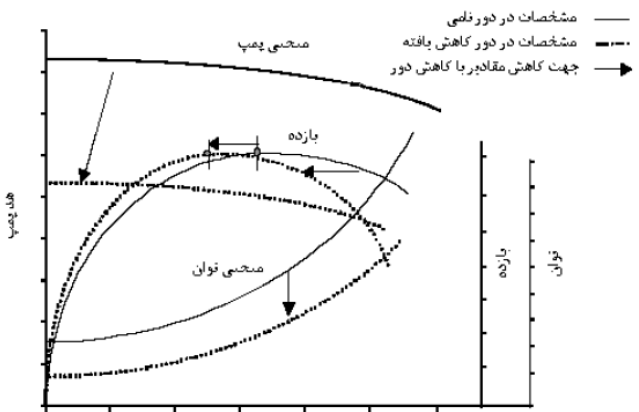
توجه به این نکته مهم است که با توجه به شرایط کاری مختلفی که یک پمپ و یا فن با آن روبرو است و منحنی های مختلفی که سازندگان آنها ارایه می کنند ، منحنی درست انتخاب گردد .

پمپ : برای محاسبات پمپ ، با اندازه گیری و تعیین دبی و یا هد و فشار جریان سیال پمپ و مراجعه به منحنی مشخصه آن پمپ ، می توان میزان توان موردنیاز آن را محاسبه کرد . سپس با دانستن بازده موتور ، ساعات کار سیستم و درصد بار نامی آن ، انرژی الکتریکی تعیین می گردد . شکل ۵-۱۸- تعیین توان پمپ را به



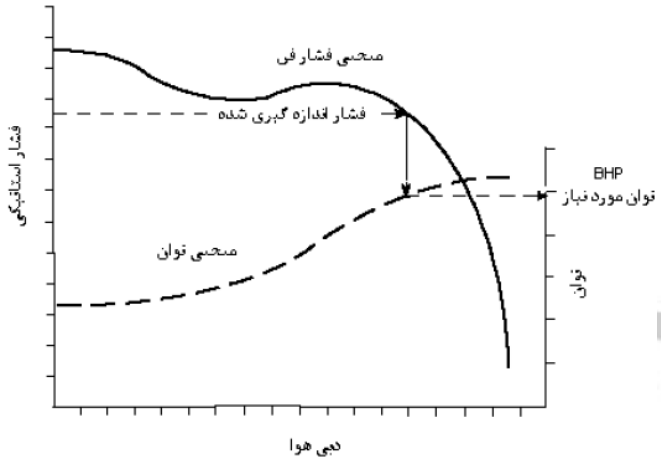
شکل ۵-۱۸- تعیین توان پمپ به کمک منحنی مشخصه آن

باید توجه کرد که منحنی مشخصه پمپ با کاهش دور تغییر خواهد کرد و برای محاسبات در این حالت باید از منحنی تغییر یافته استفاده کرد . شکل ۵-۱۹- یک نمونه از تغییرات مشخصه های پمپ فوق را نشان می دهد .



شکل ۵-۱۹- یک نمونه از تغییرات مشخصه های پمپ

فن : برای محاسبات فن نیزبرای اندازه گیری فشارجریان هوای فن و مراجعه به منحنی مشخصه آن فن ، می توان میزان توان مورد نیاز آن را محاسبه نمود . سپس با دانستن بازده موتور ، ساعات کار سیستم و درصد بار نامی آن ، انرژی الکتریکی تعیین می گردد . شکل ۵-۲۰- تعیین توان فن را برای کمک منحنی مشخصه ی آن نشان می دهد .



شکل ۵-۲۰- تعیین توان فن به کمک منحنی مشخصه ی آن

در اینجا نیز باید دقت نمود که منحنی مشخصه با تغییر و کاهش دور تغییر خواهد کرد و برای محاسبات در این حالت ، باید از منحنی تغییر یافته استفاده کرد .

پس از تعیین BHP ، میزان انرژی الکتریکی مصرفی و صرفه جویی شده را با استفاده از روابط زیر محاسبه می کنیم :

$$E = \frac{BHP \times L_w \times hr}{\eta}$$

که BHP توان مورد نیاز می باشد .

$$ES = E_1 - E_2$$

محاسبات صرفه جویی اقتصادی کنترل دور پمپ و فن :

به ازای مقادیر صرفه جویی انرژی و با توجه به قیمت انرژی الکتریکی می توان صرفه جویی اقتصادی ناشی از بهبود بازده کاری موتورها را طبق رابطه ی زیر بدست آورد :

$$RS = ES \times C$$

RS = صرفه جویی اقتصادی (ریال)

C = قیمت انرژی (RLS/KWh)

برای محاسبه زمان بازگشت سرمایه از رابطه ی زیر استفاده می کنیم :

$$Pb = \frac{IC}{RS}$$

IC = هزینه ی اضافی جایگزینی سیستم با بازده بالاتر شامل هزینه خرید و هزینه های جانبی (ریال)

❖ استفاده از موتورهای چند سرعت (MSM) :

استفاده از موتورهای سه فاز چند سرعته یکی از پر راندمان ترین روش ها در کاهش مصرف برق به لحاظ خود موتور می باشد . این موتورها نسبتاً ارزان ، از نظر نصب ساده و فاقد مشکلاتی هستند که معمولاً بعضی انواع درایوهای متغییر ساز سرعت دچار آن می باشند .

محدودیت اصلی آنها طبیعت پله ای تغییرات سرعت آن ها است که معمولاً برای بعضی کاربردها جریمه کاهش بازده به آنها تعلق می گیرد . مقدار این جریمه بستگی به مشخصات سرعت و نوع بار مورد استفاده دارد . تغییر سرعت موتورهای سه فازی که به وسیله تغییر قطب حاصل می شود در زیر مورد بحث قرار می گیرد و تنها روش با بازدهی مناسب برای تغییر سرعت موتور می باشد و موتورهای زیر یک اسب بخار تا چند اسب بخار از این نوع ساخته می شود . در حال حاضر بیشتر از موتورهای دو قطب استفاده می شود .

تغییر سرعت در موتورهای چند سرعت :

تعداد قطب های موتور همواره عددی زوج است و بر اساس جفت قطب بیان می گردد . با توجه به رابطه ی سرعت سنکرون موتور $(n_S = \frac{120 \times f}{P})$ ، مشخص است که سرعت موتور با تعداد قطب های آن رابطه معکوس دارد . لذا بالاترین سرعت ممکن در موتورها با فرکانس تغذیه ۶۰ هرتز ۳۶۰۰ دور در دقیقه می باشد که روتور در یک سیکل جریان متناوب ۳۶۰ می چرخد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

با دو برابر کردن تعداد قطب ها دور نامی موتور نصف می گردد زیرا موتور در یک سیکل نصف دور کامل را طی می کند . سه برابر کردن تعداد قطب ها دور موتور را یک سوم می کند یعنی ۱۲۰۰ دور در تغذیه ۶۰ هرتز و الی آخر .

سرعت واقعی دور موتورهای القایی معمولی کمی زیر دور نامی آنها است و این به علت لغزش مورد لزوم برای القاء میدان مغناطیسی ما بین استاتور و روتور می باشد . لغزش با افزایش بار افزایش می یابد .

جدول ۵-۲- تعداد قطب ها و سرعت های سنکرون معمول موتورهای الکتریکی را نشان می دهد .

تعداد قطب ها	سرعت سنکرون دور در دقیقه
۲	۳۰۰۰
۴	۱۵۰۰
۶	۱۰۰۰
۸	۷۵۰

جدول ۵-۲- تعداد قطب ها و سرعت های سنکرون معمول موتورهای الکتریکی

انواع موتورهای چند سرعت :

بیشتر موتورهای چند سرعته دارای دو سرعت هستند . دو نوع موتور معمولی سه فازه داریم که دو سرعته هستند :

تک سیم پیچه (دالاندر) و دو سیم پیچه

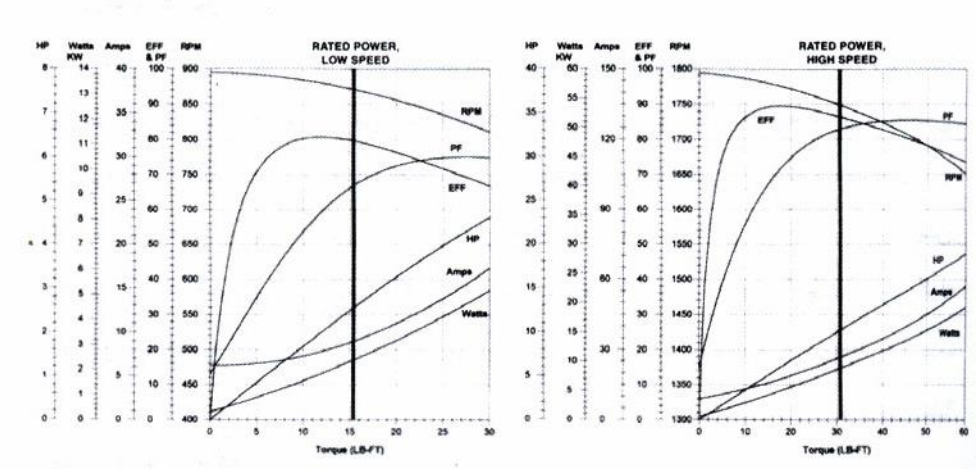
۱- موتورهای چند سرعت تک سیم پیچه (دالاندر) :

همان گونه که از نام آن پیداست موتور تک سیم پیچه دارای یک سری سیم پیچ استاتور است که موتور را در دو سرعت می چرخاند .

سرعت با تغییر اتصالات سیم پیچ که باعث دو برابر شدن قطب های الکتریکی می شود پایین می آید . موتورهای تک سیم پیچه به نسبت سرعتی ۱ : ۲ محدود می شوند .

درشکل ۵-۲۱- مشخصات مهم یک موتور تک سیم پیچه که دارای دو سرعت می باشد ملاحظه می شود. باید دقت نمود که این مشخصات مربوط به گشتاوری است که موتور تولید می کند .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۵-۲۱- مشخصات مهم یک موتور تک سیم پیچه دو سرعت

این موتورها نسبت به موتورهای چند سیم پیچ کوچکتر و ارزان تر است .

۲- موتورهای چند سرعت با چند سیم پیچ :

موتورهای دو سیم پیچه دارای دو سری سیم پیچ کاملاً مستقل از یکدیگر است . این وضعیت هر نوع ترکیبی از قطب ها را که نسبتی از اعداد کامل است اجازه می دهد .

نسبت سرعتی ۳ : ۴ ، ۲ : ۳ و ۱ : ۲ نسبت های معمول می باشد . موتورهای با نسبت های بزرگ تر مانند ۱ : ۳ و ۱ : ۴ بر مبنای نیاز مشتری قابل تولید است .

علاوه بر آن طراحی موتورهای دو سیم پیچه اجازه می دهد که در هر سرعت مشخصات گشتاوری موتور با نیاز کاربرد انطباق پیدا کند .

موتورهای دو سیم پیچه بزرگ تر ، سنگین تر و گران تر از موتورهای تک سیم پیچه بوده و فضایی که سیم پیچ غیر فعال اشغال می کند وجود هسته بزرگ تری را ایجاب می کند و این خود باعث افزایش تلفات مغناطیسی شده و در نتیجه موتورهای دو سیم پیچه دارای بازدهی کمتری نسبت به موتورهای تک سیم پیچه می باشد .

جدول ۵-۳- مقایسه نسبت های سرعت موتورهای چند سیم پیچ و دالاندر را نشان می دهد .

موتورهای چندسیم‌پیچ (دور در دقیقه)	موتورهای دالاندر (دور در دقیقه)
۱۵۰۰/۱۰۰۰	۳۰۰۰/۱۵۰۰
۱۰۰۰/۷۵۰	۱۵۰۰/۷۵۰
۷۵۰/۶۰۰	۱۰۰۰/۵۰۰

الاندر

موتورهای با بیش از دو سرعت :

موتورهای سه فازه را بنا به درخواست مشتری می توان با سه یا چهار سرعت ساخت . هر سرعت با یک سری سیم پیچ حاصل می شود . با روش دیگر موتورهای چهار سرعته با دو سری سیم پیچ دو سرعته می تواند ساخته شود . این موتورها از موتورهای دو سرعته بزرگ تر ، سنگین تر و گران ترند . بازدهی به دلیل افزایش تلفات در مدار مغناطیسی بیشتر کاهش می یابد . کاربرد این نوع موتورها در صورتی که افزایش راندمان در سایر قسمت ها ، کاهش راندمان آن ها را جبران کند که قابل توجیه خواهد بود .

مشخصه بازدهی موتورهای چند سرعت :

در حال حاضر استانداردهای بازدهی موتورهای چند سرعته را پوشش نمی دهد و بنابراین راندمان این موتورها در کاتالوگ آنها معمولاً ذکر نمی شود . برای اخذ مقدار بازده بایستی با مشخص کردن مدل آنها بازده را از سازنده پرسید و ارقامی که سازنده خواهد داد احتمالاً تخمین هایی است که از محاسبات کامپیوتری نتیجه می شود .

موتورهای تک سیم پیچه دو سرعته وقتی از دور تند آنها استفاده می شود راندمان کمتری نسبت به موتور تک سرعته معمولی دارد . استفاده از دور کند آن باز هم راندمان آن را کاهش بیشتری می دهد . مثلاً یک موتور معمولی ۱۰ اسبی با گشتاور متغییر در سرعت بالا بازدهی حدود ۸۸ درصد و در سرعت پایین بازدهی حدود ۸۹ درصد دارد . راندمان سرعت بالای آن کمی کمتر از استاندارد فعلی آمریکا برای موتور تک سرعته می باشد .

راندمان کلی درایو موتورهای چند سرعته به صورت مطلوبی قابل مقایسه با درایوهای متغییر ساز سرعت می باشد . موتورهای چند سرعته نیازی به وسایل اضافی کنترل کننده سرعت ندارند و بنابراین کاهشی در بازده سیستم قدرت نمی دهند .

ظرفیت گشتاور و قدرت موتورهای چند سرعت :

موتورهای چند سرعته پیچیده تر هستند زیرا مشخصات گشتاوری در هر سرعت باید با نیاز گشتاور بار در آن تطبیق نماید .

بنابر استدلال فوق موتورهای چند سرعته را معمولاً در سه رده گشتاوری می سازند :

- موتورهای گشتاور متغییر : در این موتورها گشتاور با افزایش سرعت افزایش می یابد . دور پایین موتورهای دو سیم پیچه گشتاور خیلی کمتری نسبت به دور بالای آنها دارد . ظرفیت اسب بخار موتور در هر سرعتی متناسب با مربع سرعت می باشد . بیشترین کاربرد موتورهای با گشتاور متغییر در فن و پمپ گریز از مرکز می باشد که در آن ها بار با مربع سرعت افزایش می یابد .

- موتورهای گشتاور ثابت : در این موتورها در هر سرعتی ممکن است گشتاور ماکزیمم مورد نیاز باشد . در این موارد با سیم پیچ دور پایین موتور بایستی همان گشتاور تولید شود که با سیم پیچ دور بالای موتور بدست می آید . ظرفیت اسب بخار موتور در هر سرعتی مستقیماً متناسب با سرعت آن می باشد . کاربرد معمولی این نوع موتورها در نوار نقاله ، کمپرسور رفت و برگشتی و ... است .
- موتورهای قدرت ثابت : در این موتورها گشتاور به طور معکوس با سرعت متناسب است . بدین معنی که گشتاورتولیدی با سیم پیچ کم دور باید بسیار بیشتر از سیم پیچ سرعت بالای موتور باشد . ظرفیت اسب بخار یا قدرت موتور در همه سرعت ها یکی است . کاربرد عمومی این موتورها در دریل ها ، پرس ها ، ماشین تراش ، ماشین سنگ آسیاب و ... می باشد .

قیمت های نسبی :

ارزان ترین روش برای رسیدن به دور متغییر ، موتورهای دو سرعته می باشد . استفاده از موتور دو سرعته از روش های دیگر تغییر سرعت خیلی ارزان تر است . قیمت یک موتورتک سیم پیچه گشتاور متغییر دو سرعته حدوداً دو برابر موتور تک سرعته مشابه می باشد . معهذا در مقایسه ممکن است قیمت آن کمتر از موتور تک سرعته ای باشد که برای کار با درایو متغییر ساز فرکانس طراحی شده است .

افزایش قیمت موتورهای دو سیم پیچه نسبت به موتورهای تک سیم پیچه قابل ملاحظه است . اما اگر موتور راه انداز لازم باشد قیمت موتور دو سیم پیچه کمتر خواهد بود .

افزایش ظرفیت گشتاور موتورهای چند سرعته قیمت آن را به طور قابل ملاحظه ای افزایش می دهد ، اما به همین ترتیب هر نوع کنترل سرعت دیگری نیز قیمت را افزایش می دهد .

برای آشنایی بیشتر با موتورهای چند سرعت و به ویژه موتورهای دو سرعت نمونه ای از مشخصات این موتورها در جداول زیر آمده است .

3000/1500 r/min = 2-4 poles — two separate windings — 400 V 50 Hz

Output kW	Speed r/min	Effi-ciency %	Power factor cos φ	Current I_N A	Current $\frac{I_s}{I_N}$	Torque T_N Nm	Torque $\frac{T_s}{T_N}$	Torque $\frac{T_{max}}{T_N}$	Moment of inertia J=1/4 GD² kgm²	Weight kg
0.65/0.14	2860/1450	73.0/57.0	0.85/0.57	1.5/0.58	4.8/3.6	2.18/0.93	1.9/2	2.2/2.3	0.0008	9
0.95/0.2	2850/1440	75.0/61.0	0.87/0.69	2.1/0.7	5/3.7	3.19/1.33	2/1.8	2.2/2.2	0.0009	11
1.1/0.25	2860/1440	77.0/63.0	0.87/0.70	2.4/0.85	5.3/3.8	3.7/1.7	2/1.8	2.2/2	0.0012	12
1.4/0.22	2870/1470	77.0/48.0	0.87/0.63	3/1.1	5.3/3.3	4.6/1.4	1.7/1	2.4/2.3	0.0019	13
1.9/0.3	2880/1470	78.0/53.0	0.87/0.68	4/1.1	5.8/3.7	6.3/1.9	1.9/1	2.5/2.3	0.0024	16
2.5/0.4	2900/1470	80.0/60.0	0.87/0.67	5.2/1.5	6.5/4.1	8.2/2.6	2.1/1	3/2.7	0.0041	21
3.5/0.6	2895/1470	83.0/68.0	0.92/0.60	6.6/2.1	7/5.8	11.5/3.9	1.7/1.8	2.3/2.8	0.012	32
5.5/1	2900/1470	84.0/64.0	0.88/0.65	10.8/3.5	7.8/5.7	18.1/6.5	2.4/2	2.9/2.8	0.016	42
7.4/1.2	2875/1475	85.0/67.0	0.93/0.64	13.5/4.1	7.5/5.9	24.6/7.8	2.1/2	2.6/2.8	0.022	56
13/1.9	2940/1470	88.5/79.5	0.92/0.79	23/4.4	7.8/6.4	42/12	2.1/2.1	3/2.5	0.054	92
17.5/2.5	2925/1475	89.0/81.0	0.92/0.77	31/5.8	7.1/6.7	57/16	2/2.5	2.6/2.9	0.057	99
20/2.8	2930/1465	89.0/77.0	0.90/0.77	36/6.9	6.4/5.8	65/18	2.1/1.9	2.4/2	0.094	132
25/3.6	2940/1465	90.0/78.0	0.88/0.78	46/8.6	7.5/7.3	81/24	2.6/1.9	2.9/1.9	0.108	152
30/4.1	2945/1480	91.5/85.0	0.89/0.72	54/10	8/7.1	97/26	2.2/2.7	2.8/2.8	0.15	175
38/5.5	2945/1480	92.5/86.5	0.91/0.74	67/13	7.7/6.8	123/35	2.2/2.6	2.6/2.6	0.19	205
43/6	2950/1475	92.5/86.5	0.90/0.78	75/13	7.1/5.8	139/39	2.3/2.7	2.4/2	0.26	235
50/7	2955/1480	93.0/87.5	0.91/0.78	86/15	7.3/6.1	162/45	2.4/2.9	2.4/2.1	0.29	260
70/10	2965/1485	94.0/89.5	0.90/0.76	119/22	9.3/7.1	225/64	2.3/2.5	3.1/2.3	0.57	330

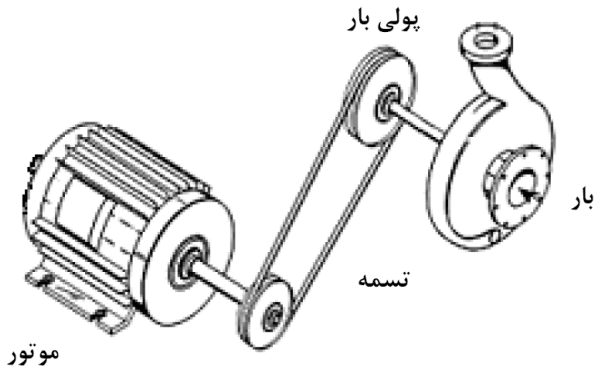
جدول ۵-۴- نمونه ای از مشخصات موتورهای چند سرعت دو سیم پیچه

3000/1500 r/min = 2-4 poles				Dahlander-connection						400 V 50 Hz
				Current		Torque				
Output kW	Speed r/min	Effi-ciency %	Power factor cos φ	I_N A	$\frac{I_s}{I_N}$	T_N Nm	$\frac{T_s}{T_N}$	$\frac{T_{max}}{T_N}$	Moment of inertia J=1/4 GD² kgm²	Weight kg
0.22/0.044	2770/1420	65.0/50.0	0.76/0.65	0.65/0.2	3.6/3.5	0.75/0.29	2.1/2.4	2.2/2.5	0.00019	4
0.33/0.07	2700/1380	53.0/45.0	0.82/0.77	1.1/0.3	2.7/2.7	1.17/0.49	1.6/2	1.7/2.1	0.00026	4.5
0.37/0.08	2690/1460	64.0/42.0	0.92/0.47	0.9/0.6	3.3/4.3	1.31/0.52	1.8/2.1	1.9/2.2	0.00066	5.5
0.55/0.12	2700/1470	67.0/55.0	0.91/0.42	1.3/0.75	3.8/3.4	1.94/0.78	1.4/2.2	1.5/2.2	0.00089	6.5
0.65/0.13	2800/1400	69.0/50.0	0.85/0.44	1.6/0.85	4.1/3.5	2.2/0.88	1.5/2.3	1.6/2.4	0.0011	7
0.85/0.2	2850/1440	77.0/65.0	0.85/0.64	1.9/0.7	5/4.1	2.86/1.33	2.1/2.3	2.3/2.6	0.0008	9
1.1/0.25	2855/1450	79.0/68.0	0.84/0.63	2.4/0.85	5.3/4.2	3.7/1.65	2.3/2.5	2.5/2.7	0.0009	11
1.4/0.35	2845/1440	79.0/70.0	0.85/0.67	3/1.1	5.4/4.4	4.7/2.32	2.3/2.4	2.4/2.6	0.0012	11
1.5/0.33	2860/1460	77.0/66.0	0.87/0.67	3.3/1.1	5.2/3.9	5/2.1	1.8/1.1	2.4/2.1	0.0019	13
2.2/0.45	2860/1460	80.0/73.0	0.88/0.65	4.6/1.4	5.9/4.4	7.3/2.9	2.1/1.2	2.6/2.3	0.0024	16
2.5/0.47	2860/1460	78.0/75.0	0.88/0.62	5.2/1.5	6.1/4.5	8.3/3.1	2.2/1.4	2.5/2.3	0.0027	18
3/0.6	2880/1470	81.0/74.0	0.89/0.61	6.2/1.9	6.3/4.8	9.9/3.9	2.2/1.4	2.8/2.8	0.0041	21
4.5/1	2875/1450	83.0/80.0	0.93/0.76	8.4/2.4	7/6	14.9/6.6	1.8/1.9	2.3/2.8	0.012	32
6.2/1.3	2880/1455	84.0/80.0	0.91/0.67	11.8/3.5	7/6.5	20.6/8.5	2/2.6	2.6/3.3	0.016	42
8.3/1.7	2875/1455	84.0/82.0	0.93/0.71	15.4/4.2	7.4/6.6	27.6/11.2	2.5/2.7	2.7/3.3	0.022	56
10/2	2910/1465	85.0/83.5	0.89/0.73	19/4.8	5.9/6.1	30/43	1.5/2.4	2.3/2.8	0.039	73
16/3.2	2915/1465	87.5/86.5	0.92/0.76	28.5/7	6.6/6.3	52/21	1.8/2.5	2.4/2.8	0.054	92
19.5/4.5	2930/1465	89.0/88.0	0.89/0.77	36/9.7	7.6/6.4	64/29	2.3/2.5	2.9/2.8	0.057	99
21.5/4.7	2935/1465	90.0/88.0	0.91/0.77	38/10	7/5.3	70/28	2.1/2.1	2.6/2.3	0.094	132
26/5.2	2940/1470	90.5/89.5	0.89/0.75	47/11	6.9/5.8	85/34	2.3/2.4	2.6/2.4	0.108	152
32/8	2940/1465	90.0/89.5	0.89/0.85	58/16	7.1/6.2	104/52	2/2	2.5/2.2	0.28	180
39/10	2950/1475	91.5/91.0	0.89/0.85	69/19	7.4/6.2	126/65	2/2	2.6/2.3	0.34	205
42/11	2950/1470	92.5/91.0	0.89/0.77	75/23	7.7/5.6	136/71	2.2/2.1	3/2.5	0.19	205
45/13	2955/1475	93.0/91.5	0.92/0.82	76/25	7.4/5.3	145/84	2/2	2.6/2.1	0.27	235
55/15	2955/1475	93.5/92.5	0.91/0.82	94/29	7.3/5.4	178/97	2/2	2.6/2.2	0.3	260
75/25	2965/1475	94.5/93.0	0.92/0.82	125/48	8.9/5.5	241/162	2.3/2	3.1/2.2	0.36	330

جدول ۵-۵- نمونه ای از مشخصات موتورهای چند سرعت دالاندر

❖ تغییر قطر پولی تسمه ها :

یکی از روش های متداول انتقال نیروی مکانیکی موتور به بار ، استفاده از تسمه است . در سیستم های موتور الکتریکی انواع مختلفی از تسمه ها مورد استفاده قرار می گیرند که در فصل های بعد به آن اشاره خواهیم کرد . شکل ۵-۲۲- یک نمونه موتور به همراه تسمه را برای انتقال نیرو به بار نشان می دهد .



شکل ۵-۲۲- یک نمونه موتور به همراه تسمه برای انتقال نیرو به بار

ساده ترین و کم هزینه ترین روش برای کاهش سرعت بار ، تغییر قطر و نسبت پولی های موتور و بار برای انتقال نیرو به بار است . نوعاً ۳ الی ۶ درصد قدرت ورودی در تمام سرعت های در تسمه پروانه تلف می شود و تقریباً همان مقداری است که در درایوهای تسمه پروانه ای با سرعت تلف می شود . موتور همیشه در سرعت طراحی خود کار می کند . بنابراین کاهش بازدهی برای کاهش سرعت موتور نداریم . اما اگر بار موتور در اثر کاهش سرعت دستگاهی که موتور را می چرخاند کاهش یابد افت معمولی بازدهی موتور را خواهیم داشت . نسبت دور بالا به پایین به ۱ : ۳ محدود می شود که برای بسیاری کاربردهای گشتاور متغییر مانند فن ها و پمپ های گریز از مرکز توانایی صرفه جویی انرژی را دارد معهذا این تغییر دور ممکن است برای خیلی کاربردهای صنعتی کفایت نداشته باشد .

ماکزیمم قدرت اسب بخار درایوهای با پولی قابل تغییر به دلیل انتقال قدرت از طریق یک تسمه پروانه محدودیت دارد و در حال حاضر بزرگ ترین اندازه تجاری آن حدود ۵۰ اسب بخار قدرت دارد .

درایوهای با پولی متغییر ساده اند و علت خرابی آنها محدود است . از مساله نویز الکتریکی آزاد هستند و قیمت آنها نیز نسبتاً کم است . نیاز به تعویض گاه به گاه تسمه آنها نگهداری اصلی آنها است . تنها محدودیت جدی آنها در استفاده نسبت دور بالا به پایین آنها است .

همانگونه که مشخص است سرعت گردش بار ، با توجه به نسبت پولی های موتور و با مضربی از سرعت موتور است . رابطه ی زیر ، رابطه ی سرعت بار را با سرعت موتور و قطر پولی های موتور و بار نشان می دهد .

$$n_{Load} = n_{Motor} \times \frac{D_{MP}}{D_{LP}}$$

n_{Load} = سرعت بار (rpm)

n_{Motor} = سرعت موتور (rpm)

D_{MP} = قطر پولی موتور (m)

D_{LP} = قطر پولی بار (m)

در حالتی که نیاز به تغییر دور بار با استفاده از تغییر قطر پولی داریم باید نسبت قطر پولی های موتور و بار را تغییر دهیم . بنابراین :

$$d = \frac{D_{MP}}{D_{LP}} \Rightarrow n_2 = n_1 \times \frac{d_2}{d_1}$$

d = نسبت قطر پولی موتور به پولی بار

d_1 = نسبت قطر پولی موتور به پولی بار پیش از تغییر قطر پولی ها

d_2 = نسبت قطر پولی موتور به پولی بار بعد از تغییر قطر پولی ها

n_1 = سرعت بار پیش از تغییر قطر پولی ها (rpm)

n_2 = سرعت بار بعد از تغییر قطر پولی ها (rpm)

در کاربردهای فن پمپ که قوانین افینیتی حاکم است مقدار توان مورد نیاز بار از رابطه زیر محاسبه می گردد :

$$P_2 = P_1 \times (\frac{n_2}{n_1})^3 = P_1 \times (\frac{D_{MP}}{D_{LP}})^3$$

P_1 = توان مورد نیاز بار پیش از تغییر قطر پولی ها و در نتیجه پیش از تغییر دور بار (KW)

P_2 = توان مورد نیاز بار بعد از تغییر قطر پولی ها و در نتیجه بعد از تغییر دور بار (KW)

مثال : برای تغییر دور یک فن ۱۰ کیلووات از روش تغییر نسبت قطر پولی های موتور و بار استفاده شده است . پیش از تغییر قطر پولی های موتور و فن یکسان و برابر با ۲۰۰ میلی متر بوده است . برای کاهش سرعت بار از ۱۰۰۰ به ۸۵۰ دور در دقیقه ، قطر پولی فن به صورت زیر تغییر کرده است و توان مورد نیاز فن در این حالت برابر است با :

$$\frac{d_2}{d_1}=\frac{n_2}{n_1}=\frac{850}{1000}=0.85\xrightarrow{d_1=1}d_2=\frac{D_{MP}}{D_{LP}}=0.85\xrightarrow{D_{MP}=200\ mm}D_{LP}=\frac{200}{0.85}=235\ mm$$

$$P_2=P_1\times(\frac{n_2}{n_1})^3=10\times(\frac{850}{1000})^3=6/1\ KW$$

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل ششم

بکارگیری ESD در بارهای

با سرعت ثابت

WikiPower.ir

به تازگی دستگاه هایی به منظور کاهش تلفات ، افزایش بازده و صرفه جویی انرژی موتورهای الکتریکی روانه بازار شده است . این دستگاه ها که تحت عنوان کلی دستگاه های صرفه جوی انرژی (Energy Saving Device : ESD) شناخته می شوند ، بر خلاف دستگاه های کنترل دور بدون تغییر سرعت موتور ، عمل کاهش تلفات موتور را انجام می دهند . در این دستگاه ها به طور معمول

عملکردهای دیگری مانند راه اندازی نرم (Saft Start) نیز اضافه می گردد که در برخی موارد آنها به غلط فقط راه انداز نرم خوانده می شود .

در اواسط دهه هفتاد میلادی ، فرانک نولا از سازمان ناسای آمریکا روشی را برای افزایش توان موتورهای القایی تک فاز ارایه نمود . بدین صورت که با کاهش ولتاژ تغذیه ی آنها در بارهای کم ، ضریب توان آنها را افزایش می دهد . همانگونه که می دانیم در بارهای کم ، تلفات غالب در موتورهای القایی تلفات هسته است که با کاهش ولتاژ کاهش می یابد . بنابراین ، تلفات کلی موتور در بارهای کم ، کاهش و بازده موتور نیز افزایش می یابد .

این روش را بعدها سازندگان و مهندسان توسعه داده و برای موتورهای القایی سه فاز نیز مورد استفاده قرار دادند . این روش مبنایی برای ساخت دستگاه های ESD گردید که در صرفه جویی انرژی در موتورهای القایی تکفاز و سه فاز کاربرد دارند .

امروزه سازندگان عملکردهای دیگری مانند راه اندازی نرم را نیز به این دستگاه ها اضافه تا به جای راه اندازهای مرسوم ، به ویژه ستاره - مثلث نیز می توان از آنها استفاده نمود .

تلفات موتور :

تلفات در ماشین یا همان تلفات داخلی موتور به دو دسته تقسیم می شوند :

۱- تلفات ثابت شامل :

الف) تلفات هسته در روتور و استاتور به خاطر تلفات هیسترزیس و تلفات فوکو

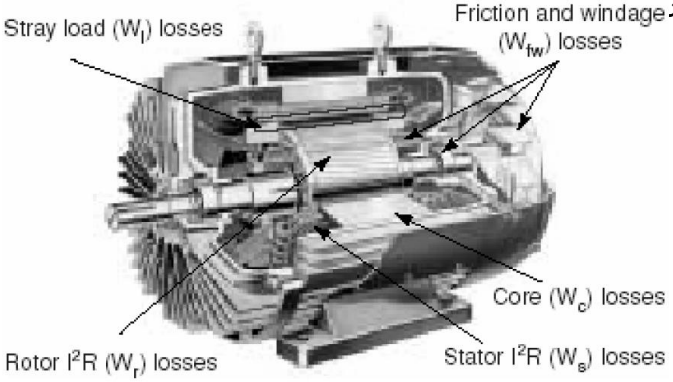
ب) تلفات مکانیکی شامل تلفات اصطکاک و تلفات تهویه

۲- تلفات متغییر که با بار تغییر می نمایند شامل :

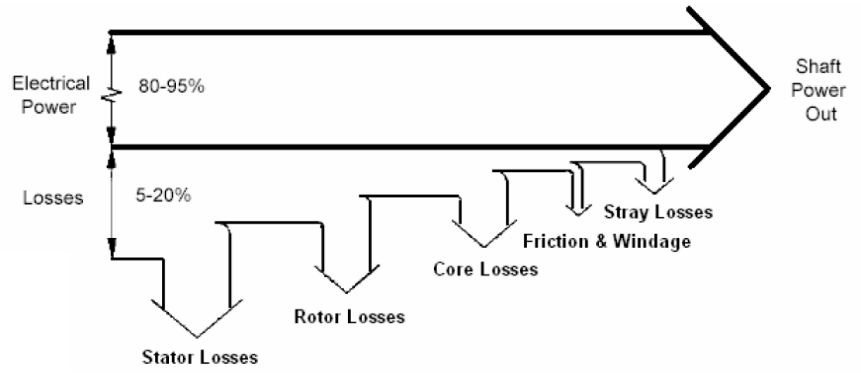
الف) تلفات مسی (اهمی) در استاتور

ب) تلفات مسی (اهمی) در روتور

ج) تلفات پراکنده



شکل ۶-۱- مکان تلفات در موتورهای الکتریکی



شکل ۶-۲- منحنی تبدیل توان الکتریکی به توان خروجی بر روی شفت موتور

تلفات اهمی :

تلفات اهمی از دو بخش ، تلفات اهمی استاتور و تلفات اهمی روتور تشکیل می شود . تلفات اهمی استاتور تابعی از جریان سیم پیچ استاتور و مقاومت سیم پیچ استاتور بوده که به همین خاطر به آن تلفات اهمی (RI^2) می گویند .

طبق رابطه راندمان در موتورهای القایی ، با افزایش راندمان ، ضریب توان کاهش می یابد . برای ثابت ماندن ضریب توان ، جریان استاتور می باید متناسب با افزایش راندمان کاهش یابد . برای افزایش یا بهبود ضریب توان ، جریان استاتور ، بیش از افزایش توان می باید کاهش یابد .

البته از نظر طراحی چنین اقداماتی آسان نیست و ثابت نگهداشتن عوامل دیگر نیز مطرح است . علاوه بر آن تلفات استاتور تابعی از مقاومت سیم پیچ استاتور است . برای آرایش معین ، مقاومت سیم پیچ با وزن آن رابطه معکوس دارد به طوری که هر چقدر وزن سیم پیچ استاتور زیاد گردد ، تلفات کمتر خواهد شد .

از آنجاکه تلفات اهمی با مجذور جریان در ارتباط است ، به میزان باردهی بسیار حساس است و از مقدار حداقل آن در بی باری موتور به مقدار حداکثر در بار کامل افزایش می یابد .

عامل دیگر افزایش تلفات اهمی ، نگهداری نامناسب است . نگهداری نامناسب سبب افزایش اصطکاک و اعمال بار اضافی برمحور شده ولذا موتور ، باراصلی را درجریان الکتریکی بیش ازمقدار اصلی تامین می کند.

در واقع بخشی از توان الکتریکی ورودی صرف تامین بار اصلی و بخشی از آن نیز صرف غلبه بر اصطکاک می گردد.

تلفات هسته :

تلفات مغناطیسی یا همان تلفات هسته شامل تلفات جریان های گردابی موسوم به فوکو و تلفات هیسترزیس در ساختار مغناطیسی موتور برق می باشد . تلفات هسته مستقل از میزان و شرایط باردهی موتور است .

عوامل موثر بر این تلفات عبارت است از :

۱- چگالی شار در ساختار مغناطیسی عامل مهمی در تعیین تلفات مغناطیسی است . تلفات هسته را می توان با افزایش طول ساختارمغناطیسی کاهش دادکه درنتیجه چگالی شار در هسته کاهش می یابد.

۲- تلفات مغناطیسی هسته را می توان با استفاده از ورق های نازک تر در ساختار مغناطیسی کاهش داد . کاهش تلفات مغناطیسی هسته با استفاده از ورق های نازک تر در محدوده از ۱۰ تا ۲۵ درصد ، تابع روش پروسسینگ یا عملیات تکمیلی ورقهای استیل و روش نصب یا مونتاژ هسته مغناطیسی است .

۳- کارخانه های فولاد پیشرفت های چشمگیری در تولید ورقه های استیل با تلفات مغناطیسی کمتر ، از نوع سیلیکنی و نوع نورد کاری شده داشته اند . تلفات مغناطیسی هسته را می توان با استفاده از ورقهای استیل مرغوب سیلیکنی یا بهسازی وافزایش کیفیت ورقهای استیل نوردکاری شده کاهش داد.

۴- با توجه به اینکه چگالی شار در هسته موتور با تغییرات ولتاژ تغییر می کند ، تلفات هسته نیز با تغییرات ولتاژ تغییر خواهد کرد .

تلفات مکانیکی :

تلفات مکانیکی ناشی از اصطکاک قسمت های مکانیکی یعنی یاتاقان ها و گردش در فن تهویه است

تلفات اصطکاک تابعی از اندازه بلبرینگ ، سرعت ، نوع بلبرینگ ، بار و میزان روغنکاری آن است

میزان تلفات مکانیکی تا حد زیادی وابسته به شرایط نگهداری موتور می باشد . با روغنکاری مناسب بلبرینگ ، نظافت قسمت های گردان موتور و اطمینان از بالانس بودن محور ، می توان تلفات مکانیکی موتور را به حداقل رساند .

بخش اعظم تلفات خنک کنندگی مربوط به پروانه تهویه و مقدار تهویه لازم برای رفع گرمای تولید شده به وسیله سایر تلفات در موتور برق است .

یکی از راه های کاهش تلفات تهویه استفاده از پروانه تهویه خارجی در موتورهای برق (کاملاً بسته و خنک شونده باپروانه) است. با استفاده ازتهویه خارجی، اغتشاشات صوتی یا سطح نویز موتورکاهش می یابد.

تلفات پراکنده بار :

تلفات پراکندگی بار ، تلفات باقیمانده در موتور است و تعیین مقدار آن با اندازه گیری مستقیم یا محاسبه دشوار است . این تلفات وابسته به بار است و با مجذور گشتاور خروجی تغییر می کند .

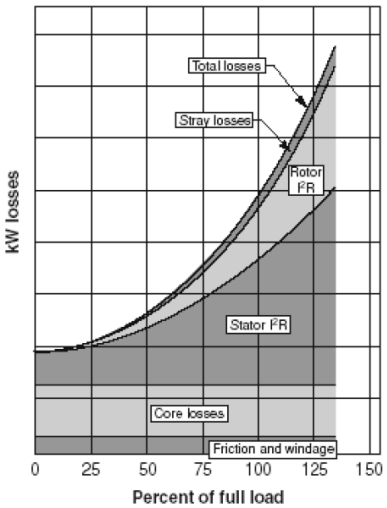
ماهیت تلفات پراکندگی بسیار پیچیده است و تابعی است از المان های مختلف طراحی و عملیات تکمیلی ساخت موتور . بعضی از المان های موثر بر این تلفات عبارت است از :

طرح سیم پیچ استاتور ، نسبت طول فاصله هوایی به دهانه شیار روتور ، نسبت تعداد شیارهای روتور به تعداد شیارهای استاتور ، چگالی شار فاصله هوایی ، حالت سطح فاصله هوایی استاتور ، حالت سطح فاصله هوایی روتور و پیوندادن یا جوش دادن میله های رسانای روتور به ورقه های روتور .

با طراحی دقیق برخی از سازه ها ، تلفات پراکندگی را می توان به حداقل ممکن رساند . به سبب شمار زیاد متغییر های سازنده تلفات پراکندگی ، کنترل تلفات موتور حقیقتاً دشوار است .

دسته بندی تلفات موتور از نظر وابستگی به بار :

ازنظر وابستگی به بار ، تلفات موتور به دو گروه تلفات وابسته به بار و تلفات مستقل از بار تقسیم می گردد . شکل ۶-۳- نمودار وابستگی تلفات به تغییرات بار را نشان می دهد .



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۶-۳- نمودار وابستگی تلفات به تغییرات بار

تلفات وابسته به بار :

سه دسته از تلفات یاد شده وابسته به بار هستند که به طور تقریبی با مربع بار (یا مربع جریان بار) تغییر می کنند . این تلفات شامل تلفات اهمی در سیم پیچ استاتور ، تلفات اهمی در سیم پیچ روتور و تلفات پراکنده بار است .

تلفات مستقل از بار :

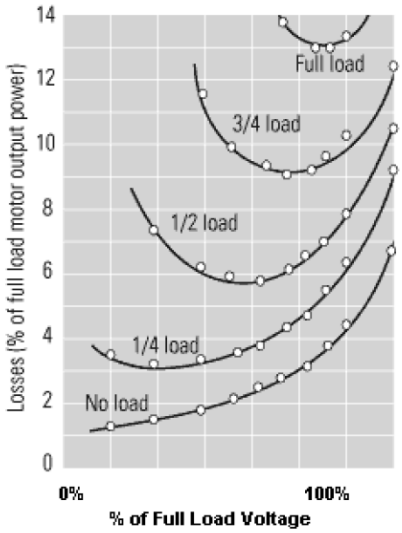
دو تلفات باقیمانده تلفات ثابت یا مستقل از بار هستند . این تلفات ، تلفات هسته و تلفات مکانیکی هستند که با افزایش بار تغییر نمی کنند .

WikiPower.ir

اثر تغییرات ولتاژ بر تغییرات تلفات در موتورهای القایی :

در صورتی که موتور برابر با بار نامی خود بارگذاری شده است ، با کاهش ولتاژ تغذیه جریان آن افزایش می یابد . کاهش ولتاژ باعث کاهش تلفات هسته می شود و افزایش جریان نیز افزایش تلفات اهمی را به همراه خواهد داشت . با توجه به تغییرات تلفات نسبت به بار ، در نواحی کم باری تلفات هسته و در حوالی بار نامی ، تلفات اهمی تلفات غالب است . بنابراین ، اگر در نواحی کم باری موتور ، ولتاژ کاهش یابد ، میزان کاهش تلفات هسته از افزایش تلفات اهمی بیشتر خواهد بود و بنابراین تلفات کلی نیز کاهش می یابد . در عوض اگر در حوالی بار نامی که تلفات اهمی غالب است ، ولتاژ کاهش یابد میزان افزایش تلفات اهمی بیش از کاهش تلفات هسته است و در این حالت تلفات کلی افزایش می یابد . شکل ۶-۴- تغییرات تلفات موتور را در ازای تغییرات ولتاژ تغذیه آن نشان می دهد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۶-۴- تغییرات تلفات موتور در ازای تغییرات ولتاژ بعدیه

اثر اندازه ی موتور بر کاهش تلفات موتورهای الکتریکی :

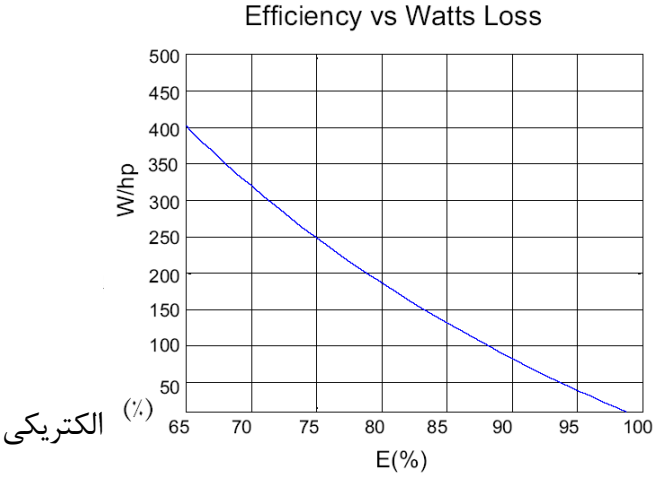
همانگونه که می دانیم هر چه اندازه موتور بزرگ تر شود ، بازده نامی آن افزایش می یابد و میزان درصد تلفات کاهش می یابد . به عبارتی ، هر چه اندازه موتور بزرگ تر باشد ، سهم تلفات از توان نامی کمتر می شود و شاهد کاهش تلفات کمتری خواهیم بود . به طور کلی ، با افزایش توان و بازده یک موتور ، بهبود بازده موتور مشکل تر خواهد شد . برای بدست آوردن میزان تلفات بر حسب وات به ازای یک اسب بخار توان موتور ، کافی است به جای توان خروجی مقدار ۷۴۶ (ضریب تبدیل : ۱ اسب بخار = ۷۴۶ وات) را قرار دهیم . رابطه و شکل ۶-۵- به بیان این مطلب می پردازد .

$$W = P_{out} \times (\frac{100 - \eta}{\eta})$$

= تلفات $(watt)$

P_{Out} = توان خروجی $(watt)$

η = بازده



شکل ۶-۵- الکتریکی

بنابراین ، اهمیت افزایش بازده در بازده های پایین به مراتب بیش از افزایش بازده در بازده های بالا و به همان میزان است . به طور مثال اگر در یک موتور ۳۰ اسب بخار ، بازده را از ۹۱ درصد به میزان ۲ درصد بهبود ببخشیم و به میزان ۹۳ درصد برسانیم خواهیم داشت :

میزان تلفات در بازده ۹۱ ٪ :

$$W = 30 \times 746 \times \left(\frac{100 - 91}{91} \right) = 2220 \quad w$$

میزان تلفات در بازده ۹۳ ٪ :

$$W = 30 \times 746 \times \left(\frac{100 - 93}{93} \right) = 1680 \quad w$$

بنابراین با افزایش بازده از میزان ۹۱ درصد به ۹۳ درصد ، تلفات به میزان ۵۴۰ وات کاهش می یابد .

حال اگر بازده از ۶۶ درصد به میزان ۲ درصد افزایش یافته و به مقدار ۶۸ درصد برسد داریم :

میزان تلفات در بازده ۶۶ ٪ :

$$W = 30 \times 746 \times \left(\frac{100 - 66}{66} \right) = 11520 \quad w$$

میزان تلفات در بازده ۶۸ ٪ :

$$W = 30 \times 746 \times \left(\frac{100 - 68}{68} \right) = 10530 \quad w$$

در این حالت ، میزان کاهش تلفات ۹۹۰ وات خواهد بود که حدود دو برابر مقدار قبلی است . بنابراین افزایش بازده موتورهای الکتریکی که بازده پایینی دارند به مراتب مفیدتر از همان میزان افزایش بازده در موتورهای الکتریکی مشابه است که در نقطه کار با بازده بالاتری قرار دارند .

پتانسیل صرفه جویی انرژی با استفاده از دستگاه ESD :

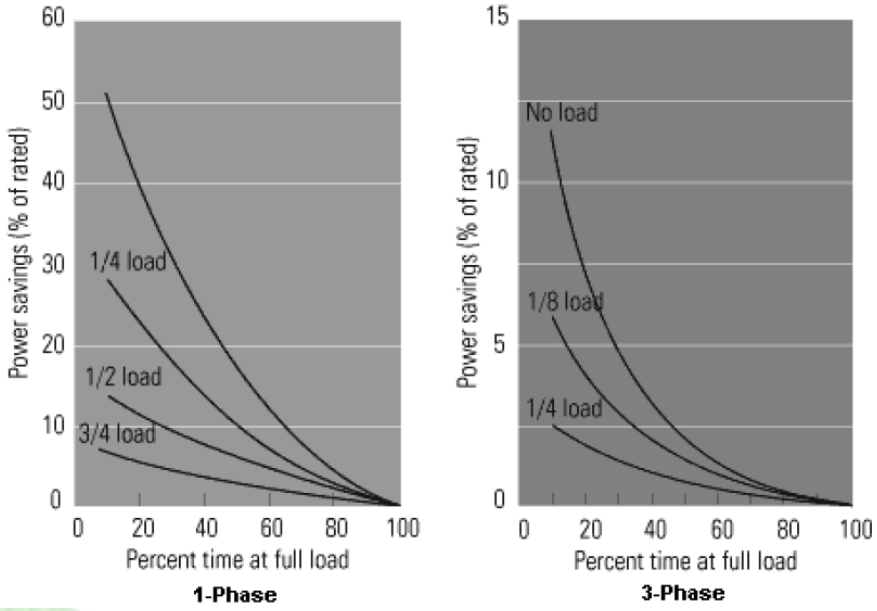
درموتورهای القایی سه فاز درنواحی کم باری ، تلفات هسته بیش از نیمی از کل تلفات را تشکیل می دهد . در حالیکه در نواحی نزدیک به بار نامی ، این رقم در حدود ۱۰ تا ۲۰ درصد از کل تلفات است .

این ارقام در موتورهای تک فاز بیشتر خواهد بود . دستگاه های ESD با کاهش ولتاژ منجر به کاهش تلفات هسته و تا حدی کاهش تلفات پراکنده بار می گردند و طبق برآوردهای انجام شده این دستگاه ها به طور نمونه می توانند حدود نیمی از تلفات هسته راکاهش دهند.

بنابراین پتانسیل صرفه جویی استفاده از این دستگاه ها بسته به شرایط کاری موتور و میزان بار آن متغییر است .

شکل ۶-۶- پتانسیل های صرفه جویی در موتورهای سه فاز و تکفاز را در حالت استفاده از دستگاه های ESD نشان می دهد .

همانگونه که مشاهده می کنیم پتانسیل صرفه جویی در موتورهای سه فاز به مراتب کمتر از موتورهـای تکفاز است .



شکل ۶-۶- پتانسیل های صرفه جویی در موتورهای سه فاز و تکفاز با دستگاه های ESD

همچنین ساعت هایی که موتور مورد نظر در حالت کم بار یا بی بار کار می کند نیز در پتانسیل یاد شده تاثیر دارد و هر چه موتور مدت بیشتری در حالت بی بار یا کم بار کار کند پتانسیل صرفه جـویی انـرژی بیشتری در صورت استفاده از این دستگاه خواهد داشت .

موارد استفاده از دستگاه های ESD :

همانگونه که گفتیم بیشترین پتانسیل صرفه جویی برای استفاده از دستگاه های ESD را موتورهای تکفاز با اندازه کوچک دارند . البته در صورتی که درصد بالایی از زمان کار آن ها در حالت بی باری یا کم باری باشد . البته بسته به کاربرد موتورهای سه فاز نیز می توانند دارای پتاسیل خوبی باشند

ولی در هر صورت قبل از اقدام به خرید این دستگاه باید اندازه گیری ها و ممیزی های لازم برای تعیین وضعیت بار موتور در حالت ها و زمان های مختلف صورت گیرد و مدت زمـان بازگشـت سـرمایه آن نیـز مشخص گردد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

بیشترین استفاده از این دستگاه ها در بالابرها ، نوار نقاله ها ، پله برقی ماشین های قالب ریزی ، دوخت ، بسته بندی ، سنگ شکن و ... است .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هفتم

WikiPower.ir

مدیریت زمان کارکرد موتور

مدیریت کار موتورهای الکتریکی مانند خاموش کردن موتورها و یا جابجایی کار آن ها از ساعات اوج بار به ساعت های کم باری و عادی ، یکی از روش های بدون هزینه و کم هزینه در صرفه جویی و کاهش هزینه انرژی الکتریکی است .

در بسیاری از موارد در شروع روز کاری ، موتورها روشن می شوند لیکن به طور پیوسته به کار نمی ایند . افت و اتلاف انرژی در حین مدت روشن بودن هرز ، می تواند مقدار قابل توجهی باشد . همچنین در بسیاری موارد می توان کار موتور را از ساعت های اوج بار جابجا کرد و از مزایای انرژی الکتریکی ارزان تر استفاده نمود .

به کمک مدیریت زمان کار دستگاه می توان به یکی از هدف های زیر دست یافت :

- کاهش مصرف انرژی
- کاهش هزینه ی ناشی از نرخ انرژی ارزان تر

کاهش مصرف انرژی :

ساده ترین راه نیل به صرفه جویی ، خاموش کردن موتور در هنگامی است که مورد نیاز نباشد . حداکثر تعداد دوره های روشن/خاموش شدن درهرساعت و زمان خاموشی ماکزیمم بین دو دوره ، تابعی از اندازه ی موتور ، نوع بار موتور (متغییر یا ثابت) و سرعت موتور است . در بسیاری از موارد در شروع روز کاری موتورها روشن شده ولی دایم به کار نمی ایند .

برای خاموش کردن موتور می توان هم به صورت دستی و هم به صورت خودکار عمل نمود . ابزارهایی وجود دارند که توقف خودکار موتور را آسان می نمایند .

مدت زمان خاموشی موتورها را هم می تواند فرایند تعیین کند و هم در مدتی از پیش تعیین شده ، به طور خودکار موتور را خاموش کند .

به عنوان مثال در موارد زیر می توان خاموشی موتورها را به عنوان یکی از روش های صرفه جویی در مصرف انرژی مورد استفاده قرار داد :

- کاربردهایی وجود دارد که در آن موارد و تحت شرایط کارکرد عادی ، ممکن است یک واحد خاص مورد نیاز نباشد . مثلاً واحدهایی را که هوا انتقال می دهند می توان بدون تاثیر قابل ملاحظه ای در کیفیت هوا در فضای تهویه شده در دوره های زمانی چشمگیری خاموش کرد .
- مواردی وجود دارد که کار یک یا چند موتور به کار قسمت دیگری از پروسه مربوط می شود . نمونه این مورد را می توان موتور نقاله ها و بالابرها دانست که در صورتی مورد نیاز هستند که

بار مشخصی روی آنها برای انتقال قرار گیرد و در فاصله زمانی که بار برای جابجایی آماده می شود ، می توان موتور نقاله یا بالابر را خاموش کرد . در این حالت می توان با استفاده از اینترلاک های مناسب ، موتور را در حالت بی باری خاموش کرد .

- در مواردی پمپ ها و کمپرسورها هنگام بسته بودن شیرها کار می کنند . در این حالت نیز می توان با خاموش کردن موتورها مدت زمان کار آنها را در حالت بی باری کاهش داد .
- در برخی موارد برای تعمیر و حل مشکل در قسمتی از پروسه ، موتورهای دیگر در قسمت هایی که مورد نیاز نیستند روشن می مانند و بی بار کار می کنند که می توان با بررسی و خاموش کردن خودکار آنها ، در مصرف انرژی صرفه جویی کرد .
- مواردی نیز وجود دارد که ماشین افزاری در مدت استراحت برای صرف غذا و یا بین عملیات مختلف روشن باقی می ماند . در این گونه موارد می توان با خاموش کردن موتورها در مدت زمان مشخص از کار بی بار موتور جلوگیری کرد .

جلوگیری از خاموش - روشن کردن های اضافی :

معمولاً سازندگان موتورهای الکتریکی ، طبق استاندارد ، تعداد معینی از خاموش و روشن کردن موتورها را مجاز می دانند . حتی مدت زمانی که پس از هر خاموش کردن باید بگذرد تا بتوان موتور را روشن کرد ، از مواردی است که باید به آن اشاره نمود .

عدم توجه به تعداد روشن – خاموش کردن موتورها و بی توجهی به زمان مورد نیاز بین خاموش کردن تا روشن کردن بعدی موجب آسیب دیدن موتور و کاهش عمر موتور خواهد شد . آسیب دیدن موتور ممکن است به افزایش تلفات و کاهش بازده نیز منجر شود .

جدول ۷-۱- حداکثر تعداد روشن – خاموش کردن مجاز و حداقل مدت زمان خاموش ماندن موتور را برای موتورهای ۲ تا ۶ قطب نشان می دهد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

HP	2 Pole			4 Pole			6 Pole		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
1	15	1.2	75	30	5.8	38	34	15	33
1.5	12.9	1.8	76	25.7	8.6	38	29.1	23	34
2	11.5	2.4	77	23	11	39	26.1	30	35
3	9.9	3.5	80	19.8	17	40	22.4	44	36
5	8.1	5.7	83	16.3	27	42	18.4	71	37
7.5	7.0	8.3	88	13.9	39	44	15.8	104	39
10	6.2	11	92	12.5	51	46	14.2	137	41
15	5.4	16	100	10.7	75	50	12.1	200	44
20	4.8	21	110	9.6	99	55	10.9	262	48
25	4.4	26	115	8.8	122	58	10.0	324	51
30	4.1	31	120	8.2	144	60	9.3	384	53
40	3.7	40	130	7.4	189	65	8.4	503	57
50	3.4	49	145	6.8	232	72	7.7	620	64
60	3.2	58	170	6.3	275	85	7.2	735	75
75	2.9	71	180	5.8	338	90	6.6	904	79
100	2.6	92	220	5.2	441	110	5.9	1181	97
125	2.4	113	275	4.8	542	140	5.4	1452	120
150	2.2	133	320	4.5	640	160	5.1	1719	140
200	2.0	172	600	4.0	831	300	4.5	2238	265
250	1.8	210	1000	3.7	1017	500	4.2	2744	440

Where: A = Maximum number of starts per hour.
B = Maximum product of starts per hour times load Wk^2.
C = Minimum rest or off time in seconds between starts.

جدول ۷-۱- حداکثر تعداد روشن – خاموش کردن مجاز و حداقل مدت زمان خاموش ماندن موتور

کاهش هزینه ناشی از نرخ انرژی ارزان تر :

جابجایی زمان کار موتور از دوره ی اوج بار به دوره ی کم بار و عادی ، به عنوان یکی از راه های مدیریت مصرف انرژی در موتورهای الکتریکی مطرح است . برای تشخیص میزان موفقیت در جابجایی مصرف موتور به ناحیه های کم بار و عادی از کنتورهای تعرفه دار استفاده می شود . دارا بودن کنتورهای تعرفه دار این امکان را به مشترکان می دهد که با اعمال مدیریت زمان کار و جابجایی مصرف انرژی از ناحیه ی اوج به ناحیه ی کم بار و عادی ، بتوانند از تخفیف استفاده هر چه بیشتر از ساعت های کم بار بهره

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

گرفته شود و از جریمه های در نظر گرفته شده برای محاسبه ی هزینه ی انرژی مصرفی در ساعت های اوج بار جلوگیری کنند .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل هشتم

WikiPower.ir

استفاده از اتصال همیشه ستاره

در حالت کم بار تغذیه موتور

استفاده از اتصال همیشه ستاره در حالت کم بار برای تغذیه همیشگی آنها ، در موتورهایی که از راه انداز ستاره - مثلث برای راه اندازی استفاده می گردد ، یکی از روش های بدون هزینه در صرفه جویی مصرف انرژی موتورهای الکتریکی است .

باید دقت نمود که اتصال همیشه ستاره پس از اطمینان از دارا بودن شرایط انجام گیرد . در کاربردهایی که موتور به طور دایم زیر بار کمتر از ۵۸ ٪ بار نامی کار می کند ، اتصال همیشه موتور به صورت ستاره منجر به صرفه جویی در مصرف انرژی الکتریکی خواهد شد .

ولی در موراد دیگر ، نه فقط باعث کاهش تلفات نمی گردد ، بلکه ممکن است موجب افزایش تلفات و حتی آسیب رساندن به موتور گردد .

انواع روش های راه اندازی موتور القایی :

موتورهای قفس سنجابی غالباً مستقیماً به شبکه وصل می گردد . البته گاهی ممکن است در لحظه راه اندازی ، موتور جریانی معادل ۵ تا ۸ برابر جریان اسمی از شبکه بکشد . اگر این جریان شدید در خط تغذیه افت ولتاژ قابل ملاحظه ایجاد کند ، ممکن است بر عملکرد مصرف کننده های دیگر متصل به خط تغذیه اثر نامطلوب بگذارد . همچنین اگر جریان شدید در مرحله ی راه اندازی به مدت طولانی در موتور برقرار شود ، ممکن است سیم پیچ های استاتور را داغ کند و عایقها را صدمه بزند . لذا برای کاهش جریان راه اندازی ، روش های زیر مورد استفاده قرار می گیرد :

یکی از روش های راه اندازی موتور القایی استفاده از اتوترانس کاهنده برای راه اندازی موتورهای سه فاز می باشد. در این روش ولتاژ را کم کم زیاد نموده و وقتی که سرعت موتور به حوالی سرعت مطلوب رسید ، اتو ترانس را از مدار خارج می نماییم .

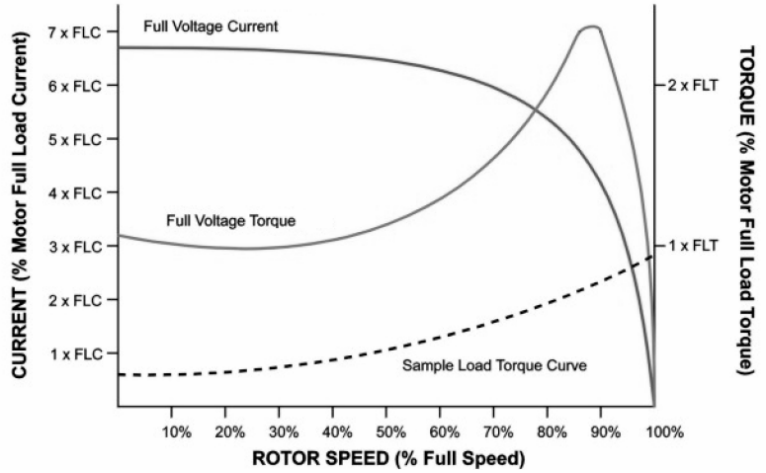
روش دوم استفاده از مقاومت راه انداز در روتور موتورهای القایی سیم پیچی شده است . در این روش تمام مقاومت ها را در مدار روتور قرار داده و پس از رسیدن موتور به ولتاژ و سرعت نامی ، یکی یکی مقاومت ها را از مدار خارج می کنیم .

روش سوم استفاده از کنترل کننده های ولتاژ الکترونیکی جهت کاهش ولتاژ اعمالی به موتور در لحظه راه اندازی می باشد . این سیستم کنترل یک راه اندازی آرام را مهیا می سازد . از این سیستم نیز می توان برای کنترل سرعت موتورهای القایی استفاده نمود که در بالا به آن اشاره شد .

روش آخر استفاده از راه انداز ستاره - مثلث می باشد در زیر به آن اشاره می گردد .

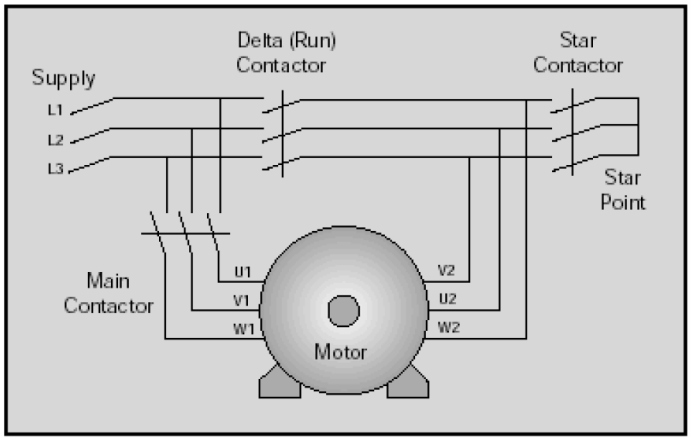
راه اندازی ستاره – مثلث موتور :

همانگونه که می دانیم سعی می گردد جریان راه اندازی موتورهای بیش از ۴ کیلووات که چندین برابر جریان نامی آنها است به روش های مختلف کاهش یابد . شکل ۸-۱- مشخصات گشتاور جریان یک موتور نمونه را نشان می دهد .



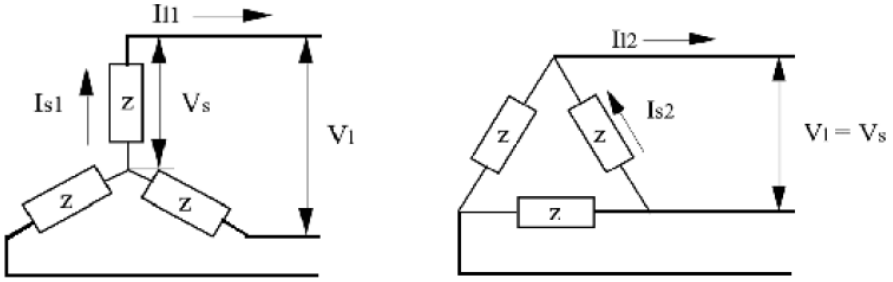
شکل ۸-۱- مشخصات گشتاور جریان یک موتور نمونه

در این موتور جریان راه اندازی حدود ۶/۷ برابر جریان نامی است . شاید ساده ترین و شناخته شده ترین روش برای راه اندازی ، اتصال به صورت ستاره است و پس از طی مدت زمان از پیش تعیین شده ای ، موتور با اتصال مثلث به کار خود ادامه می دهد . این کار با سه کنتاکتور اصلی ، مثلث و ستاره انجام می پذیرد. شکل۸-۲- دیاگرام راه اندازستاره – مثلث یک موتور سه فاز رانشان می دهد.



شکل ۸-۲- دیاگرام راه اندازستاره – مثلث یک موتور سه فاز

در زیر نیز به صورت شماتیک اتصال ستاره و مثلث ، برای موتور نشان داده شده است .



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۸-۳- طرح شماتیک اتصال ستاره و مثلث

راه اندازی به صورت اتصال ستاره باعث می گردد تا ولتاژ فازهای موتور به میزان $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر و جریان راه اندازی موتور به میزان یک سوم در مقایسه با راه اندازی به صورت مثلث کاهش یابد .

در حالت ستاره داریم :

$$V_S = \frac{V_1}{\sqrt{3}}$$

$$I_{S1} = \frac{V_S}{Z} = \frac{V_1}{Z} \times \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$I_{I1} = I_{S1} = \frac{V_1}{Z} \times \frac{1}{\sqrt{3}}$$

در حالت مثلث داریم :

$$V_S = V_1$$

$$I_{S2} = \frac{V_S}{Z} = \frac{V_1}{Z}$$

$$I_{I2} = I_{S2} \times \sqrt{3} = \frac{V_1}{Z} \times \sqrt{3}$$

بنابراین خواهیم داشت :

$$\frac{I_{I1}}{I_{I2}} = \frac{\frac{V_1}{Z} \times \frac{1}{\sqrt{3}}}{\frac{V_1}{Z} \times \sqrt{3}} = \frac{1}{3}$$

شرایط لازم در اتصال همیشه ستاره برای صرفه جویی در مصرف انرژی :

اتصال دایمی موتور به صورت ستاره می تواند باعث صرفه جویی در مصرف انرژی گردد . در این حالت ، برای جلوگیری از آسیب دیدن موتور و صرفه جویی در مصرف انرژی ، شرایط زیر باید برای سیستم موتور فراهم گردد :

۱- ملاحظه می گردد که جریان خط در اتصال ستاره یک سوم جریان خط در اتصال مثلث است ولی جریان سیم پیچ ها $\sqrt{3}$ برابر کمتر (۵۸ ٪) است .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

پس یک موتور درحالت ستاره می تواند فقط تا ۵۸ ٪ بار نامی به بار جریان بدهد و بارهای بیش از این مقدار باعث اضافه بار شدن موتور خواهد شد که ممکن است باعث گردد موتور آسیب ببیند و سیم پیچ های آن بسوزد .

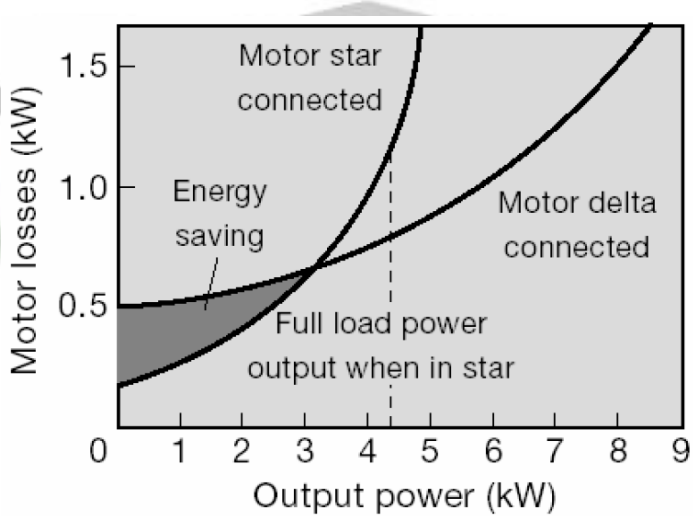
بنابراین کمتر بودن بار از ۵۸ ٪ بار نامی موتور اولین شرط است .

۲- در اتصال ستاره ولتاژ سیم پیچ کاهش می یابد . کاهش ولتاژ در بارهای کمتر از بار نامی باعث کاهش تلفات هسته می گردد که با مربع ولتاژ نسبت مستقیم دارد و به بار موتور بستگی ندارد .

از طرفی برای تامین گشتاور مورد نیاز یک بار مشخص ، با کاهش ولتاژ جریان مورد نیاز آن افزایش می یابد . افزایش جریان سیم پیچ نیز منجر به افزایش تلفات اهمی سیستم خواهد شد .

در بارهای کم میزان تلفات هسته از تلفات اهمی بیشتر است و بنابراین ، کاهش بیشتری در کل تلفات موتور ایجاد خواهد شد که منجر به افزایش بازده ، حتی بیش از بازده نامی خواهد شد .

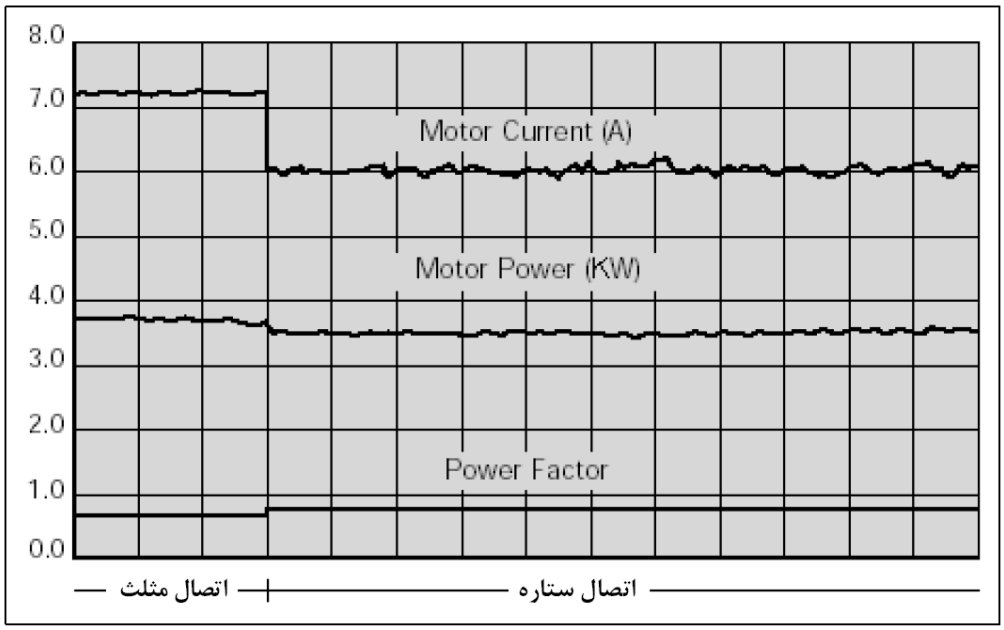
هنگامی که بار موتور به حدود ۴۰ تا ۴۵ درصد بار نامی می رسد ، مقدار کاهش تلفات هسته به طور تقریبی برابر با افزایش تلفات اهمی خواهد شد . در این شرایط در مصرف انرژی حدود ۵ تا ۱۰ درصد صرفه جویی رخ خواهد داد .



شکل ۸-۱- کاهش تلفات موتور الکتریکی در حالت اتصال ستاره

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل وجدول زیر مقایسه مشخصات موتور ۵/۷ کیلوواتی در دو اتصال ستاره و مثلث می باشد :



مشخصات موتور	مقادیر نامی	مقادیر اندازه‌گیری‌شده	
		اتصال ستاره	اتصال مثلث
توان خروجی، kW	۵/۷	۲۲/۳	۲۲/۳
جریان، A	۲۰/۱۴	۰۲/۶	۲۴/۷
ضریب توان	۸۲/۰	۸۳/۰	۷۲/۰
بازده، %	۹۰/۸۷	۹۰/۸۹	۴۰/۸۵
توان ورودی، kW	۵۳/۸	۵۸/۳	۷۷/۳

جدول ۸-۱- مقایسه مشخصات موتور ۵/۷ کیلوواتی در دو اتصال ستاره و مثلث

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل نهم

استفاده از تجهیزات انتقال نیروی مکانیکی با بازده بیشتر در موتور

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

تجهیزات انتقال نیروی مکانیکی برای انتقال نیروی مکانیکی خروجی موتور به بار موتور استفاده می گردد . توجه به این تجهیزات از نظر نوع ، نحوه نصب و بازده می تواند از دیدگاه مصرف انرژی الکتریکی قابل تامل باشد .

با توجه به نوع کاربر و شرایط بار ، تجهیزات مختلفی مانند تسمه ، زنجیر، چرخ دنده به کار گرفته می شود . استفاده از برخی انواع این تجهیزات که دارای بازده بیشتر می باشند ، باعث کاهش تلفات و صرفه جویی در مصرف انرژی خواهد شد .

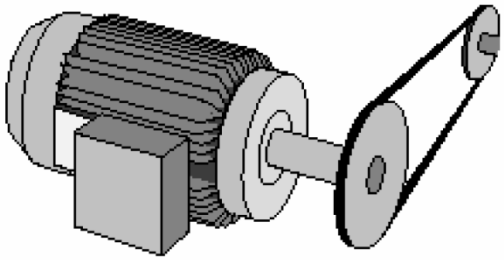
به طور معمول انتخاب تسمه یا زنجیر و یا چرخ دنده در اختیار مصرف کننده نیست و به عوامل مختلفی مانند نوع بار موتور ، نحوه نصب موتور و ... بستگی دارد و معمولاً توسط سازندگان تجهیزات مختلف صورت می گیرد . ولی مصرف کنندگان نهایی تجهیزات می توانند از انواع با بازده بیشتر آنها به ویژه در مورد تسمه ها با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی قیمت اولیه ، هزینه انرژی پرداختی و مدت زمان بازگشت سرمایه استفاده کنند .

تسمه :

حدود یک سوم موتورهای الکتریکی که در بخش های الکتریکی و تجاری مورد استفاده قرار می گیرند ، از تسمه برای انتقال نیروی مکانیکی موتور به بار استفاده می نمایند . استفاده از تسمه باعث ایجاد انعطاف و آزادی بیشتر برای نصب موتور نسبت به موقعیت بار می گردد .

برای انتقال نیروی مکانیکی ، تسمه ها را دور پولی (قرقره) قرار می دهند . با استفاده از پولی های با قطرهای مختلف ، می توان سرعت چرخش بار را کم و یا زیاد نمود . اگر یک سیستم انتقال نیروی تسمه ای به درستی انتخاب و نصب گردد ، بازده بالاتر و نویز و لرزش کمتری خواهد داشت .

در زیر استفاده از تسمه برای انتقال نیروی مکانیکی موتور به بار نشان داده شده است .



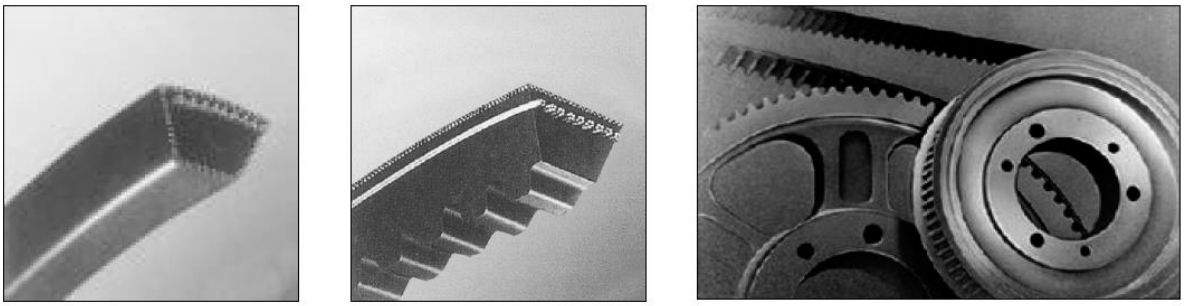
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۹-۱- استفاده از تسمه برای انتقال نیروی مکانیکی موتور به بار

تسمه ها نیاز به روغنکاری ندارند و هزینه ی نگهداری آن ، نسبت به سایر انتقال دهنده های نیرو کمتر است .

انواع مختلفی از تسمه ها وجود دارد که در چهار نوع کلی تسمه های معمولی تخت ، تسمه های V شکل ، تسمه های شیاردار V شکل و تسمه های سنکرون دسته بندی می گردد .

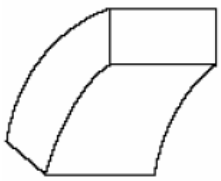
تسمه های معمول مورد استفاده تسمه های V شکل هستند و برای گشتاورهای بالاتر ، از سیستم تسمه های مختلف استفاده می گردد . شکل های زیر نمونه هایی از سیستم تسمه های مختلف را نشان می دهد .



به طور کلی بازده تسمه ها به عوامل مختلفی از قبیل ساختمان تسمه ، اندازه پولی ، گشتاور مورد نیاز ، شلی و سفتی تسمه ، میزان بار اعمالی به آن و سن تسمه بستگی دارد . این مقدار حداکثر ۹۵ ٪ تا ۹۸ ٪ است که گذشت زمان و افزایش سن یک تسمه باعث کاهش بازده آن تا ۵ ٪ خواهد شد . از نظر بازده ، تسمه های سنکرون بیشترین بازده را دارند و پس از آن تسمه های شیاردار ، بازده بیشتری نسبت به تسمه های تخت دارند .

۱- تسمه تخت :

ساده ترین نوع تسمه ، تسمه ی تخت است . این تسمه ها صاف و بدون شیار هستند و دارای سطح مقطع یکسان مستطیل شکل می باشند . عمل انتقال نیرو توسط تماس اصطکاکی این



تسمه ها با پولی تخت امکان پذیر می گردد . این تسمه ها در هنگام کار ، نیروی موتور را با مقداری لغزش به بار تحویل می دهند و بنابراین بار دورکمتری نسبت به موتور خواهد داشت . در زیر نمونه ای از یک تسمه تخت نمایش داده شده است .

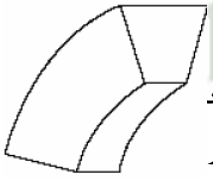
شکل ۹-۳- نمونه ای از یک تسمه تخت

۲- تسمه V شکل :

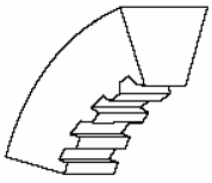
معمولی ترین نوع تسمه ، تسمه V شکل است . این تسمه ها نیز صاف و بدون شیار هستند ولی سطح مقطع آنها ذوزنقه ای شکل است . ذوزنقه ای بودن این نوع تسمه ها باعث افزایش اصطکاک بین تسمه و پولی می گردد . ولی نمی توان بدون تعویض پولی ، آنها را جایگزین تسمه های تخت کرد . این تسمه ها نیز نیروی موتور را با لغزش به بار تحویل می دهند و بار دور کمتری را نسبت به موتور خواهد داشت . گذشت زمان و افزایش سن تسمه V شکل ، باعث افزایش لغزش و تلفات انرژی خواهد شد . به طور کلی می توان بازده یک تسمه V شکل را که تازه نصب نباشد ، ۹۳ ٪ در نظر گرفت .

شکل ۹-۴- نمونه ای از یک تسمه V شکل

۳- تسمه شیار دار V شکل :



این تسمه ها دارای شیارهایی هستند که باعث کاهش مقاومت خمشی آنها می شود . این تسمه ها را با پولی های کوچکتر به کار برد . این تسمه ها نسبت به انواع قبل خنک تر کار می کنند و طول عمر بیشتری هستند . می توان این نوع تسمه را با همان پولی تسمه ی V شکل به کار برد و نیازی به تغییر پولی آن نیست . این نوع نیز مانند تسمه V شکل دارای لغزش می باشند . بازده انرژی این نوع تسمه ، حدود ۲ ٪ بیش تر از تسمه V شکل است .



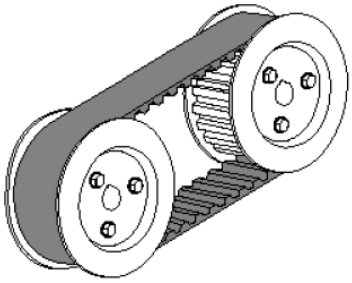
شکل ۹-۵- نمونه ای از یک تسمه شیار دار V شکل

۴- تسمه سنکرون :

تسمه های سنکرون به جای شیار دارای دندانه هایی هم در خود تسمه و هم در پولی آنها می باشند . این تسمه ها نیاز به نگهداری و بازبینی کمتری دارند و دارای عملکرد بدون لغزش هستند . لغزش صفر آنها باعث شده تا بالاترین بازده انرژی را در میان انواع تسمه داشته باشند . بازده انرژی آنها حدود ۹۸ ٪

است که درگستره ی وسیعی ازبارها و در زمان های طولانی ثابت می ماند. از معایب استفاده از این نوع تسمه ها می توان به سر و صدای زیاد ، مناسب نبودن برای بارهای ضربه ای که می تواند منجر به آسیب رسیدن به دندانه های آن ها می شود و نیاز به قرار گرفتن کامل شیارهای تسمه و پولی که در برخی موارد به سختی امکان پذیر است ، اشاره نمود .

ولی مزیت تسمه های شیاردار نسبت به آنها لرزش کمتر و عدم نیاز به تعویض پولی در صورت جایگزینی با تسمه های تخت است .



شکل ۹-۳- نمونه ای از یک تسمه سنکرو

فعالیت های پیشنهادی برای استفاده از تسمه ها :

ابتدا لیستی از کلیه ی سیستم های موتور الکتریکی که از تسمه برای انتقال نیرو استفاده می کنند از نظر نوع بار ، وضعیت تسمه از نظر شل و سفتی و زمان کار آنها تهیه کنید .

در مواردی که با توجه به ملاحظات اقتصادی ، مانند هزینه ی اولیه ، هزینه ی انرژی در دوره ی عمر و مدت زمان بازگشت سرمایه و نیز ملاحظات فنی و کاری مانند وجود بارهای ضربه ای ، نیاز به لرزش کمتر و نوع بار مانند فن و یا پمپ سانتریفیوژ ، استفاده از تسمه های سنکرون مناسب تشخیص داده شود ، از این تسمه ها برای انتقال نیرو بهره می گیریم .

در مواردی که ملاحظات پیش گفته ، استفاده از تسمه سنکرون را مناسب به منظور رسیدن به صرفه جویی انرژی دانست ، از تسمه های شیاردار به جای تسمه های معمولی استفاده می کنیم .

باید دقت کرد که تسمه ها بدون توجه به نوع آنها به درستی انتخاب و نصب گردند که از کوچک یا بزرگ بودن و شل و سفتی آنها جلوگیری و بهترین بازده حاصل گردد .

ملاحظات استفاده از تسمه های سنکرون برای پمپ ها و فن سانتریفیوژ ها :

همانگونه که می دانیم در بارهای مانند پمپ و یا فن سانتریفیوژها با توجه به قوانین افینیتی حاکم بر سیالات ، توان مصرفی با مکعب دور پمپ و یا فن نسبت مستقیم دارد . به گونه ای که کوچکترین افزایش در دور ، منجر به افزایش مصرف انرژی خواهد شد . از آنجایی که تسمه های سنکرون به دلیل نداشتن لغزش ، دور موتور را به بار منتقل می کنند ، ولی تسمه های تخت و شیاردار با مقداری لغزش دور موتور را به بار منتقل می کنند ، استفاده از تسمه های سنکرون به تنهایی ممکن است منجر به

افزایش مصرف انرژی به جای کاهش آن گردد . این مطلب در هنگام انتخاب تسمه هـای سـنکرون بایـد مورد توجه قرار گیرد .

محاسبات صرفه جویی اقتصادی و انرژی در سیستم های انتقال نیروی مکانیکی با بازده بیشتر :

برای محاسبه میزان انرژی و هزینه صرفه جویی شده در استفاده از تجهیزات انتقال نیروی با بازده بیشتر می توان روابط زیر را به کار بست .

$$ES = EU \times \left[1 - \frac{E_1}{E_2}\right] \quad , \quad EU = \frac{P_r \times L_w \times hr}{E_1}$$

ES = انرژی صرفه جویی شده در یک دوره زمانی (به طور معمول سالانه) (KWh)

EU = انرژی مصرف شده در همان دوره ی زمانی (KWh)

P_r = توان نامی موتور (KW)

L_w = درصد بار نامی

hr = ساعات کارکرد در همان دوره ی زمانی

E_1 = بازده کمتر سیستم انتقال نیرو (٪)

E_2 = بازده بیشتر سیستم انتقال نیرو (٪)

به ازای مقادیر صرفه جویی انرژی و با توجه به قیمت انرژی الکتریکی ، می توان صرفه جـویی اقتصـادی ناشی از بهبود بازده سیستم انتقال نیرو را از رابطه زیر بدست آورد :

$$RS = ES \times C$$

RS = صرفه جویی اقتصادی (ریال)

ES = صرفه جویی انرژی (KWh)

C = قیمت انرژی (Rls/KWh)

برای انجام محاسبات زمان بازگشت سرمایه از رابطه ی زیر استفاده می کنیم :

$$Pb = \frac{IC}{RS}$$

Pb = زمان بازگشت سرمایه (سال)

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

IC = هزینه ی اضافی جایگزینی سیستم با بازده بالاتر شامل هزینه ی خرید و هزینه های جانبی (ریال)

RS = صرفه جویی ریالی در مصرف انرژی (ریال در سال)

مثال :

یک موتور فن ۷۵ کیلووات که به صورت پیوسته در ۷۵ ٪ بار نامی خود درحال کاراست ، دارای بازده ۹۳ ٪ است . این موتور برای انتقال نیروی خود از تسمه ی معمولی استفاده می کند . در صورت جایگزینی تسمه آن با یک تسمه سنکرون ، میزان صرفه جویی ریالی و انرژی با نرخ انرژی ۱۵۰ ریال بر کیلووات ساعت عبارت است از :

$$EU = \frac{75 \times \%75 \times 8760}{\%93} = 529839 \quad KWh/Yr$$

$$ES = 529839 \times \left[1 - \frac{93}{98}\right] = 27033 \quad KWh/Yr$$

$$RS = 27033 \times 150 = 4054950 \quad Rls/Yr$$

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل دهم

WikiPower.ir

نگهداری و تعمیر مناسب

سیستم های موتور

نگهداری و تعمیر مناسب موتورهای الکتریکی همواره به عنوان یکی از روش جلوگیری از افزایش مصرف انرژی در تمامی سیستم ها و به ویژه در سیستم های موتور الکتریکی در نظر گرفته می شود . عدم نگهداری مناسب علاوه بر اتلاف انرژی باعث کاهش طول عمر مفید موتور نیز خواهد شد . بنابراین بایستی با تعمیر و نگهداری مناسب (برنامه نت) شرایط کار موتورهای الکتریکی را به گونه ای فراهم نمود تا میزان اتلاف انرژی به کمترین مقدار خود برسد .

هرکسی می داند که نگهداری خوب می باشد . در گذشته نگهداری به دو منظور انجام می پذیرفت :

یکی نگهداری تجهیزات در برابر مشکلات نابهنگام و دیگر اینکه تجهیزات طوری تنظیم شوند تا کاربردها بهینه گردد .

لذا امروزه در طرح نگهداری پیش گیرانه هر یک از دو هدف فوق مورد نظر می باشد . یک تحقیق نشان داد که نیمی از تلفات مربوط به خرابی تجهیزات الکتریکی را می توان با یک برنامه نگهداری پیشگیرانه موثر کاهش داد و به میزان زیادی راندمان را افزیش دهیم .

به تازگی توجهات به سوی نگهداری پیشگیرانه معطوف شده است. نگهداری پیشگیرانه به جدول آزمایشات و اندازه گیری ها و سیر نتایج در همه زمان ها رجوع می کند . آنالیز مناسب نتایج می تواند یک خرابی قریب الوقوع را پیش بینی نماید تا تعمیرات لازم و تمیز کردن ها و هم تراز سازی ها قبل از اینکه اتفاق هزینه سازی رخ دهد انجام گیرد .

ما در این قسمت عوامل کلیدی یک طرح خوب را بیان می نمائیم اما از بیان جزئیات آن خودداری می کنیم .

برای اینکه یک طرح نگهداری خوب داشته باشیم باید چهار اصل زیر به به خوبی اجرا شود :

- شناخت پرسنل متعهد و پاسخگو :

پرسنل باید برای فعالیت های لازم برگزیده شوند . بهترین نتیجه وقتی بدست می آید که کارکنان مفهوم PPM را کاملاً بفهمند . وقتی که کارکنان آموزش های لازم را ببینند و همچنین ابزار مناسب را در اختیار داشته باشند ، آنها نیز در توسعه طرح نگهداری مشارکت می نمایند .

- ایجاد یک برنامه زمان بندی :

ایجاد برنامه زمان بندی یک پروژه ی تکرار شونده می باشد . اغلب لازم است که فاصله را در ابتدا زود به زود تعیین کنیم و سپس با فاصله های بیشتر امتحان کنیم . بسیاری از کارها اگر خیلی زود به زود و بسیار زیاد انجام بگیرد ممکن است مضر باشد (تست عایقی در ولتاژ بالا و روغنکاری یاتاقان ها) اگر شما ملاحظه نمودید که برخی از تست ها به طور یکنواخت پیشرفت می نماید

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شما می توانید با فاصله های معین و اغلب بزرگتر امتحان نمائید . اگر یاتاقان ها در فاصله زمانی معین دارای روغنکاری خوبی باقی می ماند شما می توانید فاصله روغنکاری را بیشتر کرده و دوباره امتحان نمایید . به عبارت دیگر تجدید نظر باید نمود نه اینکه برنامه زمانی را به طور کامل ترک کرد .

- نگهداری اسناد :

نگهداری اسناد می تواند به روش های متفاوت انجام گیرد . استفاده از کارت های پرینت و یا ورقه های اطلاعات یکی از قدیمی ترین روش ها بوده و ممکن است کافی باشد . امروزه به کمک یک کامپیوتر لپ تاپ و یکسری نرم افزارها می توان گراف های مناسبی رسم نمود و آن را جایگزین روشهای دستی قدیمی نمود . این امر به سادگی با ورود اطلاعات توسط یک اپراتور امکان پذیر است .

- آنالیز نتایج :

تست ها و اطلاعات ثبت شده برای آنالیز ها مفید می باشند . نرم افزارهای متفاوتی وجود دارد که در این زمینه به ما کمک می نماید . بسته های نرم افزاری ویژه ای وجود دارد که مناسب این نوع ثبت اطلاعات و آنالیزها می باشند .

ما در این بخش پیشنهاداتی برای سرویس کردن و یا آنالیزها می دهیم که ممکن است خیلی گران برای موتورهای ساده به نظر برسند . اگر چنین است آنها را حذف نمایید اما به خاطر داشته باشید که هزینه کلی یک خرابی نابهنگام را در نظر بگیرید .

نگهداری موتورهای الکتریکی :

عدم نگهداری مناسب موتورهای الکتریکی ، منجر به افزایش تلفات در قسمت های مختلف آن و کاهش بازده موتور خواهد شد . این افزایش تلفات به ویژه در قسمت های مکانیکی آن رخ خواهد داد و منجر به افزایش درجه حرارت موتور و به دنبال آن افزایش تلفات اهمی و کاهش بیشتر بازده می گردد . بنابراین ، لزوم اتخاذ برنامه ای مناسب جهت نگهداری مناسب موتور می تواند بازده موتور را همیشه در شرایط مطلوب خود نگهدارد . این برنامه به طور معمول در قالب برنامه جامع نگهداری و تعمیرات (نت) انجام می پذیرد . در ادامه به بررسی مواردی که در نگهداری موتورهای الکتریکی باید مورد توجه قرار گیرند ، پرداخته می شود .

کنترل دما و خنک سازی و تمیز کردن موتورهای الکتریکی :

تمیزکردن موتور تنها به منظور قشنگ نمودن موتور نمی باشد . رنگ کاری ضخیم و یا قرار گرفتن چرک روی وسیله می تواند از انتقال گرما توسط سطح جلوگیری نماید . چرا چرک بد می باشد ؟ چرک و کثافت یک کلمه عمومی می باشد که می تواند معانی زیادی داشته باشد : گرد وخاک ، آلودگی رساناهای الکتریکی نظیر ته نشین شدن نمک و یا خورده های زغال و ... .

عدم تمیز بودن موتور می تواند از سه روش به موتور ضرر بزند :

- می تواند عایق های الکتریکی را با خوردگی و حل شدن در آن از بین ببرد .
- می تواند روغن های روان کننده را خراب کرده و یاتاقان ها را خراب نماید .
- یک موتور تمیز خنک تر کار می کند . کثافات و چرک ها روی پره های فن های خنک کننده موتور قرار می گیرد و این امر عبور هوا را کاهش می دهد و دمای عملکرد موتور افزایش می یابد . کثیفی روی سطح موتور ، انتقال گرما به روش کنوانسیون (جابجایی) و تابشی را کاهش می دهد . این امر برای موتورهایی که تمام سیستم خنک کننده آن در سطح بیرونی موتور قرار می گیرد باید مورد توجه قرار گیرد .

موتورهای دارای بار سنگین دارای حداقل تلرانس برای کثیفی و چرک می باشد زیرا در برابر افزایش دما به شدت آسیب پذیر می باشند . چربیهای سطحی می تواند به روش های مختلفی پاک شود که به ترکیب آن بستگی دارد . هوای فشرده (حداکثر PSI ۳۰) ، پاک سازی با ایجاد خلاء و پاک سازی مستقیم با لباس مندرس یا فرچه ها معمولاً به عنوان روش های تمیزکاری مورد استفاده قرار می گیرد .

یکی از جدیدترین روش ها یخ خشک می باشد . یخ خشک نسبت به خورنده های معدنی ساییدگی کمتری ایجاد می کند و نارسانا می باشد و باقیمانده چرک های قبلی را پاک می نماید . چرک و کثیفی درون موتورها سختتر پاک می گردند . بسیاری از موتورهای بزرگ دارای یک فیلتر تهویه هوا بوده که از عبور چربی به داخل موتور جلوگیری می نماید . مرطوب نگه داشتن بیرون می تواند از ورود گرد و خاک به موتور جلوگیری نماید و همچنین هدایت الکتریکی بسیاری از آلاینده ها را کاهش دهد .

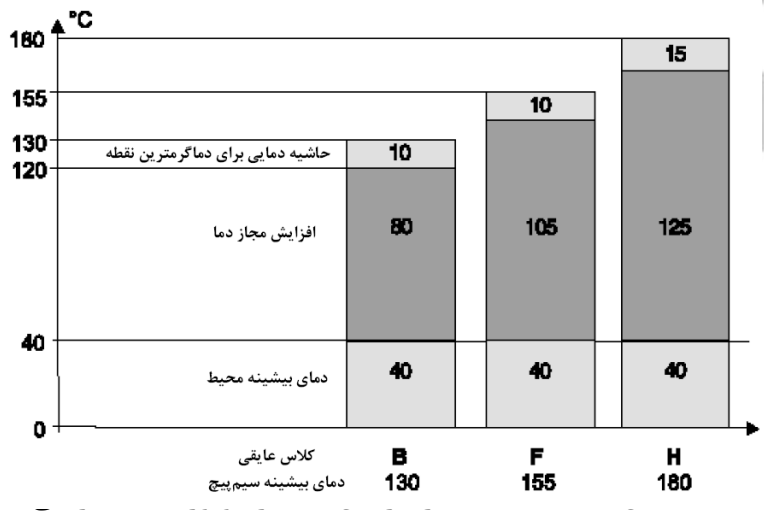
انتخاب موتورها از نظر دمای مناسب بر اساس کلاس عایقی آنها انجام می گیرد . جدول ۱۰-۱- کلاس های عایقی و دماهای مربوط را نشان می دهد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

کلاس عایقی	ماکزیمم دمای مجاز (IEC 60034-1, 1998)		ماکزیمم دمای مجاز (NEMA MG 1-12 , 43)	
A	$105°C$	$221°F$	$105°C$	$221°F$
E	$120°C$	$248°F$		
B	$130°C$	$266°F$	$130°C$	$266°F$
F	$155°C$	$311°F$	$155°C$	$311°F$
H	$180°C$	$356°F$	$180°C$	$356°F$
C	$\succ 180°C$	$356°F$		

جدول ۱۰-۱- کلاس های عایقی و دماهای مربوط

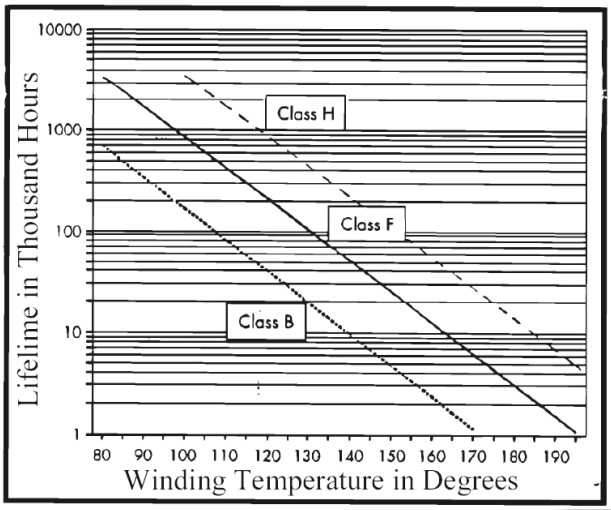
شکل ۱۰-۱- حد مجاز افزایش دما را در موتورهای الکتریکی با توجه به استاندارد نشان می دهد . عـدم توجه به کلاس عایقی مناسب ممکن است منجر به کاهش طول عمر موتور گردد .



اگر چه انتخاب موتور الکتریکی بر اساس کلاس های عایقی بالاتر ، قابلیت تحمل آنها را در برابر افـزایش دما بالاتر می برد ، ولی همواره باید توجه کرد که موتورها باید در شرایط عادی و مطلوب از نظـر خنـک سازی با هوا قرار داشته باشند .

برای دریافت فایل wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

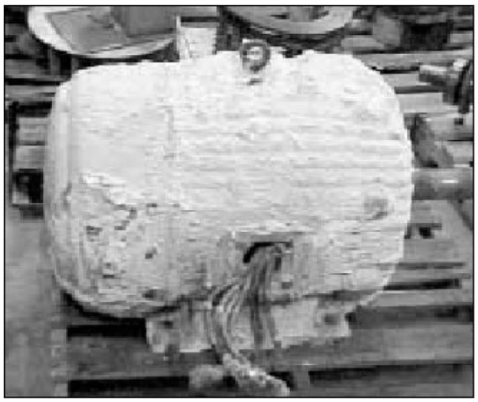
دمای بالا ، عمر عایقی و قابلیت اطمینان موتور را کاهش می دهد . شکل ۱۰-۲- کاهش طول عمر موتور را در اثر افزایش دمای آن نشان می دهد .



شکل ۱۰-۲- کاهش طول عمر موتور در اثر افزایش دما

WikiPower.ir

لازم است همواره موتور خنک نگه داشته شود و در جای مناسب که جریان هوا به خوبی برقرار می شود و دور از تابش مستقیم آفتاب قرار گیرد . شکل ۱۰-۳- موتور را در وضعیت بسیار نامناسب از نظرخنک سازی نشان می دهد که در صنایع مختلف بسیار با آن روبرو هستیم .



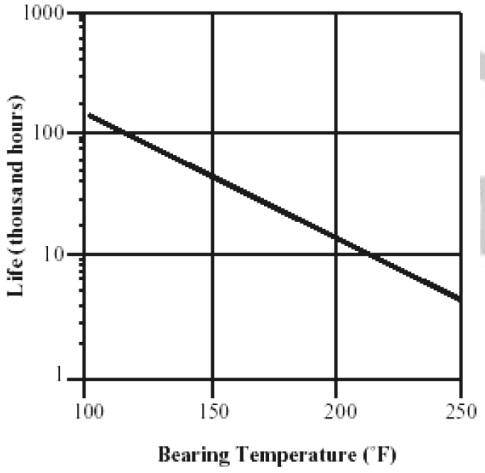
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۰-۳- موتور در وضعیت بسیار نامناسب از نظر خنک سازی

روغن کاری و گریس کاری موتورهای الکتریکی :

لازم است برای مناسب کار کردن موتور و کاهش تلفات اصطکاک ، موتور به طور مرتب و بر اساس مشخصه های سازنده ، روغن کاری و گریس کاری شود . روغنکاری نکردن یا نامناسب بودن آن ، تلفات اصطکاک را افزایش خواهد داد . در برنامه های نگهداری موتورها باید از کم گریسکاری و بیش گریس کاری موتورها پرهیز کرد . کم گریس کاری به حالتی گفته می شود که گریس به میزان کافی به کار گرفته نمی شود . کم گریسکاری منجر به افزایش اصطکاک می شود که تلفات مکانیکی موتور را افزایش خواهد داد و افزایش دمای موتور را به دنبال خواهد داشت . افزایش دمای موتور نیز باعث افزایش تلفات اهمی و کاهش بیشتر بازده می گردد . این افزایش دما همچنین باعث کاهش خاصیت گریس می گردد .

شکل ۱۰-۴- نمودار کاهش طول عمر مفید گریس را در اثر افزایش دما نشان می دهد .



شکل ۱۰-۴- نمودار کاهش طول عمر مفید گریس در اثر افزایش دما

بیش گریس کاری نیز از مواردی است که منجر به افزایش تلفات و کاهش بازده خواهد شد . بسیاری از پرسنل تعمیر و نگهداری تصور می نمایند که گریسکاری بیش از حد باعث ایجاد لغزندگی مناسب در بیرینگ ها و کاهش اصطکاک خواهد شد . در حالیکه عکس این مطلب صحیح است .

در این حالت مقداری از نیروی موتور صرف چرخاندن موتور در محیط پر از گریس با ویسکوزیته ی بالا می گردد که افزایش تلفات و کاهش بازده را به دنبال خواهد داشت . در این حالت بیش گریسکاری منجر به افزایش تلفات اصطکاک و کاهش بازده به میزان ۰/۳ تا ۰/۵ درصد خواهد شد .

برای درجه حرارت معمولی بهتر است از روغنی استفاده شود که دارای خصوصیات ضد اکسیده شدن و ضد خورندگی باشد . اگر موتور با سرعت کمتر از ۱۲۰۰ دور در دقیقه کار می کند ، پیشنهاد می شود که از روغن با ویسکوزیته بین ۴ تا ۶ اینگلر استفاده شود . برای موتورهای با سرعت بیش از ۱۲۰۰ دور در دقیقه ، پیشنهاد می شود از روغن با ویسکوزیته ۲/۵ تا ۳ اینگلر استفاده شود .

بسیاری از موتورهای کوچک یا موتورهای کم اسب بخار که یاتاقان های آنها مهر و موم شده اند نیازی به روغنکاری مجدد ندارند .

متاسفانه روغنکاری موتور بیش از علم یک هنر می باشد . توصیه های سازنده ی موتور باید از ابتدا مورد توجه قرار گیرد .

در نهایت با بسیاری از آزمایشات و آنالیزها بر روی اطلاعات بدست آمده ، شما ممکن است کشف کنید که کدام نوع از روان کننده ها و یا فاصله روغن کاری بهتر می باشد . خوب است که نتایج تان را با نتایج دیگر صنایع مشابه مقایسه نمائید . زیرا عملکرد محیطی تاثیرات زیادی روی روغنکاری دوباره تجهیزات دارد .

با تعمیرگاه موتور خود مشورت نمایید . با بازرسی یاتاقان ها و آنالیز خرابی ها ، تعمیرکار ممکن است بتواند به شما بگوید که از روغن روان کننده اشتباهی استفاده می کنید و یا روش روغنکاری غلط است و یا فاصله روغنکاری نامناسب می باشد . در حالت کلی فاصله روغنکاری از سه ماه (برای موتورهای بزرگ در معرض ارتعاش و یا بارهای سنگین قرار گرفته روی یاتاقان ها و یا دماهای بالا) تا ۵ سال (برای موتورهایی که دارای اسب بخار کامل با استفاده متوسط هستند) متغییر است .

موتورهایی که به صورت فصلی مورد استفاده قرار می گیرند باید به صورت سالیانه و قبل از فصلی که مورد استفاده قرار می گیرند روغنکاری شوند .

روغن کاری نامناسب به صورت های زیر ، عمر یاتاقان ها را کاهش می دهد :

روغنکاری دوباره با یک گریس متفاوت می تواند سبب بروز مشکل در یاتاقان گردد . این مشکل وقتی روی می دهد که دو گریس ناسازگار با هم مخلوط شوند . گریس ها یک نوع روغن می باشد که دارای ترکیبات متفاوتی بوده که به آن سفتی خاصی می دهد تا از یاتاقان خارج نشود . مخلوط گریس با مواد ناسازگار می تواند سبب شود که گریس ها با هم ترکیب شوند و یا بسیار سفت و یا شل گردند . جدول ۱۰-۲- سازگاری گریس ها را با هم نشان می دهد .

	Aluminum Complex	Barium	Calcium	Calcium 12-hydroxy	Calcium Complex	Clay	Lithium	Lithium 12-hydroxy	Lithium Complex	Polyurea
Aluminum Complex	X	I	I	C	I	I	I	I	C	I
Barium	I	X	I	C	I	I	I	I	I	I
Calcium	I	I	X	C	I	C	C	B	C	I
Calcium 12-hydroxy	C	C	C	X	B	C	C	C	C	I
Calcium Complex	I	I	I	B	X	I	I	I	C	C
Clay	I	I	C	C	I	X	I	I	I	I
Lithium	I	I	C	C	I	I	X	C	C	I
Lithium 12-hydroxy	I	I	B	C	I	I	C	X	C	I
Lithium Complex	C	I	C	C	C	I	C	C	X	I
Polyurea	I	I	I	I	C	I	I	I	I	X

I=Incompatible C=Compatible B=Borderline

جدول ۱۰-۲- سازگاری گریس ها با هم

افزودن خیلی زیاد گریس یا گریس کاری با دفعات زیاد ممکن است سبب شود که گریس از محفظه یاتاقان بیرون بزند و یا اینکه محکم به موتور بچسبد که منجر می شود که در چرخش موتور اختلالی ایجاد شود .

شاید بدترین مشکل گریس ها آلودگی آنها می باشد . آلودگی وقتی اتفاق می افتد که استانداردهای سختگیرانه ای برای نظافت مخازن گریس و کاربرد آن به کار نرود . شاید عاقلانه باشد که گریس را در کارتریج های مخصوص خریداری کرد .

وقتی که روغن یا گریسی را انتخاب می کنید ، گریس کاری را با توصیه نامه و پیشنهاد سازنده موتور شروع نمائید . به هر حال گاهی اوقات مشکلات عمومی و غیر نیاز به شرحی برای یاتاقان ها اتفاق می افتد . برای موارد پیچیده یک روغنکاری ترکیبی ممکن است مناسب باشد .

با فروشنده روغن ها و کارخانه سازنده موتور و تعمیرگاه تان مشاوره نمایید . روان سازها تلرانس شان با دما و آب و نمک و اسید تغییر می کند . در نهایت به خاطر داشته باشید ، قبل از اینکه از روان ساز دیگری استفاده نمائید روغنکاری قبلی را کاملاً تمیز نمایید . اگر این کار غیر ممکن است ، خیلی زود بعد از روغن کاری جدید موتور را دوباره روغنکاری نمائید .

اگر در زیر یاتاقان روغنکاری شده دریچه ای وجود دارد این دریچه را بردارید تا در موقع روغنکاری، روغن قبلی به راحتی خارج گردد .

ضریب سرویس موتور :

امروزه ۸۸ ٪ الکتروموتورهای در حال کار از ضریب سرویس ۱/۱۵ برخوردارند . و این بدین معناست که موتور در ۱۱۵ ٪ بار کامل به طور ایمن می تواند کار کند . ضریب سرویس در name – plate موتور نوشته شده است .

نصب مناسب بیرینگ ، فن و کوپلینگ ها :

نصب مناسب بیرینگ ، فن و کوپلینگ ها از مسایلی است که باید به آن توجه کرد . نصب نامناسب بیرینگ و کوپلینگ ها ، تلفات اصطکاک را افزایش خواهد داد . نصب نامناسب فن پس از باز کردن ، تلفات تهویه را افزایش خواهد داد . نصب این تجهیزات باید با دقت و بر اساس راهنماهای نصب آنها صورت گیرد .

نصب مناسب موتور و جلوگیری از لرزش نا مناسب آن :

در هنگام نصب موتور باید توجه کرد که بستر آن مناسب و هموار باشد تا از لرزش موتور در هنگام کار جلوگیری گردد .

لرزش بیش از حد موتور که می تواند در مواردی باعث هم محور نبودن روتور و استاتور گردد ، عامل افزایش تلفات به ویژه تلفات پراکنده بار می گردد .

پایه ها در حقیقت مرتبط با نگهداری وتعمیرات نمی باشند اما اگر آن ناقص باشد می تواند منجر به مشکلات جدی برای نگهداری گردد .

تمام دستگاه باید با یک صفحه مسطح بر روی هر چهار پایه دستگاه کاملاً محکم گردد .

موتور و ساختمان بار باید در کف اتاق یا در یک سطح مشترک کاملاً محکم گردد . خرابی ، پایه جامدی که می تواند سربی باشد را ممکن است به لرزش درآورده و یا موجب شکستن آن گردد که سبب خرابی یاتاقان می گردد . موتورهای عمودی حتی ممکن است خسارت بیشتری از موتورهای افقی متحمل شوند . انحناء پذیری در ساختار پایه می تواند ارتعاشات فرکانش پایین را تشدید کنند لذا موتورهای عمودی آسیب پذیرترند . همواره پیچ ها یا میخ های ثابت کننده را در هر بازه نگهداری چک کنید و به صورت بصری چک کنید که پایه های سیستم ترک ندارد و یا خراب نمی باشد .

همسطح سازی کوپلینگی اغلب سبب بالا بردن راندمان انرژی می شود . تلفات انرژی در کوپلینگ ها اغلب به صورت اغراق آمیز بیان می شود اما همسطح سازی مناسب همواره برای طول عمر یاتاقان ها و کوپلینگ ها مهم می باشد .

یک اختلاف جزئی می تواند به طور زیادی بارهای جانبی را روی یاتاقان ها افزایش دهـد . آن همچنـین می تواند سبب کوتاهی عمر کوپلینگ ها شود . همسطح سازی یعنی اینکه خط مرکزی موتور و شفت بار بر روی هم منطبق شوند . اگر آنها موازی بوده اما منطبق نمی باشند این اختلاف موازی نـام دارد . اگـر خط مرکزی موازی نیستند اما دارای یک تقاطع در داخل کوپلینگ ها می باشد این اختلاف زاویه ای نام دارد . ممکن است که در هر دو حالت اختلاف داشته باشیم . اختلاف همواره نتیجه ی اشـتباه در نصـب می باشد . هر چند که گاهی بعد از نصب اختلاف ایجاد می شود .

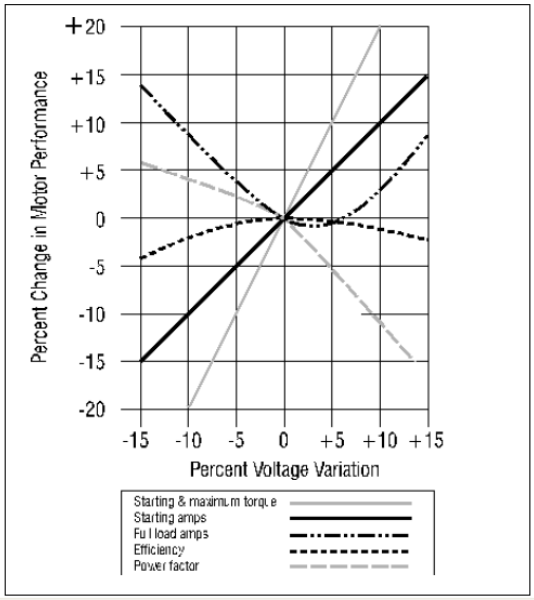
این حالت وقتی اتفاق می افتد که پایه های ساختمان کاملاً محکم نشده اند و یا اگر واشـرهای چـرک و خمیده استفاده شوند و لذا ارتعاشات و یا فشارها سبب لغزش می شود.

همسطح سازی باید بعد از نصب به سرعت چک شود و اگر یک نشانه غیر همسطح بودن نظیر ارتعـاش ، گرم شدن یاتاقان و کوپلینگ ها ، صداهای غیر عادی و یا خورده های لاستیک زیر کوپلینـگ هـا وجـود داشت همسطح بودن را چک کنید . بسیاری از استفاده کنندگان هم سطح بودن کوپلینگ ها را بـا یـک شاخص مدرج چک می نمایند .

در سالهای اخیر استفاده از همسطح سازهای لیزری گسترش یافته است .

شرایط کارکرد :

شرایط کارکرد موتور بر روی راندمان و قابلیت اطمینان آن اثـر مـی گـذارد . لـذا شـرایط عملکـرد را در فاصله های منظم ثبت نمایید . همچنین روند این شرایط می تواند به کشف مشکلات در حال توسعه در موتور و بار و سیستم توزیع نیرو کمک کند . عملکرد سرعت ، ولتاژ و جریان در هر سه فـاز بایـد ثبـت شود . همچنین توان و ضریب توان را ثبت نمایید . یک تغییر مهم در ولتاژ که مطلوب ما نمی باشد بـر روی موتور تاثیر می گذارد . شکل ۱۰-۵- نشان می دهد که چگونه پارامترهایی بارکامل تمایل دارد کـه با انحراف از ولتاژ اسمی روی پلاک تغییر کنند .



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۰- ۵- تمایل پارامترهای بار کامل به انحراف از ولتاژ اسمی موتور

تغییرات در جریان معمولاً به تغییر در بار شفت بستگی دارد .

انجام تست های حرارتی ، ارتعاشی ، صوتی :

تست های معین غیر الکتریکی می تواند مشکلات را آشکار سازد .

۱- تست حرارتی :

تست حرارتی یک شاخص خوب می باشد . غیر ممکن است که درجه حرارت سطحی موتور را تنها یک بار اندازه گیری نمائیم و راندمان و سلامتی موتور را با آن استنتاج کنیم .

به هر حال بیشتر اوقات افزایش دمایی که نمی تواند با مشاهده فاکتورهای دیگر توجیه شود نشان دهنده خرابی میباشد . از یک دماسنج سطحی خوب در فواصل نگهداری و تعمیرات استفاده نمایید .

افزایش دما می تواند به عوامل زیر بستگی داشته باشد :

- افزایش بار
- انسداد خنک کننده های موتور
- افت ولتاژ
- پیشرفت شرایط نامتعادلی ولتاژ
- هارمونیک های خط
- در بارهای متغییر ، کاهش سرعت بدون کاهش گشتاور می تواند سبب یک افزایش زیاد دما گردد . لذا باید به کاتالوگ سازنده برای کمترین سرعت ایمن با توجه به گشتاور بار توجه کرد .

بسیاری از موتورهای بزرگ بر روی استاتورشان نشان دهنده دما دارند که دما را به راحتی ثبت می نماید .

۲- تست ارتعاش :

تغییر در لرزش موتور معمولاً نشان دهنده مشکلات یاتاقان ها می باشد . آن همچنین می تواند بر اثر نامتعادلی بار ، خمیدگی شفت ، خسارت روتور ، غیر همسطح بودن کوپلینگ ها ، افزایش یا تغییر در هارمونیک های خط و گاهی نامتعادلی ولتاژ باشد . ادوات زیادی وجود دارد که لرزش را اندازه گیری می کنند. ارتعاش درمضربی ازفرکانس خط می تواند نشان دهنده مشکلات الکتریکی ای نظیر هارمونیکها باشد .

ارتعاش در فرکانس ۱۲۰ هرتز می تواند علامت نامتعادلی فاز باشد . ارتعاش در مضارب کمتری از سرعت RPM حقیقی می تواند نشانه نامتعادلی در موتور یا بار باشد .

۳- تست صوتی :

ارتعشاتی که تولید صدا می کند معمولاً پرسنل با تجربه را از وجود مشکل آگاه می سازد . بسیاری از این مشکلات مربوط به یاتاقان ها می باشد . تجهیزات الکتریکی شنونده صدای های ماورا صوت می توانند مشکلاتی نظیر سوراخ شدن یاتاقان بر اثر قوس را مشخص کنند .

انجام تست های الکتریکی :

تست های الکتریکی معینی باید به طور دوره ای بر روی موتور و مدار موتور انجام گیرد . تست های الکتریکی در موتور معمولاً مشکلات عایقی را تعیین می کنند . انجام مکرر تست در سیستم های توزیع ، اتصالات شل در مدارات موتور را مشخص می نمایند و همچنین می تواند مشکلات سیم پیچ های موتور را تعیین نماید .

تست های مقاومت عایقی در موتورها بسیار مهم می باشند . تست های بسیار زیادی وجود دارد که می تواند تنزل در مقاومت عایقی را مشخص نماید . این تست ها می تواند از هزینه های جبران ناپذیر و بسیار گران جلوگیری نماید . مدارات موتورها نیز باید نگهداری و بازرسی شوند . فیوزها تنزل می یابند و مقاومتشان زیاد می شود .

اتصالات به علت حرارت و خزش شل می شوند . آلومینیوم به ویژه در برابر خزش آسیب پذیر می باشند و در طول زمان بر اثر فشار خم می شوند و شکل خود را از دست می دهند . در تعمیرات سالیانه اتصالات را به کمک آچار سفت نمایید .

منحنی نتایج ، تغییرات را آشکار می نمایند . بدست آوردن مقاومت قابل پذیرش به دلیل تغییرات زیاد جریان ، کار سختی می باشد . افراد بسیاری این کار را با دماگارهای مادون قرمز تکمیل می نمایند . استانداردهای NEMA , IEEE , ANSI برای افزایش دما محدودیت هایی را تعیین کرده و دمای نهایی را برای سیستم های متغییر تعیین نموده اند .

یک راهنمای بسیار جامع برای نگهداری و تعمیرات سیستم های توزیع به نام *Keeping the Spark in Your Electrical System: An Industrial Electrical Distribution Maintenance Guidebook* وجود دارد که تمام جوانب نظیر روشهای تست و عیب شناسی ، هزینه های مشکلات ناهمبسته و نشریات نگهداری را در بر می گیرد .

تعمیر یا جایگزینی موتورهای الکتریکی :

موتورهای الکتریکی همانند دیگر تجهیزات الکتریکی پس از طی دوره عمر و یا به دلیل مشکلاتی که در حین کار برای آنها پیش می آید ، دچار خرابی می شوند و از کار باز می ایستند . خرابی موتورهای القایی بیشتر از نوع سوختن عایق سیم پیچ ها است .

یکی از مسایلی که پس از آن از دیدگاه مصرف انرژی اهمیت ویژه ای دارد این است که در هنگام خرابی چه باید کرد ؟

آیا باید موتور را تعمیر نمود تا دوباره به کار خودش ادامه دهد و یا موتور را با یک موتور با بازده بیشتر و مناسب تر جایگزین نمود ؟

در بسیاری از موارد برای موتورهای معمولی در هنگام خرابی بهتر است آن را با موتوری از نوع بیش بازده و پر بازده تعویض نمود . موارد زیادی نیز وجود دارد که تعمیر موتور مناسب تر خواهد بود .

تصمیم برای تعمیر یا جایگزینی موتور به پارامترهای بسیاری بستگی دارد . اندازه موتور ، عمر موتور ، میزان خرابی ، ساعات کار موتور در سال ، نوع کاربرد موتور و ... همگی از عواملی هستند که در هنگام تصمیم گیری ، نقش موثری را ایفا می کند . شکل ۱۰-۶- فرایند تصمیم گیری را نشان می دهد . اطلاعات بیشتر درباره جایگزینی موتورها در فصل سوم توضیح داده شده است .

درپایان این بخش به برخی از عیب های موتورهای القایی وعلل احتمالی بروز عیب در آن اشاره می نماییم.

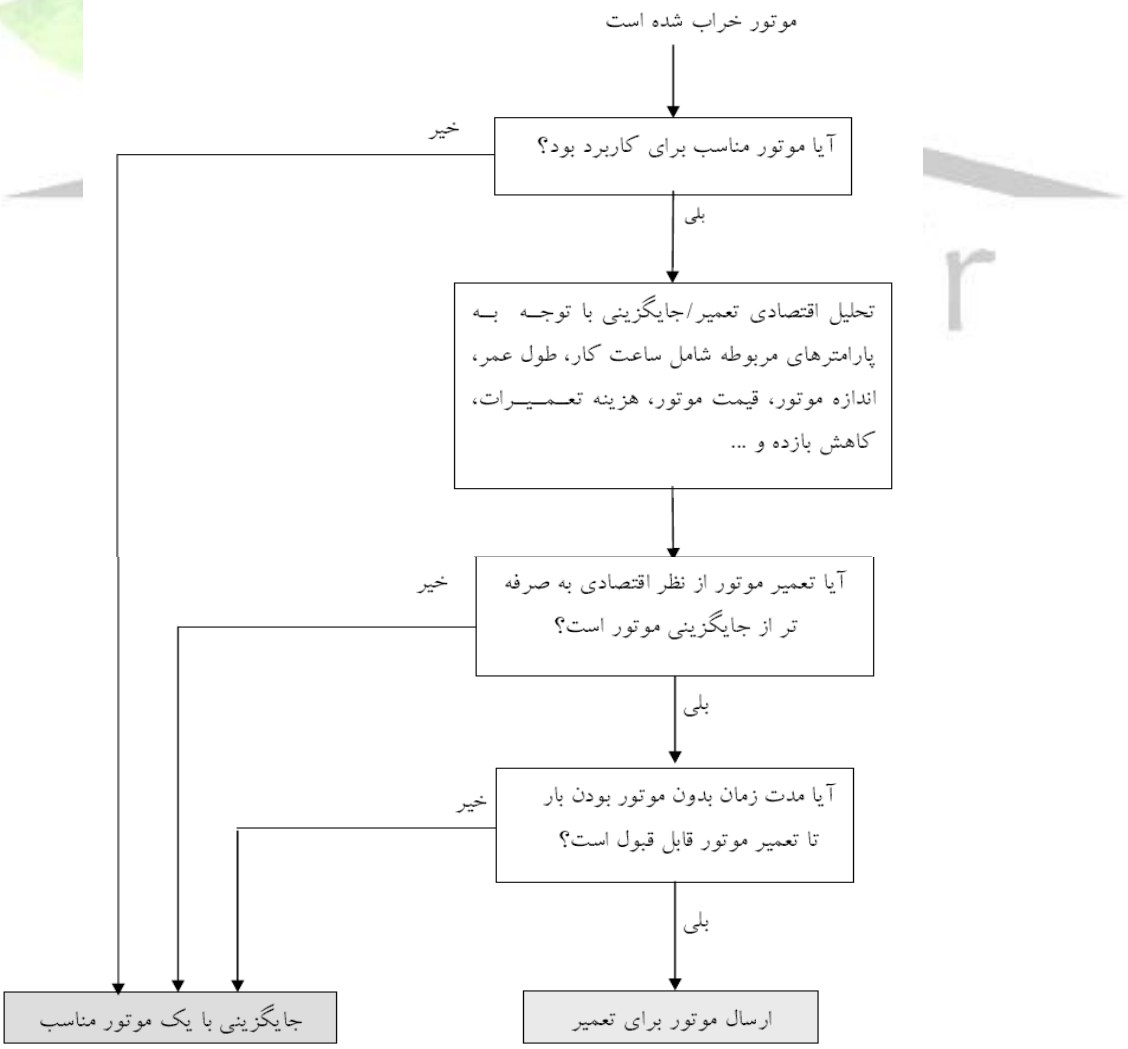
	عیب	علل احتمالی بروز عیب
تکفاز	موتور راه نمی افتد	قطع شدگی در مدار سیم پیچ راه انداز ، اتصال زمین سیم پیچ ها ، اتصال کوتاه در اثر سوختگی در سیم پیچ ها ، قطع شدگی در مدار وسیله حفاظت بار زیاد ، بار فوق العاده زیاد است ، فرسوده شدن یا سفت شدن یاتاقانها ، بد سوار کردن سپرها ، خمیدگی محور موتور
	موتور کندتر از سرعت عادی خود می چرخد	اتصال کوتاه در سیم پیچی اصلی ، باقی ماندن سیم پیچ راه اندازی در مدار به سبب اشکال در کلید گریز از مرکز ، معکوس بودن قطب های سیم پیچی اصلی ، اتصالات غلط استاتور ، یاتاقانها فرسوده شده ، هرز شدن میله های قفس سنجابی
	موتور در حال کار بسیار گرم می شود	اتصال کوتاه یا اتصال زمین در سیم پیچها ، اتصال کوتاه بین سیم پیچی اصلی و راه اندازی ، فرسودگی یاتاقانها ، اضافه بار

	موتور با سر و صدا کار می کند	اتصال کوتاه در سیم پیچ ، اتصال غلط قطب ها ، هرز شدن میله های قفس سنجابی ، فرسودگی یاتاقان ها ، فرسودگی کلید گریز از مرکز ، خلاصی بیش از حد محور ، وجود مواد خارجی در موتور
سه فاز	موتور راه نمی افتد	فیوز سوخته است ، فرسوده شدن یاتاقانها ، بار زیاد است، قطع شدگی در فازها، اتصال کوتاه در سیم پیچ ، هرز شدن میله های روتور ، غلط بودن اتصالات داخلی ، سفت شدگی یاتاقان ها ، عیب در کنترل کننده (فرمان دهنده) ، اتصال زمین سیم پیچ ها ، ولتاژ یا فرکانس غیر استاندارد
	موتور زیاد گرم می شود	اتصال کوتاه در سیم پیچها ، موتور با یک فاز کار می کند ، فرسودگی یا سفت شدن یاتاقانها ، بار زیاد ، هرز شدگی میله های روتور

جدول ۱۰-۳- عیب های موتورهای القایی وعلل احتمالی بروز عیب در آن

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۰-۶- فرایند تصمیم گیری برای تعمیر و جایگزینی موتور

فصل یازدهم

WikiPower.ir

راهکارهای مدیریتی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

در مباحث مدیریتی مصرف انرژی ، مهندسین صنعت می توانند هزینه های انرژی را از طرق زیر کـاهش دهند :

- شناخت و آنالیز راههای حفاظت از سیستم های موتور الکتریکی
- رفع مشکلات سیستم های توزیع
- درک سودمندی شرح صدور صورت حساب

عناصر یک برنامه ی موثر مدیریت انرژی :

مدیریت انرژی شامل یک تیم خوب ساختار یافته که سعی در ایجاد بانک اطلاعات انرژی ، جمـع آوری و سازمان دهی هزینه انرژی واطلاعات مصرف است می باشد . در زیر به برخی از این موارد اشاره شده است :

۱- الزامات بالا بردن مدیریت انرژی :

اولین مرحله برای بهبود وضعیت انرژی در یک بخش این است که مدیریت سطح بـالا بایـد یـک برنامـه مدیریت انرژی سیستم های موتور الکتریکی تشکیل دهد . رفتار مدیریتی و سعی در اجرای طـرح هـای مدیریتی ، موفقیت طرح انرژی را تا سطح زیادی تعیین می کند .

مدیریت باید مایل به بهبود دوجانبه کارکنان و منابع مالی باشد .

۲- منصوب کردن یک هماهنگ کننده انرژی :

برای سازمان دهی تلاش ها به منظور مدیریت بهتر انرژی ، می توان از یک شخص بـه عنـوان هماهنـگ کننده انرژی بهره گرفت . یک هماهنگ کننده انرژی باید دارای سابقه مدیریت انرژی در ابتـدای خـدمت خود باشد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

هماهنگ کننده انرژی می تواند به یک مربی ای تشبیه شود که : منابع را بسیج می کند ، جلسات مشاوره برگزار می کند و از دیگر ابزارها استفاده می نماید .

یک هماهنگ کننده انرژی باید قابلیت مدیریت در همه زمینه های زیر را داشته باشد :

- برقراری مدیریت انرژی در همه زمان ها در هر بخش از اداره
- مهیا کردن ابزارهای مورد نیاز اپراتور ها، سرکارگران و پرسنل به منظور قرار گرفتن در بخشی از تیم مدیریت انرژی .
- آنالیز آلودگی انرژی مصرفی و بازده منطقه مربوطه
- شبیه سازی بهره و سود در نصب اندازه گیرهای انرژی
- کمک به توسعه استانداردهای انرژی
- بازبینی طرح های توسعه ، تعدیل برنامه ها و خرید تجهیزات با راندمان انرژی بالا
- جهت دهی فعالیت های مشاوران بیرونی
- آماده سازی ماهیانه و یا دوماهه گزارشات راندمان انرژی تا مدیریت بتواند به طور پیوسته سیستم های موتور الکتریکی را بهبود ببخشد و در انرژی صرفه جویی شود و هزینه ها کاهش یابد.

۳- فراهم کردن مشارکت کارکنان :

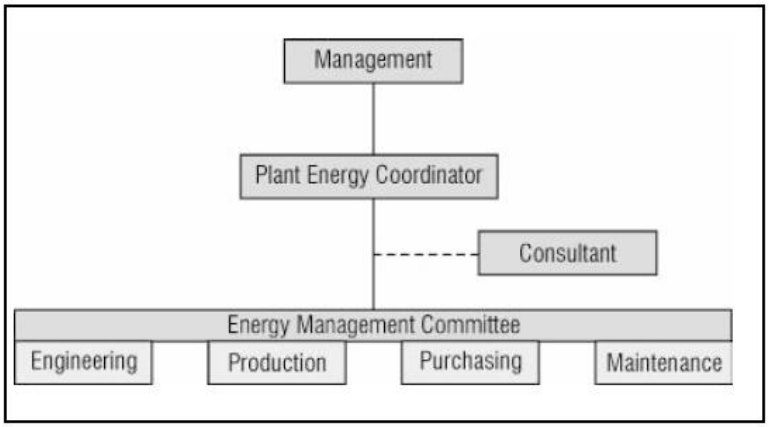
مشارکت پرسنل به تلاش های مدیریت انرژی وابسته است .

در بسیاری از موارد تاثیر برنامه های مدیریت انرژی متناسب با تلاشهای هماهنگ کننده های انرژی است .

باید روحیه رقابت در کارکنان تقویت شود زیرا روحیه رقابت ، محرک اولیه ای است که شخص با بصیرت و تصمیم گیری و پافشاری بر پیشبرد پروژه تا اتمام آن دارد .

یک کمیته انرژی باید به وسیله نمایندگان هر بخشی که انتظار می رود تا نظریه بدهند تاسیس شود .

چارت سازمانی تیم مدیریت انرژی در شکل ۱۱-۱- نشان داده شده است .



شکل ۱۱-۱- چارت سازمانی تیم مدیریت انرژی

۴- مطالعات هدایت انرژی :

هماهنگ کننده انرژی برای انجام وظایف خود نیازمند انجام مطالعاتی بر روی سیستم می باشد .

مطالعه اجمالی اطلاعات همچنین به هماهنگ کننده ها کمک می کند تا به هدف خود برسند و به آسانی بر روی انرژی مازاد استفاده شده در تجهیزات متمرکز گردند .

در طرح اولیه مطالعه انرژی نمایش داده می شود کجا و چطور انرژی استفاده و یا تلف می شود .

لذا باید یک لیست از ابزارهایی که انرژی مصرف می کنند ، تهیه شود تا اطلاعات انرژی پایه مورد استفاده و زمان های بکارگیری و نمایه ی عملکرد را نمایش دهد . با کمک این اطلاعات می توان گفت که آیا انرژی غیر ضروری و یا تلف شده وجود دارد یا خیر .

برای جایگزینی استانداردها نیز باید مطالعات انرژی به صورت اجمالی مورد بررسی قرار گیرد و کارایی هر تکه از تجهیزات و یا خط پردازش و یا هر بخش سازمان اندازه گیری شود .

ممیزها باید بر روی سیستم های موتور الکتریکی متمرکز شوند که کجا :

- موتورها بیش از ۱۰۰۰ ساعت در سال استفاده می شوند .
- کاربرد به کارگیری موتورهای با قدرت (اسب بخار) بیشتر .

طرح های مطالعاتی اولیه فیزیکی باید کاربرد های مضر را تشخیص دهد و منابع آشکار تلفات را که می توان فوری تصحیح نمود را تعیین کند .

مطالعات انرژی باید بر روی موارد زیر انجام گردد :

- سرعت مصرف انرژی و قیمت تجهیزات عمده و مهم را در هر بخش تعیین کند .
- با کمک اعضای کمیته انرژی هر بخش ، تعیین نماید تا چه مدت زمانی تجهیزات به طور مفید کار می کنند و چه مدت زمانی بدون عملکرد مفید در حال کار می باشند .
- ارزش انرژی تلف شده را تعیین کند .
- با کمک اعضای کمیته انرژی ، روند کاهش تلفات را توسعه دهند و یا تشخیص دهند چه عوامل و یا محدودیت هایی مانع کاهش تلفات می گردند .

۵- سازمان دهی داده های انرژی :

به منظور متقاعد کردن مدیران از ارزش مدیریت انرژی در موتورها ، مدیران باید از هزینه های بالای انرژی و ارزش بهینه سازی آگاه گردند .

جایگاه منطقی برای شروع جمع آوری اطلاعات انرژی با صدور صورتحساب های تاسیساتی آغاز می شود .

اطلاعات مصرف و هزینه انرژی الکتریکی را برای یک دوره یک ساله به منظور بدست آوردن یک پریود پایه بدست آورید .

الگوهای موجود استفاده شده و هزینه آن را چک نمایید .

آیا مقدار هزینه صرف شده برای انرژی ، در طی یک دوره مشخص از سال بزرگتر می باشد ؟

لذا برای سازمان دهی داده ها ، رسم گراف انرژی و هزینه های انرژی با استفاده از یک حسابدار انرژی و یا نرم افزارهای مختلف ، مفید می باشد .

۶- آنالیز بررسی نتایج :

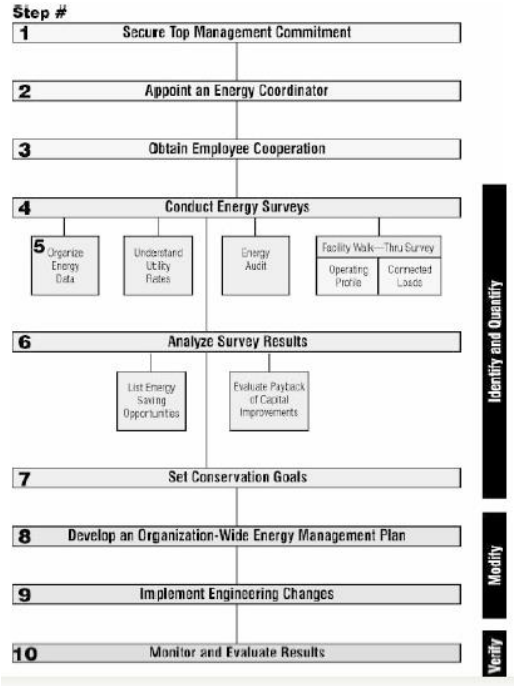
بعد از اینکه مطالعه طرح های انرژی کامل شد ، توزان انرژی را برای هر سازمان و هر برنامه و هر تکه از انرژی مصرفی تجهیزات باید ایجاد نمود . در توازن انرژی کمیت ، کل انرژی خروجی به کل انرژی تغذیه شده به سیستم نشان دهنده این است که چه میزان از انرژی تغذیه شده مورد استفاده قرار می گیرد .

آنالیزها به طور کلی توسط یک هماهنگ کننده انرژی ، راهبری می شود و باید ملاحظاتی نظیر شکست در عملیات صنعتی ، تاثیر کیفیت کالا و محصولات ، خطرات تکنولوژیکی و مخارج نگهداری تجهیزات ، قابلیت های تکنولوژیکی، اعتبار فروشنده ومهارت کارکنان دستگاه ها را بیان نمایند.

۷- گسترش یک سازمان گسترده مدیریت انرژی :

مدیریت انرژی خوب به وسیله تصمیم گیرندگان شروع و پایان می یابد . برنامه مدیریت انرژی نشان داده شده در شکل ۱۱-۲- اطلاعات لازم برای تصمیم گیری را نمایش می دهد .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه



شکل ۱۱-۲- برنامه مدیریت انرژی

آگاهی از صورت حساب تاسیسات :

اولین مرحله از کاهش هزینه انرژی این است که بدانیم دلارهای انرژی به کجا می رود .

چه میزان از انرژی صرف روشنایی ، هواسازها ، خنک کننده ها و کمپرسورهای هوا میشود ؟

چه مقدارازسهم صورتحساب انرژی مربوط به مصرف انرژی الکتریکی درمقابل کل تقاضای انرژی می باشد؟

آیا جریمه ضریب قدرت به ما تحمیل می شود؟

آیا راه مقابله ای برای هزینه های انرژی به کار گرفته می شود ؟

پاسخ این سوالات به شما کمک می کند تا هم در انرژی و هم در هزینه های آن صرفه جویی کنید .

سازمان دهی صورت حساب تاسیسات و ساخت اطلاعات :

حسابرسی انرژی شامل آنالیز و ضبط اطلاعات انرژی مصرفی و اطلاعات هزینه می باشد . این پروسه به شما کمک می کند تا :

- مصرف انرژی جاری را حسابرسی نمایید .
- بزرگترین پتانسیل صرفه جویی در انرژی را تشخیص دهید .
- مخارج سرمایه گذاری را توجیه نمایید .
- نتایج سرمایه گذاری را مشاهده نمائید .
- منافع مدیریت را تایید نمائید .
- افزایش مصرف را مشاهده نمائید .

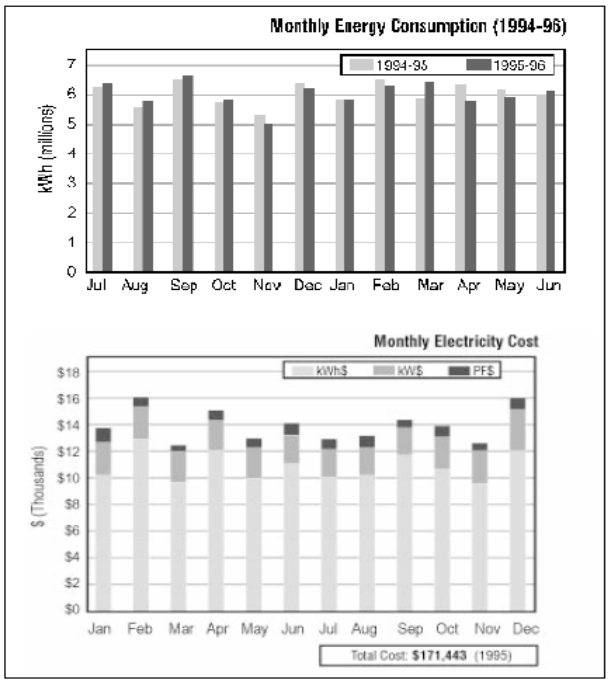
برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- خطاهای صورت حساب را تشخیص داده و یا راندمان انرژی وسیله تان را با وسایل مشابه مقایسه نمائید .

برای برداشتن نخستین قدم یک برنامه حسابرسی باید :

- تمام اندازه گیرها و زیر اندازه گیرها را درون دستگاه قرار دهیم .
- تمام صورت حساب های تاسیسات را در یک دوره یک ساله جمع آوری نمائید .
- بدست آوردن سالیانه یا ماهیانه عملکرد وسیله .
- استخراج اطلاعاتی نظیر کارآیی مدیریت انرژی می تواند در یک سال پایه اندازه گیری شود سال پایه می تواند سالی باشد که برنامه مدیریت انرژی نخستین قدم آن برداشته می شود .
- مطمئن شوید که وسیله شما دارای یک روند زمان بندی خوبی برای سرویس است .
- اغلب برنامه زمان بندی مختلفی برای تاسیسات پیشنهاد می شود مانند : سرویس عمومی ، سرویس کلی ، سرویس عمومی اولیه ، سرویس عمومی HIGH Voltage و یا سرویس تعلیق HIGH Voltage . بهترین برنامه زمان بندی برای وسیله می تواند در طول زمان تغییر یابد .

شما می توانید اطلاعاتی در مورد مصرف انرژی تان را در یک گراف مانند شکل ۱۱-۳- بدست آورید .



برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شکل ۱۱-۳- اطلاعاتی در مورد مصرف انرژی

مدیریت انرژی معمولا در یک دوره ۱۲ ماهه از مصرف نمایش داده می شود .

اطلاعات انرژی نمایش داده شده در گراف شامل :

- مصرف الکتریکی ماهانه (KWH) برای یک وسیله معین
- تقاضای الکتریکی ماهانه (KW)
- هزینه های تقاضا و انرژی ماهانه
- میانگین مصرف انرژی
- میانگین فزونی انرژی (کیلووات ساعت بر هر محصول)

در روش میانگین حسابرسی انرژی شما اطلاعات انرژی را هر ماه از کسر ماه های قبل از کل ، محاسبه می نمایید .

در این روش متغییرها و اطلاعات خوانده شده در هر فصل دارای نوسان می باشد .

این امر به شما اجازه می دهد مصرف انرژی امسال را با سال های قبل مقایسه نمایید .

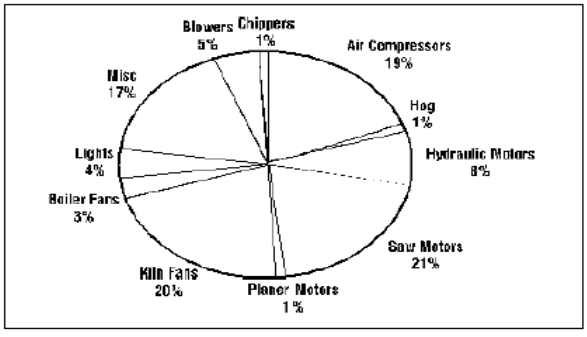
اگر تغییر مهمی در مصرف انرژی و یا راندمان فرایند رخ ندهد این نمودار یکنواخت باقی می ماند .

نمودار و جدول ۱۱-۴- خلاصه مصرف انرژی را برای یک کارخانه چوب بری نمایش می دهد .

Sawmill Energy End Use Summary

Process	Electricity Use, kWh	Percentage of Total Use	Cost
Blowers	484,600	4.8%	$12,115
Chippers	101,600	1.0%	2,540
Air Compressors	1,911,200	19.0%	47,480
Hog	76,700	0.8%	1,917
Hydraulic Motors	857,800	8.5%	21,445
Saw Motors	2,092,000	20.8%	52,300
Planer Motors	132,700	1.3%	3,317
Kiln Fans	2,033,800	20.2%	50,845
Boiler Fans	268,900	2.7%	6,722
Lights	376,400	3.7%	9,410
Misc.	1,741,390	17.3%	43,534
Totals	10,077,090	100.0%	$251,925

Figure 2-2
Sawmill Energy Consumption Disaggregation



شکل ۱ ی

تفسیر صورت حساب تاسیسات :

صورت حساب الکتریکی خود را نگاه نمایید . صورت حساب ها به شما می گویند که چه مقدار پرداخت نمایید اما عموما نمی گویند که از کجا این مبلغ آمده و یا چرا آمده است .

در حقیقت صورت حساب ها شامل ۲ و یا ۳ یا ۴ قسمت مجزا می باشند . این هزینه های متفاوت به طور گسترده از یک وسیله به وسیله دیگر تغییر می کند . بنابراین عملکرد شما برای کاهش هزینه انرژی به نوع ساختار قابل اجرا بر روی وسیله تان بستگی دارد .

شکل ۱۱-۵- یک صورت حساب برای مراکز صنعتی/ تجاری می باشد که اعداد نشان داده شده در زیر شرح داده می شود :

Billing Statement

ACCOUNT NUMBER	SERVICE ADDRESS	DUE DATE	AMOUNT DUE
		09-06-95	$50,990.19

CUSTOMER NAME

PREVIOUS CHARGES 52,970.32
PAYMENTS - THANK YOU 52,970.32 CR
BALANCE FORWARD .00

Billing Period				Meter Reading								
Start	End	Meter Number	Type	Present	Previous	Multiplier	Consumption kWh	Demand kW	Power Factor	Rate Code	Unit Charge	Amount
07-24-95	08-22-95	218839	kWh	40983	30538	10	104450		89	81		146.23
07-24-95	08-22-95	040597	kWh	98236	7721310	2 0230				34		5,760.30
07-24-95	08-22-95		Dmd	35.75		10		357.5				464.75
07-24-95	08-22-95	116231	kWh	74697	70768	10	39340		91	81		55.00
07-24-95	08-22-95	110989	kWh	96391	27739	10	86520			34		2,370.65
07-24-95	08-22-95		Dmd	24.80		10		248.0				322.50
07-24-95	08-22-95	011252	kWh	10030	9988	40	3680			31		121.44
07-24-95	08-22-95	049054	kWh	35082	36249	100	28330		91	81		396.62
07-24-95	08-22-95	048202	kWh	48924	42480	100	643400			39		10,775.10
07-24-95	08-22-95		Dmd	31		100		1383.0				815.97
07-24-95	08-22-95	028489	kWh	56973	51611	1	5362			31		176.95
07-24-95	08-22-95	91219	kWh	54215	41505	10	127100		94	81		177.94
07-24-95	08-22-95	89971	kWh	58139	20587	10	374820			35		9,557.91
07-24-95	08-22-95		Dmd	58.54		10		536.4				827.32
07-24-95	08-22-95	090690	kWh	33095	30610	10	24750		78	81		34.65

TOTAL CHARGES THIS PERIOD 50,990.19
SERVICE CHARGE 1,000.00
AMOUNT DUE $51,990.19

۱- روزهای سرویس : تعداد روزهای یک دوره صورت حساب

۲- اعداد اندازه گیری : اعداد نشان داده شده روی اندازه گیرها

۳- انواع اندازه گیرها : شما می توانید یک یا تعداد بیشتری از دستگاه های اندازه گیری داشته باشید مانند

A) اندازه گیر انرژی و توان : با کیلووات ساعت و کیلو وات سنجیده می شود .

B) اندازه گیر انرژی راکتیو تنها : با کیلو وار ساعت سنجیده می شود که در صورت حساب ها تنها برای ضریب قدرت های زیر ۹۵٪ استفاده می شود .

C) اندازه گیرانرژی وتوان وضریب قدرت: این اندازه گیرها هر سه نوع قبل را اندازه گیری می کند

۴- اعداد خوانده شده اندازه گیرها : مقدار واقعی روی اندازه گیرها

۵- ضرب کننده ها

۶- مصرف : مقدار واقعی اندازه گیری شده توسط اندازه گیرها که توسط ضرب کننده ها در واحد کیلووات ساعت و یا کیلو وار ساعت ضرب شده است . توان راکتیو ، توانی غیر واقعی می باشد .

۷- دیماند(توان) : این مقدار کیلووات توان حقیقی است که از ضرب عدد خوانده شده توسط اندازه گیر بدست آمده است .

۸- ضریب قدرت : ضریب قدرت نشان داده شده در صورت حساب به کمک توان راکتیو مصرفی همراه با توان حقیقی و توان ظاهری تعیین می گردد . مصرف راکتیو برای ضریب توان های زیر ۹۵ درصد توسط دستگاه های اندازه گیر توان راکتیو محاسبه می گردد .

۹- کد نرخ : این نرخی است که برای دستگاه اندازه گیری استفاده می شود . برای مشتریانی که اندازه گیر ضرب کننده دارند ممکن است بیش از یک نرخ مورد استفاده قرار گیرد .

انواع هزینه های مندرج در صورت حساب :

۱- هزینه سرویس :

هزینه سرویس طراحی شده است تا هزینه های ثابتی که مربوط به فعالیت وسیله می باشد نظیر کارکرد و نگهداری و صدور صورتحساب ها محاسبه گردد . به عنوان مثال هزینه سرویس ماهیانه یک دستگاه ۷۶۰ دلار و هزینه تسهیلات ماهیانه ۲۸۶۵ دلار می باشد .

۲- هزینه انرژی :

هزینه انرژی برای میزان کیلووات مصرفی بیش از صورت حساب دوره ای می باشد .

۳- هزینه های دیماند :

دیماند ، یک هزینه پایه ای روی ماکزیمم انرژی مصرفی شما می باشد .

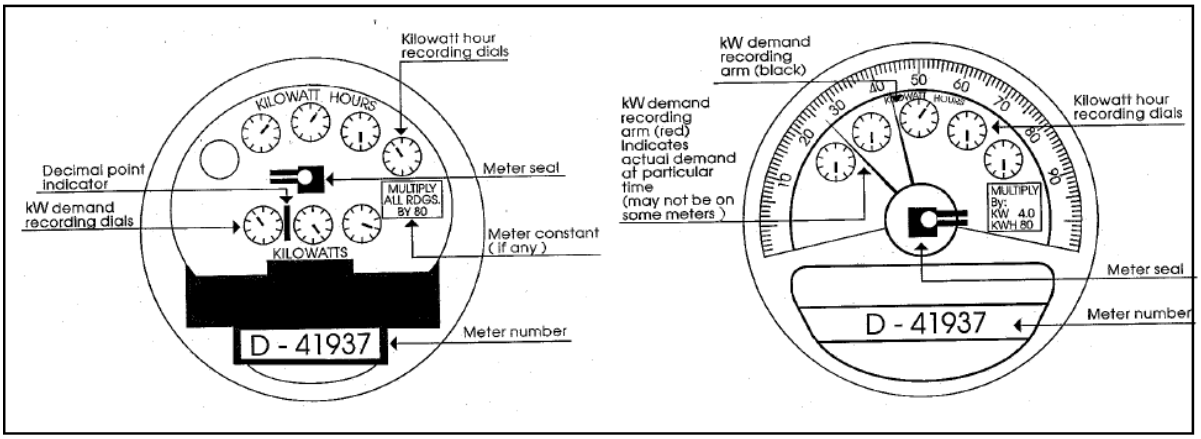
هزینه دیماند به منظور بهبود هزینه های مربوط به ایجاد ظرفیت لازم برای تولید و انتقال و توزیع برای پیک بار الکتریکی شما طراحی شده است .

یک نمونه از دستگاه اندازه گیری دیماند معمولا با فاصله های ۱۵ دقیقه ای کار می کند و در انتهای هر فاصله دستگاه دوباره صفر می شود و اندازه گیری از نو آغاز میشود .

دستگاه های اندازه گیری معمولا بزرگترین میانگین دیماند را در فاصله های زمانی در صورت حساب ها ثبت می کنند .

پنجره های اسلاید مانند دستگاه های اندازه گیری ابتدا دیماندها را ثبت کرده و سپس به جستجوی بزرگترین دیماند صرفنظر از زمان شروع می پردازند .

یک دستگاه اندازه گیری دیماند در شکل ۱۱-۶- نشان داده شده است :



شکل ۱۱-۶- دستگاه اندازه گیری دیماند

انواع هزینه های دیماند :

۱- هزینه دیماند مستقیم :

شما ممکن است صورت حساب های مستقیم از کمتر از ۲ دلار در هر ماه تا ۲۵ دلار در هر ماه ، بسته به وسیله تان ، دریافت نمایید . در بعضی مناطق (مناطق سرد) هزینه ها در زمستان بیش از تابستان می باشد .

نمونه ای از هزینه های دیماند مستقیم در زیر آمده است :

برای هر کیلووات دیماند محاسبه شده در زمستان ۱/۶۹ دلار و در تابستان ۱/۱۳ دلار

ماکزیمم دیماند برای ۷ صبح تا ۱۰ شب در روزهای دوشنبه تا جمعه ۱/۱۶ دلار برای هر کیلووات

۲- هزینه های دیماند جاداده شده در هزینه سرویس :

بسیاری ازوسایل مولفه دیماندرا درهزینه های پایه خودجای میدهند. این نوع درزیراشاره شده است:

اگر اندازه بار بیش از ۳۰۰ کیلووات می باشد : ۱۱۵ دلار + ۰/۸ دلار برای هر کیلو وات

۳- ترکیب هزینه دیماند و هزینه انرژی :

بسیاری از دستگاه ها هزینه دیماندشان در هزینه ی انرژی آنها محاسبه می گردد .

انواع دیگری از هزینه های دیماند مانند هزینه دیماند Rachet و هزینه دیماند مینیمم نیز وجود دارد .

هزینه ضریب قدرت :

موتورهای القایی برای عملکرد خود نیاز به میدان الکترومغناطیسی دارند . توان راکتیو بین ژنراتور و بار در حرکت می باشد تا میدان مغناطیسی را القاء کند . توان راکتیو کاری انجام نمی دهد و در دستگاه

های اندازه گیری انرژی و دیماند نیز ثبت نمی شود و حتی سیستم های انتقال و توزیع باید خیلی بزرگ باشند تا آن را ایجاد نمایند .

توان کاری بر اساس کیلو وات اندازه گیری می شود .

ضریب قدرت نسبت توان کاری به توان ظاهری می باشد .

یک ضریب قدرت بزرگ ، استفاده کارآمد از انرژی الکتریکی را نشان می دهد در صورتیکه یک ضریب قدرت پایین ، ضعف در استفاده از جریان الکتریکی ورودی به موتور را نشان می دهد .

معمولا برای ضریب قدرت های پایین جریمه هایی در نظر گرفته می شود .

استفاده از اطلاعات صورت حساب به منظور شناخت فرصت ها :

فهم صورت حساب الکتریکی ، دانستن اینکه وسایل اندازه گیری دیماند چگونه کار می کنند و جریمه های ضریب قدرت چگونه تعیین می شوند ، برای هماهنگ کننده های انرژی لازم می باشد . هزینه های انرژی و دیماند قابل کنترل می باشند و سودمندی ابزارهای نگهداری انرژی و مدیریت دیماند و یا اصلاح ضریب قدرت به طور مستقیم بسته به چگونگی عملکرد وسیله تان و ساختار زمان بندی وسیله دارد . به وسیله اطلاعات انرژی می توان امکان مدیریت دیماند را به کمک Load factor تعیین نمود .

Load factor نسبت متوسط دیماند به پیک دیماند می باشد .

Load factor را برای یک دوره ۱۲ ماهه از مینیمم تا ماکزیمم حساب نموده و میانگین سالیانه آن را حساب کنید .

نمونه ای از تعیین Load factor در شکل ۱۱-۷- آمده است :

$$LF = \frac{kWh}{kW_{demand} \times 24 \times N} \times 100\%$$

Where

LF	= Load factor in %
kWh	= Electric energy in kWh
kW_{demand}	= Electric demand in kW
N	= Number of days in billing period

Sample Billing Information —

Energy Use	Demand	Period
1,132,000 kWh	2,880 kW	30 Days

Sample Load Factor Calculation —

$$LF = \frac{1{,}132{,}000}{2{,}880 \times 24 \times 30} \times 100\% = 54.6\%$$

شکل ۱۱-۷- نمونه ای از تعیین Load factor

اگر Load factor از یک دوره صدور صورت حساب تا دوره ی دیگر تغییرات زیادی داشته باشد باید عملکرد سیستم به دقت زیر نظر گرفته شود .

اگر Load factor سالانه از ۸۰ درصد کمتر می باشد فرصت هایی برای کاهش دیماند ممکن است وجود داشته باشد .

چک لیست کاهش هزینه های الکتریکی :

- مقایسه برنامه های زمان بندی و استفاده از بهترین آنها برای عملکرد سیستم تان
- راه اندازی موتور و دیگر بارهای الکتریکی به صورت Off-Peak در هر جا که ممکن است .
- استفاده از استارت – آپ های متوالی و دوری از تست تجهیزات برای برنامه های زمان بندی دوره ای در ساعات پیک
- نصب خازن ها به منظور کاهش هزینه های ضریب قدرت
- استفاده از Stand By ژنراتورها به منظور کاهش پیک دیماند .

درست کردن لیست موتور و اطلاعات صورت کالا :

هماهنگ کننده انرژی کارخانه باید یک استراتژی برای آنالیز کردن موتورهای کارخانه ایجاد نماید . لذا باید کارخانه را به چند بخش تقسیم نمود و یک لیست از موتورها به منظور بازبینی تهیه نمود .

موتورهایی که مصرف کننده های مهم انرژی هستند باید در ابتدای لیست قرار گیرند . موتورهایی که برای یک بازه وسیع زمانی کار می کنند و موتورهای بزرگ تر باید در صدر لیست قرار گیرند . برعکس موتورهای کوچکی که به طور متناوب کار می کنند باید در انتهای لیست قرار گیرند . بسته به اندازه کارخانه و پیچیدگی ساختار پروژه ، ممکن است تنها لیستی از موتورهایی که اندازه آنها از حد مینیمم فراتر می باشد و بر اساس ضوابط کار می کنند مهیا نمود .

معیارهای گزینش شده نمونه شامل موارد زیر می باشد :

- سه فاز ، موتور نوع B بر اساس طراحی NEMA
- ۱۰ تا ۶۰۰ اسب بخار
- حداکثر ۲۰۰۰ ساعت عملکرد در سال
- بار ثابت
- پلاک موتور خوانا

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شما می توانید اطلاعات مربوط به هر موتور را جمع آوری کرده و با کمک نرم افزار *Motor- Master* + فآیده جایگزینی آن با یک موتور پر بازده را تعیین کنید .

بنابراین وقتی یک موتور خراب شد شما به سرعت می توانید تعمیرات را انجام دهید یا اینکه بر اساس اطلاعات قبلی موتور را تعویض نمایید .

لذا برای تهیه فهرست دیتابیس ، اطلاعات زیر را جمع آوری نمایید :

- شناسایی اطلاعات پلاک موتورها به صورت منفرد
- راندمان ، سرعت و آمپراژ در بار کامل
- ولتاژ ، آمپراژ و ضریب قدرت عملکردی موتور
- سرعت موتور و تجهیزات راه انداز وقتی که موتور زیر بار می رود
- ساعت کارکرد سالیانه موتور
- بار دقیق موتور (بر حسب KW)
- راندمان موتور در نقطه کارش
- فعالیتی که منجر به خرابی می گردد و مشخصات تعمیر یا جایگزینی

بدست آوردن اطلاعات ثبت شده بر روی پلاک موتور :

برای آنالیز موتور لازم است که اطلاعات از روی پلاک موتور برای فهرست دیتابیس در آورده شود . پلاک یک موتور نمونه در شکل ۱۱-۸- نشان داده شده است .

INDUCTION MOTOR			
MODEL: *5K254AK205*		SERIAL NO.: *1105842*	
HP 15	SERVICE FACTOR 1.15	TIME RATING *CONT*	
FL RPM *1775*	**ENCLOSURE** *ODP*		
VOLTS *230/460*	CYCLES 60	PHASE *3*	
FL AMPS *38.6/19.3*	FULL-LOAD POWER FACTOR *87.2%*		
TYPE *K*	FRAME *254T*	NEMA CLASS DESIGN *B*	CODE G
INSULATION CLASS *B*		MAXIMUM AMBIENT *40° C*	
DRIVE END AFBMA BRG *45B003*		OPP DIVE END AFBMA BRG *35BC02*	
Full-load Efficiency: *91.7%*			
WHEN ORDERING RENEWAL PARTS, GIVE MOTOR MODEL NUMBER NAME OF MANUFACTURER			

شکل ۱۱-۸- پلاک یک موتور الکتریکی

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

شما با این اطلاعات می توانید بار تحمیلی روی هر موتور توسط تجهیزات راه انداز و راندمان در نقطه کار موتور را تعیین نمائید . بسته به طول عمر موتور و شیوه سازنده ، تمام اطلاعات مطلوب در پلاک هر موتوری داده نمی شود .

وقتی که اطلاعاتی داده نشده است ، شما باید در جای دیگری اطلاعات مورد نظرتان را پیدا نمایید . سن موتور و تاریخ سیم پیچی مجدد آن باید ثبت گردد . نوع کوپلینگ ها ، بار موتور ، دستگاه های تغییر دهنده بار نظیر دمپرها و سرعت تجهیزات در حال حرکت را تعیین نمائید . لیست نوع بار و نوع کوپلینگ در جدول های زیر آمده است :

Load List
Centrifugal Fan
Centrifugal Pump
Compressor—screw compressor, reciprocating compressor, centrifugal compressor
Extruder
Conveyer
Crushers/Milling
Blenders/Mixers
Grinder
Machine Tools (Lathes, Sanders)
Crane
Planer
Positive Displacement Pump
ASD[1]/Centrifugal Fan
ASD[1]/Centrifugal Pump
ASD[1]/Compressor
Other

[1] Adjustable speed drive

Coupling Types
Direct Shaft
Worm Gear
Helical Gear
Bevel Gear
Roller Chains
Silent Chains
V-Belts
Synchronous Belts
Flat Belts
Other

جدول ۱۱- ۱- لیست نوع بار و نوع کوپلینگ

نمایه زمان بارداری موتور :

هماهنگ کننده انرژی لازم است که ساعت عملکرد یک موتور را در طول سال تعیین نماید . ساعت عملکرد سالیانه می تواند با تهیه نمایه عملکرد موتور تعیین گردد .

عملکرد اندازه گیرها :

در یک سیستم سه فاز اندازه گیری مقادیر زیر برای هر موتور ضروری می باشد :

- ولتاژ فاز به فاز بین هر سه فاز
- جریان تمام فازها
- ضریب قدرت همه فازها
- سرعت عملکردی موتور و سرعت بار متصل به آن

تجهیزاتی که برای این اندازه گیری ها ضروری می باشد عبارتند از :

- ولتمتر یا مولتی متر
- آمپرمتر
- ضریب قدرت متر
- دورسنج که باید به حدی دقیق باشد که سرعت موتور را بر حسب RPM بخواند .

وقتی موتور در بار ثابت کار می کند ، تنها یک دستگاه اندازه گیری مناسب می باشد .

وقتی موتور در دو یا سه نقطه مشخص بار کار می کند ، اندازه گیری باید در هر بار انجام شود زیرا با تغییر سطح بار ، جریان و ضریب قدرت تغییر می یابد . سپس تکنسین می تواند میانگین وزنی بار موتور را اندازه گیری نماید . اندازه گیری در یک موتوری که بار تصادفی ای را حرکت می دهد بسیار سخت می باشد . لذا تکنسین باید یک سری اندازه گیری انجام دهد و بهترین نتیجه برای تغییرات بار را بدست آورد .

اندازه گیری سرعت موتور به دلیل این که در هنگام تعویض باید موتوری با همین سرعت انتخاب نمود ، ضروری می باشد . وقتی که موتور بارهای گریز از مرکز (نظیر پمپ و فن) را می چرخاند ، بار موتور به شدت به سرعت موتور حساس است . موتورهای پربازده در سرعتی که کمی بالاتر از موتورهای استاندارد است کار می کند . سرعت بالاتر ممکن است منجر به افزایش سرعت بارهای حساس گردد .

لذا ممکن است در طی بهبود راندمان موتور ، صرفه جویی منتفی گردد .

حساسیت بار موتور به سرعت آن :

برای بارهای گریز از مرکز نظیر پمپ ها و فن ها ، حتی یک کمترین تغییر در سرعت بار کامل می تواند منجر به تغییر گسترده ای در بار و مصرف انرژی سالیانه گردد . طبق رابطه ی موجود برای فن ها ، توان بار روی موتور به مکعب سرعت چرخش بستگی دارد . در مقابل میزان جریان آب تحویل داده شده یا میزان جریان هوا به صورت خطی با سرعت تغییر می کند . بسیاری از موتورهای پر بازده سعی دارند در حداقل لغزش کار نمایند یا درسرعت کمی بیشتر ازسرعت موتورهای استاندارد کار کنند. این تفاوت کوچک ۵ تا ۱۰ RPM برای سرعت ۱۸۰۰ RPM بسیار مهم می باشد . یک افزایش ۲۰ RPM که به ظاهر کم به نظر می رسد در سرعت چرخش بار کامل موتور برای موتورهای ۱۷۴۰ تا ۱۷۶۰ RPM سبب افزایش ۳/۵ درصد در بار قرار گرفته بر روی موتور به وسیله تجهیزات گردنده می شود .

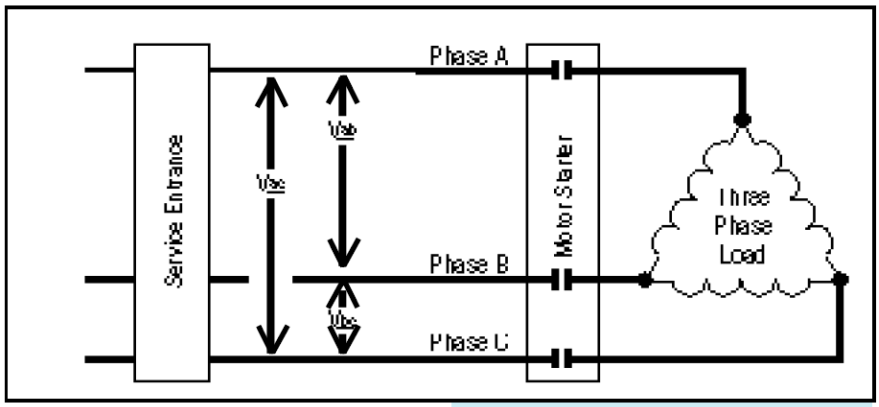
یک افزایش ۴۰ RPM در سرعت می تواند سبب شود که میزان مصرف موتور تا ۷ درصد افزایش یابد .

برای رسیدن به ماکزیمم صرفه جویی انرژی ، مطمئن شوید که موتور پر بازده جایگزین دارای سرعت بار کامل مساوی یا کمتر از سرعت موتور موجود می باشد .

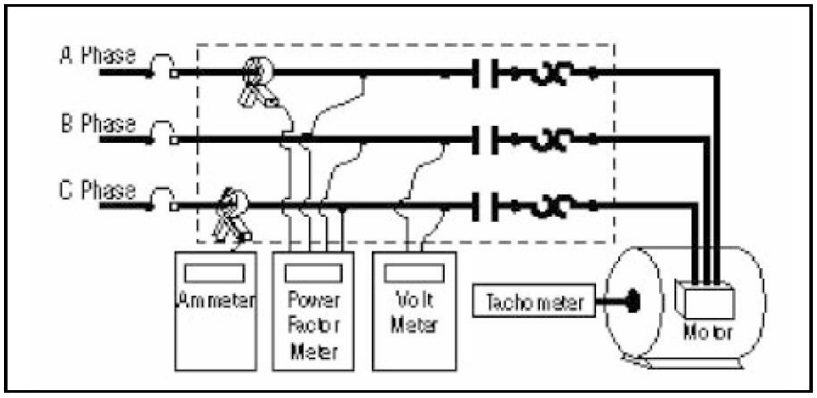
جمع آوری اطلاعات مورد نیاز :

شکل ۱۱-۹- دیاگرام یک سیستم قدرت سه فاز که بار آن به صورت مثلث می باشد را نشان می دهد .

برای ارزیابی عملکرد موتور ، شما علاوه بر اطلاعات پلاک موتور به یک ولت متر و ضریب قدرت سنج آنالوگ احتیاج دارید تا ولتاژ و آمپراژ و ضریب قدرت هر فاز را محاسبه نمایید . حال میانگین اطلاعات خوانده شده از سه فاز را بدست آورید .



شکل ۱۱-۱۰- چگونگی نصب دستگاه های اندازه گیری را نشان می دهد .



شکل ۱۱-۱۰- چگونگی نصب دستگاه های اندازه گیری

همچنین استفاده از تاکومتر برای اندازه گیری سرعت موتور مفید خواهد بود .

توان تحویل داده شده به موتور را می توان توسط یک اندازه گیر direct reading مشخص نمود .

هزینه دستگاه های direct reading عمدتاً از مولتی متر ها گران تر است .

تذکرات ایمنی در جمع آوری اطلاعات :

- نصب دستگاه برای اندازه گیری ولتاژ های بالای ۶۰۰ ولت توصیه نمی گردد .
- باید از دستکش های خط گرم استفاده نمود .
- عدم اتصال صحیح درپوش های ترانس های اندازه گیری جریان (CT) می تواند سبب تحمیل یک شوک الکتریکی خطرناک گردد . این امر در زمان اتصال CT به دستگاه های اندازه گیری جداگانه مهم می باشد.

ولتا مهیا شده ورودی :

وقتی نامتعادلی ولتاژ مصرف بیش از یک درصد می باشد ، تکنسین باید اندازه افت ولتاژ را محاسبه نماید . این بخش از اندازه گیری می تواند به تکنسین اجازه دهد تا تعادل ولتاژ تحویلی به وسیله را تعیین کند .

اگر نامتعادلی ولتاژ ورودی کمتر از یک درصد است ، مشکل نامتعادلی ولتاژ مصرف در داخل سیستم توزیع کارخانه وجود دارد . لذا این مسئولیت تکنسین می باشد که مشکل را پیدا و برطرف نماید .

خرید ابزارهای تست موتور :

وقتی که تصمیم به خرید دستگاه های تست الکتریکی می گیریم ممکن است با انواع گوناگون و قیمت های مختلف برخورد نمائیم . سه عامل تاثیر گذار بر روی قیمت ها عبارتند از : میزان بررسی هارمونیک ها ، رنج و خصوصیات آن .

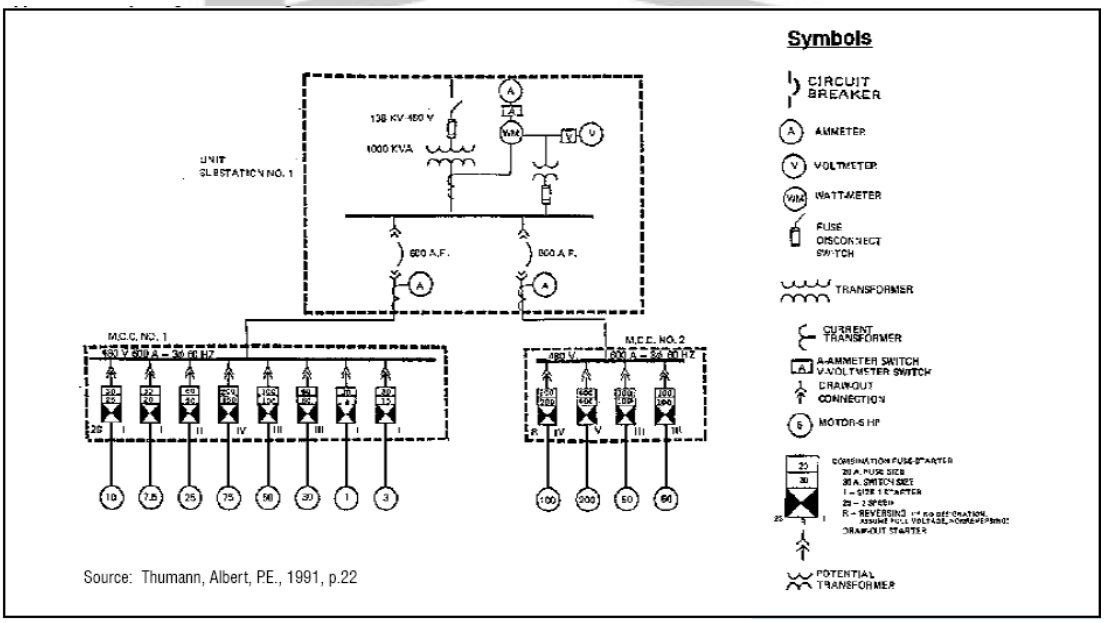
برای داشتن یک خرید هوشمندانه به اطلاعات محیطی از کارخانه احتیاج داریم . بسیاری از سازنده ها کالای خود را با ارائه کاتالوگ ها به خوبی معرفی می کنند .

نقش ولتاژ در سیستم توزیع کارخانه:

برای استفاده از تاسیسات الکتریکی ، توان مورد نیاز باید در یک سطح ولتاژ معین به وسیله تحویل داده شود . لذا ابتدا یک ترانس کاهنده ، ولتاژ را به سطح ولتاژ سیستم توزیع کارخانه تبدیل می نماید .

در مرحله بعد ممکن است از ترانس های دیگری استفاده شود تا ولتاژ توزیع کارخانه را به سطح ولتاژ نرمال مورد نیاز موتورها که همان ۴۸۰ ولت می باشد کاهش دهند .

ولتاژی که در پایانه موتور وجود دارد ، ولتاژ نامی ای است که از کسر افت ولتاژ بین ترانس و مصرف کننده پایانی بدست آمده است . دیاگرام تک خطی زیر ولتاژ سرویس ، ولتاژ توزیع و ولتاژ مورد استفاده در تاسیسات را نشان می دهد .



شکل ۱۱-۱۱- دیاگرام تک خطی ولتاژ سرویس ، ولتاژ توزیع و ولتاژ مورد استفاده در تاسیسات

توان تحویلی به وسیله باید دارای دو شرط زیر باشد :

اولاً اینکه توان تحویلی باید در رنج ولتاژ قابل قبول باشد .
ثانیاً اینکه در ولتاژ سه فاز موتور ، بین فازها تعادل وجود داشته باشد .

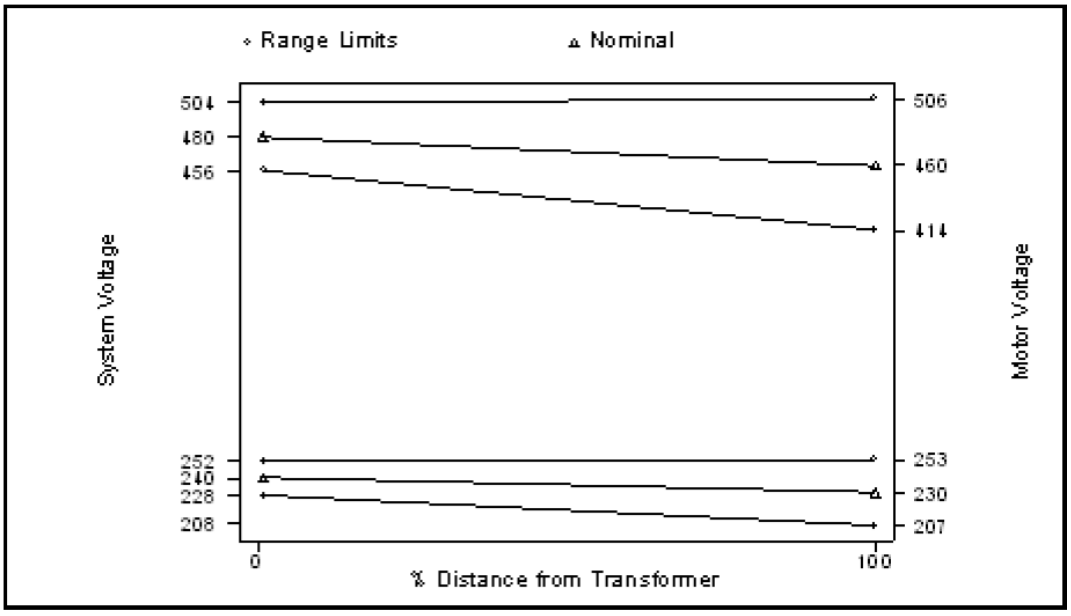
اضافه یا کاهش ولتاژ :

توان باید در سطح ولتاژ ۴۸۰ ولت به مشترکین صنعتی تحویل داده شود که این ولتاژ می تواند در رنج ۴۵۶ ولت تا ۵۰۷ ولت (۵٪ + ۴۸۰) تلرانس داشته باشد . معمولاً ولتاژ سرویس در سطح ۴۷۵ تا ۴۸۵ ولت باقی می ماند . مشترکین عضو NEMA دارای ولتاژ اسمی ۹۵/۸ درصدی برای موتورها می باشند . در سیستم های توزیع ، ولتاژ قابل قبول در کارخانه ها بر اساس استانداردهای IEEE و ANSI تعریف می گردد . این استاندارد ها در جدول ۱۱-۲- بیان گردیده است .

Nominal System Voltage	Allowable Limits %	Allowable Voltage Range
120V (L - N)	± 5%	114V - 126V
240V (L - L)	± 5%	228V - 252V
480V (L - L)	± 5%	456V - 504V

جدول ۱۱- ۲- استانداردهای IEEE و ANSI در مورد سطح ولتاژ قابل قبول

شکل ۱۱-۱۲- رابطه بین ولتاژ سیستم و ولتاژ موتور نسبت به فاصله از ترانس را نشان می دهد .



شکل ۱۱-۱۲- رابطه بین ولتاژ سیستم و ولتاژ موتور نسبت به فاصله از ترانس

بر اثر اضافه ولتاژ در فیدر ورودی موتور، جریان مغناطیس کنندگی افزایش می یابد. لذا در بسیاری از نقاط ، بسته به طراحی موتور ، هسته دچار اشباع شده و این امر سبب گرم شدن زیاد آن می گردد .

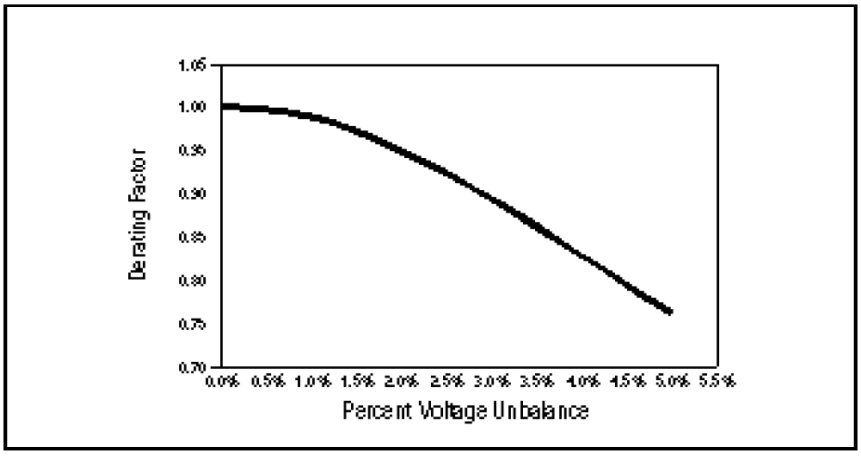
بر اثر افزایش ۱۰ تا ۱۵ درصدی اضافه ولتاژ ، راندمان و ضریب قدرت به طور محسوس نسبت به راندمان استاندارد موتور کاهش می یابد . همچنین جریان راه اندازی ، گشتاور روتور قفل شده و افت گشتاور به طور محسوس بر اثر اضافه ولتاژ زیاد می گردد .

اگر یک موتور دچار افت ولتاژی ۱۰ درصدی شود ، به منظور تامین گشتاور مورد نیاز بار ، جریان افزایش خواهد یافت . این امر سبب افزایش تلفات روتور و استاتور می گردد که سبب گرم شدن زیاد موتور در بار کامل می گردد .

افت ولتاژ همچنین می تواند گشتاور راه انداز موتور را کاهش دهد .

نامتعادلی ولتاژ :

نامتعادلی ولتاژ وقتی اتفاق می افتد که بین فازهای یک موتور القایی سه فاز ، نابرابری ولتاژ وجود داشته باشد . این نابرابری در ولتاژ فاز سبب می شود که جریان خط از حد تعادل خارج شده و این امر سبب گشتاور ضربانی ، لرزش ، افزایش فشارهای مکانیکی در موتور و افزایش دمای زیاد یک یا دو سیم پیچ فاز می گردد . نامتعادلی ولتاژ اثر زیان آوری روی موتور خواهد داشت . یکی از این اثرات کاهش راندمان موتور می باشد . وقتی راندمان موتور سقوط می کند ، انرژی موتور در هسته و سیم پیچ ها به صورت گرما تلف می شود و گشتاور مفید روی شفت کاهش خواهد یافت . شکل ۱۱-۱۳- منحنی Derating نسبت به نامعادلی ولتاژ می باشد .



شکل ۱۱-۱۳- منحنی Derating نسبت به نامعادلی ولتاژ

اگر نامتعادلی ولتاژ از یک درصد خاصی افزایش یابد ، شرکت های سازنده موتور ، گارانتی موتور را ابطال می نمایند .

طبق استاندارد NEMA نامتعادلی ولتاژ نباید از ۵ درصد افزایش یابد .

نامتعادلی ولتاژ طبق تعریف NEMA برابر است با :

$$Unbalance = 100 \times \frac{\left| V_{\max dev} - V \right|}{V}$$

V : ولتاژ RMS یا میانگین ولتاژ سه فاز

$V_{\max dev}$: بیشترین ولتاژ در بین ولتاژ هر سه فاز

در مصرف کننده های القایی باید تلاش هایی برای متعادل سازی بار نشان داد . در بارهای القایی برای رفع مشکل نامتعادلی ولتاژ می توان در یک فاز متعادل تجزیه و تحلیلی انجام داد و آن را در دیگر فازها تعمیم داد .

نامتعادلی نه تنها پتانسیل صرفه جویی انرژی را از بین می برد بلکه می تواند سبب خسارت های جبران ناپذیری به تجهیزات گردد .

بهینه سازی سیستم توزیع الکتریکی کارخانه :

یکی از مسائلی که اغلب مورد غفلت قرار می گیرد ، نگهداری از سیستم توزیع الکتریکی کارخانه ها می باشد . لذا می توان با رفع مشکلاتی نظیر اتصالات سست ، نامتعادلی ولتاژ ، بالا و پایین بودن سطح ولتاژ ، ضریب توان پایین ، اندازه ی نامناسب هادی ها و نشتی عایقی ، راندمان را بهبود بخشید . شما باید سیستم توزیع کارخانه را قبل از اندازه گیری اطلاعات میدان تصحیح نمایید . برای رفع نقص سیستم توزیع مراحل زیر را قدم به قدم باید انجام داد :

رفع نقص سیستم توزیع الکتریکی را با پیدا کردن اتصالات ضعیف که می تواند موجب خرابی و گاهاً آتش سوزی شود شروع نمائید .

مرحله بعد تصحیح ضریب قدرت پایین می باشد که بزرگترین پتانسیل صرفه جویی در هزینه ها می باشد .

سپس سیستم باید برای رفع نامتعادلی ولتاژ و بالا و پایین بودن آن به سبب اثر آن بر عملکرد موتور و طول عمر موتور تست شود .

در نهایت باید نشتی عایقی و تغییر سایز سیم ها مورد بررسی قرار گیرد .

۱- رفع مشکل اتصالات ضعیف :

اولین گام در بهینه سازی سیستم توزیع الکتریکی صنعتی ، کشف و تصحیح مشکلات به سبب اتصالات ضعیف می باشد . معمولاً به سبب اتصالات سست و کثیف درجه حرارت بالا می رود . چنین اتصالاتی در سوئیچ ها و مدارشکن ها و فیوزها و پایانه ها وجود دارد . حل این نوع مشکلات منجر به بزرگترین سود در صرفه جویی هزینه ها می گردد . اتصالات ضعیف می تواند به دلایل زیر رخ دهد :

- شل بودن ترمینال ها و اتصالات شینه ها .
- زنگ زدگی ترمینالها و تماسها
- بد جوش خوردن بندها
- شل بودن ، سوراخ بودن ، فرسودگی یا اتصالات ضعیف در مدارشکن ها
- فرسودگی و آلودگی فیوزها یا بسته نشدن کامل سوئیچ ها

تشخیص این مشکل توسط دستگاه مادون قرمز ترموگراف یا با تست افت ولتاژ در مرکز کنترل موتور و روی پانل توان ، انجام می گیرد . فآیده تست افت ولتاژ این است که این تست می تواند در داخل کارخانه و با تجهیزات موجود انجام شود و مشکل ، قبل از تشخیص با دستگاه مادون قرمز ، می تواند مشخص شود .

اندازه گیری افت ولتاژ در هنگامی که کارخانه دارای بار کامل است باید انجام شود . تکنسین در خلال تست افت ولتاژ و یا تست مادون قرمز می تواند با چشم معایب زیر را چک نماید :

- رنگ رفتگی از عایق یا اتصالات
- اکسید شدن فلز هادی ها
- وجود آلاینده هایی مانند چرک و خاک
- کابلهای غیر هم سایز در یک مدار
- اتصال کابل های آلومینیومی به بالشتک کابل های مسی

تست افت ولتاژ :

تست افت ولتاژ را می توان با یک میلی ولتمتر ساده انجام داد . شما می توانید از یک پروسه دو مرحله ای بدون تست مجزای هر مولفه برای تشخیص کامل مشکل استفاده کنید .

برای این کار احتیاط زیادی بکنید و از دستکش های خط گرم استفاده کنید . افت ولتاژ ابتدا از پانل اصلی توزیع تا مرکز کنترل موتور و سپس از مرکز کنترل موتور تا بارموتور اندازه گیری می شود . برای مثال ، برای یک موتور ، اندازه گیری افت ولتاژ از شینه تا بار در طرف راه انداز موتور انجام می شود . تفاوت زیاد افت ولتاژ یک فاز با دیگر فازها می تواند به تکنسین این اخطار را بدهد که اتصالات سست وجود دارد .

دستگاه مادون قرمز ترموگراف :

دستگاه مادون قرمز روشی سریع و ساده برای تشخیص مشکل و اندازه گیری درجه حرارت اجزایی است که بدون دلیل مشخصی درجه حرارتشان بالا رفته است . بالا بودن درجه حرارت دلیل بزرگی برای اتلاف انرژی و خرابی می باشد . مقاومت بالای اتصالات خود عامل مهمی در بالا رفتن درجه حرارت می باشد که رسانایی را کاهش و درجه حرارت را افزایش می دهد . وقتی تست مادون قرمز انجام گیرد تکنسین می تواند بر روی محلی که تولید حرارت می کند متمرکز گردد .

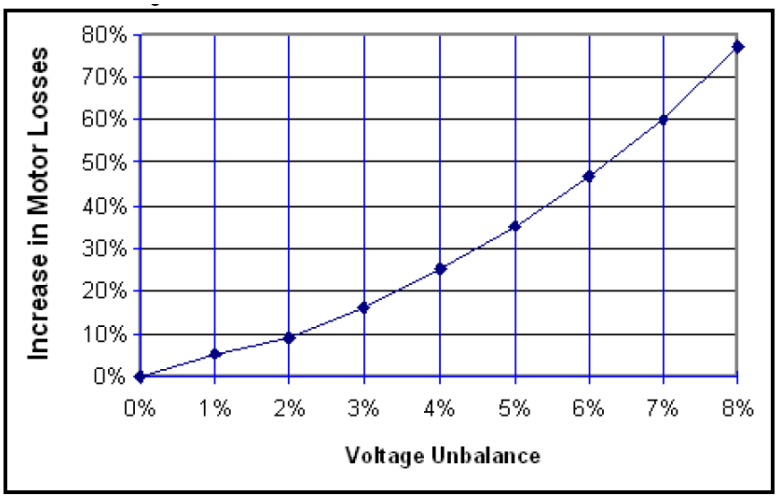
برای اندازه گیری افت ولتاژ و مقاومت در اتصالات دارای دمای بالا و اتصالاتی که در ترموگراف نشان داده نمی شود از یک میلی ولتمتر یا میلی اهم متر استفاده می کنیم .

۲- حل مشکل ضریب قدرت پایین :

آنالیز صورت حساب تاسیسات معمولاً مشکل ضریب قدرت پایین را آشکار می سازد . حتی اگر در صورتحساب وسیله شما مستقیماً ضریب قدرت نمایش داده نشده ، یک ضریب قدرت پایین سبب می شود که صورتحساب KWh یا صورتحساب دیماند افزایش یابد . تصحیح ضریب قدرت سبب کاهش جریان خط شده و لذا تلفات RI^2 نیز در تمام سیستم توزیع کاهش می یابد .

۳- رفع مشکل نامتعادلی ولتاژ :

برای بهینه سازی سیستم توزیع الکتریکی باید بارها تست شوند تا نامتعادلی ولتاژ تشخیص داده شود . نامتعادلی بیش از یک درصد را باید به سرعت تصحیح نمائیم و نامتعادلی ولتاژ کمتر از یک درصد مطلوب می باشد . شکل ۱۱-۱۴- افزایش تلفات موتور را به سبب نامتعادلی ولتاژ نشان می دهد .



شکل ۱۱-۱۴- افزایش تلفات موتور به سبب نامتعادلی ولتاژ

نامتعادلی ولتاژ به دلایل زیر می تواند روی دهد :

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

- انتخاب تپ اشتباه در ترانس توزیع
- وجود یک ترانس توزیع بزرگ تکفاز در سیستم سه فاز ، چه زیر بار برود و یا نرود .
- سیم پیچی نامتقارن ترانس ها سبب می شود که ولتاژهای متفاوت تحویل داده شود .
- عملکرد ناقص تجهیزات اتوماتیک اصلاح ضریب قدرت
- بارنامتعادل سه فاز (نظیر روشنایی یا جوشکاری)
- بارهای تکفازی که به صورت نامتقارن در سیستم سه فاز توزیع شده است و یا یک بار تکفاز بزرگ متصل به دو هادی یک سیستم سه فاز
- تغییراتی با نیت خوب نظیر بهبود راندمان یک بار تکفاز روشنایی که سهواً سبب می شود سیستم سه فازی که قبلاً متعادل شده بود ، نامتعادل گردد .
- بارهای تکفاز با توان راکتیو مورد نیاز خیلی زیاد نظیر جوشکاری
- روش و خاموش کردن بی رویه بارهای بزرگ نظیر کوره ها و بانک های بزرگ نوری
- نامتعادلی ایجاد شده توسط شبکه
- باز بودن یک فاز در طرف اولیه ترانس سه فاز توزیع
- اتصال کوتاه فاز با زمین
- خرابی ویا جداشدن یک ترانس ازسه ترانسی که به صورت اتصال مثلث به هم متصل بوده اند
- اتصال کوتاه در ترانس قدرت (معمولاً به زمین)
- نوع خاصی از خرابی تکفاز در دستگاه های تنظیم کننده فرکانس و کنترلر موتورها
- مقاومت نابرابر در هادی ها و خازن ها و سیم های توزیع
- نوع خاصی از عیب موتور .

بارهای ثابت را می توان توسط یک ولت متر ساده ، ولتاژ هر فازشان را نسبت به زمین اندازه گیری کرد . در بارهای به شدت متغییر باید ولتاژ هر سه فاز به صورت همزمان با مانیتورینگ اندازه گیری شود . به کمک مانیتورینگ می توان به صورت دوره ای اطلاعات ولتاژ ، جریان ، ضریب قدرت و اعوجاج هارمونیکی هر فاز اندازه گیری و ثبت شود .

سیستم هایی که دارای تعادل مناسب می باشند را می توان به صورت زیر نگهداری کرد :

- چک شود که ولتاژ بی باری متعادل ترانس ها از یک حد مینیمم ۱/۲۵ درصد در هر تپ بیشتر نشود .
- چک و بازبینی دیاگرام تک خطی سیستم الکتریکی به منظور مطمئن شدن از توزیع یکنواخت بارهای تکفاز

- مانیتورینگ منظم ولتاژ هر سه فاز تا کوچکترین نامتعادلی ولتاژ موجود تشخیص داده شود .
- نصب نمایشگرهای اتصال کوتاه با زمین
- بازرسی سالانه با دستگاه ترموگراف

۴- رفع مشکل بالا یا پایین بودن ولتاژ :

بالا یا پایین بودن ولتاژ می تواند به چند علت رخ دهد :

- انتخاب نادرست موتوربرای ولتاژ نامی. به عنوان نمونه یک موتور ۲۳۰ ولت دریک مدار ۲۰۸ ولت
- تنظیم نادرست تپ ترانس
- تلفات نامتقارن خطوط سبب افت ولتاژهای مختلف در سیستم می گردد .

اغلب ولتاژ را به مقدار کم و ناچیزی بالاتر در نظر می گیرند تا ولتاژ رسیده به مرکز کنترل موتور برابر مقدار صحیحی باشد .

به عنوان مثال وقتی موتورهای ۲۳۰-۲۰۸ ولت در ولتاژی پایین تر از ۲۰۸ ولت کار کنند ، در موتور تلفات اضافی ای به وجود می آید . آنگاه موتور راندمان بار کامل پایین تر ، راه اندازی با گرمای تولیدی بیشتر ، لغزش بزرگتر و گشتاور مهیا شده کمتر و احتمالاً عمر کوتاه تری دارد .

ولتاژ سیستم می تواند به صورت های زیر اصلاح گردد :

- تنظیم تپ ترانسفورماتورها
- از تغییر دهنده های تپ اتوماتیک برای بارهایی که در طول روز به میزان زیاد تغییر می کنند استفاده گردد .
- نصب خازن های اصلاح ضریب قدرت به منظور بالا بردن ولتاژ سیستم .

۵- حل مشکل هادی های کوچکتر از حد معمول :

در کارخانه هایی که توسعه می یابند ، اندازه هادی ها اغلب برای بارهای جدید کوچکتر از حد معمول می باشند. هادی های کوچکتراز حد معمول همانند اتصالات ضعیف ، بارمقاومتی ای درمدار ایجاد می کند . هزینه جایگزینی یا تکمیل این هادی ها از دیدگاه هزینه های صرفه جویی انرژی معمولاً مورد تایید نمی باشد . به هر حال این هزینه ممکن است در طی پروژه توسعه کمتر گردد .

۶- حل مشکل تلفات و نشتی عایقی :

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

نشتی عایق های الکتریکی اغلب به سبب دمای بینهایت زیاد ، ساییدگی ، رطوبت یا آلودگی های شیمیایی و... رخ می دهد . سایش اغلب به سبب لرزش و حرکت تحت فشار نیروی مغناطیسی رخ می دهد . بدترین آلودگی شیمیایی مربوط به مواد رسانایی مانند نمک یا خرده های زغال می باشد .

رطوبت اغلب وقتی به داخل موتور نفوذ پیدا می کند که موتور برای مدت زمان زیادی خاموش بوده و در محیطی که نسبتاً رطوبت بالایی دارد قرار گرفته است . حتی بدون وجود این عوامل تهدید کننده ، تست سالیانه عایقی مورد نیاز می باشد . نشتی عایقی تنها با استفاده از دستگاه amegohmmeter قابل شناسایی می باشد .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

فصل یازدهم

WikiPower.ir

نتیجه گیری

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

اولین مبحث در مدیریت مصرف انرژی الکتریکی موتورها را می توان چگونگی استفاده از توان موثر موتور دانست . لذا نقش ضریب قدرت در مصرف انرژی جلب توجه می کند . ضریب قدرت نسبت توان حقیقی به توان ظاهری موتور بوده و هر چه این عدد به یک نزدیکتر باشد ، موتور دارای راندمان بهتری خواهد بود .

$$COS\ \phi = \frac{P}{S}$$

معمولاً تولید کنندگان برق صنعتی برای مشترکین خود یک حداقل ضریب قدرت را تعریف می کنند و در صورتی که موتور دارای ضریب قدرتی پایین تر از آن باشد ، مشمول جریمه خواهد شد .

برای بهبود ضریب قدرت می توان از راهکارهای زیر استفاده کرد :

۱) استفاده از موتورهای پرسرعت

۲) موتورهای کم حجم در اندازه دیماند بار

۳) افزودن خازن های اصلاح ضریب قدرت به سیستم موتور الکتریکی

در میان راه های فوق از روش افزودن خازن به میزان زیادی استفاده می شود و خازن ها به دو صورت ثابت و سوئیچ شونده در سر راه موتور قرار می گیرند . به طور کلی اگر می خواهیم برای یک موتور اصلاح ضریب قدرت انجام دهیم بهتر است که خازن با موتور سوئیچ شود ولی برای یک کارخانه که دارای موتورهای بزرگ و کوچک زیادی می باشد می توان همزمان از بانک های خازنی و خازن های سوئیچ شونده استفاده نمود .

از آنجایی که توان ورودی و ولتاژ موتورها ثابت است ، کاهش ضریب قدرت سبب افزایش جریان و بالطبع افزایش تلفات اهمی خواهد شد . همچنین افزایش جریان سبب افت ولتاژ بیشتر بر روی کابل خواهد گردید. لذا باید قطر سیم ها را افزایش داد . بنابراین اصلاح ضریب قدرت باعث کاهش اندازه ترانس ها ، باس ها ، کابل ها و سوئیچ ها می شود .

یکی دیگر از راهکارهای مدیریت مصرف انرژی موتورها مبحث Load Matching یا انتخاب درست موتور بر اساس بار مکانیکی می باشد . نقطه کار موتور همان محل تلاقی منحنی های گشتاور – سرعت موتور و منحنی گشتاور بار می باشد . بهترین محدوده برای بارها ، ۷۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی بوده که موتور بیشترین بازده را در این محدوده دارد .

لذا در هنگام انتخاب موتور برای حصول بیشترین بازده باید به میزان بار ، نحوه تغییرات بار ، گشتاور راه اندازی و میزان و تغییرات سرعت توجه نمود . در بهترین نقطه کار موتور که بازده بیشینه است تلفات ثابت و متغییر موتور برابر است . باید توجه کرد که بازده بارهای کمتر از ۵۰ درصد بار نامی ، بحرانی ترین بازده می باشد .

در هنگام انتخاب موتور باید توجه نمود که موتور به دلیل در نظر گرفتن حاشیه ایمنی نسبت به بار بزرگ انتخاب نشود زیرا بزرگ بودن موتور سبب می شود که بازده کاهش و تلفات افزایش یابد ، ضریب

قدرت با شیب بیشتری نسبت به بازده کاهش یابد ، قیمت خرید افزایش یابد و هزینه تعمیر و نگهداری زیاد شود .

اگر قصد کوچک نمودن موتور را داشته باشیم باید توجه نمود که در هنگام کوپل شدن موتور و بار به هم ، موتور ، سرعت چرخش و بار ، گشتاور لازم را تعیین می کند .

لذا موتور کوچکتر کم هزینه تر بوده و تلفات اهمی کمتری دارد و موتور کوچکی که در ۷۵ تا ۱۰۰ درصد بار نامی کار می کند نسبت به یک موتور بزرگ کم بار ، دارای راندمان بهتری است . ولی باید توجه نمود که موتور کوچک دارای اضافه بار نگردد و از آنجایی که گشتاور بسیاری از بارها به سرعت حساس است ، در هنگام کوچک سازی موتور باید دقت نمود که هر دو موتور دقیقاً هم سرعت باشند .

روش دیگری که در بهینه سازی مصرف موتورها مورد توجه قرار گرفته است ، استفاده از موتورهای بیش بازده و پر بازده می باشد . طبق تعریف ، راندمان عبارتست از توان مفید خروجی به کل توان ورودی .

$$E = \frac{P_{Out}}{P_{In}} \times 100$$

موتورهای پر قدرت دارای منحنی بازده سرعت تخت می باشند زیرا حتی یک درصد افزایش راندمان سبب افزایش چشمگیر توان خروجی می شود . معمولاً اندازه گیری راندمان موتورها به ۳ صورت انجام می شود :

۱) روش اندازه گیری توان

$Load = \frac{P_I}{P_{IR}} \times 100$ ، توان نامی در بار نامی $P_{IR} =$ ، توان الکتریکی ورودی $P_I = \sqrt{3}\ V\ I\ COS\,\theta =$

۲) روش اندازه گیری جریان

$Load = \frac{I}{I_r} \times \frac{V}{V_r} \times 100$ ، جریان و ولتاژ ثبت شده روی پلاک موتور $V_r\ ,\ I_r =$

۳) روش اندازه گیری لغزش

$$Load = \frac{S}{N_s - N_n}$$

طبق تعریف NEMA موتورها به سه دسته استاندارد ، بیش بازده و پر بازده تقسیم بندی می شود که برای هر دسته راندمان نامی برای انواع موتورها تعریف شده است .

موتورهای بیش بازده نسبت به موتورهای معمولی دارای مس بیشتری بوده و بازده بالاتری دارند . این موتورها ۱۵ درصد از موتورهای معمولی گرانتر است . بالاترین بازده مربوط به موتورهای پر بازده بوده که تلفات این موتورها ۳۰ درصد کمتر از موتورهای استاندارد است . در این موتورها از هسته های بسیار مرغوب و با تیغه های نازک استفاده شده و جهت کاهش تلفات مغناطیسی و بار از استاتور درازتر با سیم

های مسی ضخیم تر بهره گرفته شده است . این موتورها خنک بوده و با لرزش و صدای کمتری کار می کنند . طول عمر بالایی دارند . عمر عایقی آنها بیشتر و تعمیر و نگهداری آنها کمتر است . در برابر اضافه بار مقاوم تر بوده و سریعتر راه اندازی می شود و با تلفات بی باری کمتری کار می کند .

امروزه نسل جدیدی از موتورهای پر بازده با نام HTS روانه بازار شده که در آن به جای سیم پیچ مسی از سیم پیچ های ابررسانا استفاده شده است . لذا تلفات اهمی کاهش یافته و به دلیل کاهش قطر سیم ها ، این موتورها کم حجم تر و سبک تر می باشد .

یکی دیگر از روش های کاهش مصرف انرژی موتورها ، کاهش سرعت موتور در بارهایی است که توان آنها با دور بار کاهش می یابد .

بارها از نظر سرعت و توان به سه دسته زیر تقسیم می شود :

۱) بار با گشتاور متغییر که یا گشتاور با دور بار نسبت مستقیم دارد و یا گشتاور با مربع دور بار نسبت مستقیم دارد . لذا این دسته از بارها بیشترین پتانسیل صرفه جویی را دارا هستند . از جمله این بارها می توان به پمپ و فن سانتریفیوژ اشاره کرد .

۲) بار با گشتاور ثابت که توان با دور بار نسبت مستقیم دارد . از جمله این بارها می توان به نوار نقاله ، اکسترودرها ، جرثقیل ها ، میکسرها ، سنگ شکن ها و ... اشاره کرد .

۳) بار با توان ثابت مانند ماشین ابزارها که در این بارها گشتاور با سرعت رابطه معکوس دارد . لذا این بارها قابلیت صرفه جویی ندارند .

بنابراین به سه روش زیر می توان دور موتور را کاهش داد :

۱) کاهش فرکانس تغذیه موتور به کمک دستگاه ASD که در این روش جهت جلوگیری از تضعیف شار باید نسبت $\frac{V}{f}$ را ثابت نگه داشت .

۲) تغییر تعداد قطب های موتور توسط موتورهای چند سرعت (MSM)

۳) تغییر لغزش موتور به سه صورت : تغییر ولتاژ تغذیه ، تغییر مقاومت روتور ، استفاده از کوپلینگ سری با موتور

همچنین با تغییر مشخصات سیستم انتقال نیرو می توان بدون تغییر دور موتور ، دور بار را تغییر داد . تغییر قطر پولی تسمه ها سبب می شود که سرعت بار از رابطه زیر بدست آید :

$$N_L = N_M \times \frac{D_M}{D_L}$$

دستگاه های ASD سبب صرفه جویی در مصرف انرژی شده ، کنترل فرآیند و کیفیت تولید را بهبود می بخشد ، سبب راه اندازی و ایست نرم موتور می شود ، ضریب قدرت را بهبود می بخشد و هزینه های تعمیر و نگهداری را کاهش می دهد . این کنترلرها ولتاژ تغذیه را متناسب با سرعت موتور تنظیم می کند . در حال حاضر سه نوع VFD بسته به نوع اینورتر آن ساخته شده است . ورودی ولتاژ متغییر (VVI) ،

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

ورودی منبع جریان (CSI) ، مدولاسیون پهنای پالس (PWM) . این کنترلرها سبب اختلال در شکل موج جریان خروجی می گردد .

انواع اختلالات VFD ها به صورت زیر است :

۱) هارمونیک های فرکانس خط : در این نوع اختلال درایو جریانی می کشد که با ولتاژ هم خوانی ندارد .

۲) هارمونیک های فرکانس موتور : این اختلال به سبب قطع و وصل ناگهانی در اینورتر روی می دهد.

۳) هارمونیک های فرکانس اینورتر در PWM : درایو PWM پالس ولتاژی با فرکانس ثابت بالایی تولید می کند که سبب ایجاد هارمونیک فرکانس می شود .

اختلالات سبب داغ شدن موتور و اتلاف انرژی ، تخریب عایقی و نویز شنوایی با درایو PWM ، تشدید مکانیکی و زیاد نشان دادن دستگاه های سنجش قدرت القایی می شود .

موتورهای MSM در دو نوع تک سیم پیچه (دالاندر) با یک سری سیم پیچ استاتور که سبب ایجاد دو سرعت در موتور می شود و چند سیم پیچه که دارای چند سری سیم پیچ کاملاً مجزا از یکدیگر است ، می باشد .

موتورهای چند سرعت در سه رده گشتاوری ساخته می شود :

۱) موتورهای گشتاور متغییر ۲) موتورهای گشتاور ثابت ۳) موتورهای قدرت ثابت

یکی دیگر از روش های استفاده بهینه از موتورهای آسنکرون استفاده از دستگاه ESD است .

تلفات موتور از لحاظ وابستگی به بار به ۲ دسته وابسته به بار (تلفات اهمی و تلفات پراکنده بار) و مستقل از بار (تلفات هسته و تلفات مکانیکی) تقسیم می شود .

تلفات اهمی استاتور تابع مقاومت استاتور و مربع جریان استاتور می باشد . لذا هر چه وزن سیم پیچ استاتور زیاد شود مقاومت استاتور کاهش می یابد . همچنین تلفات اهمی در بی باری حداقل بوده و در بار کامل به حداکثر خود می رسد . از طرفی چون چگالی شار در هسته موتور با تغییرات ولتاژ تغییر می کند ، تلفات هسته نیز با تغییرات ولتاژ متغییر خواهد بود .

لذا اگر در حوالی بار کم که تلفات هسته غالب است ولتاژ را کم کنیم ، تلفات کل سیستم کاهش می یابد و کاهش ولتاژ در حوالی بار کامل سبب می شود که تلفات اهمی که غالب است از تلفات هسته بیشتر گردد و تلفات سیستم بالا رود .

بنابراین دستگاه های ESD در بارهای کم با کاهش ولتاژ ، سبب کاهش تلفات و افزایش بازده می گردد .

علاوه براین خصوصیت ، راه اندازی و ایست نرم از مزایای این دستگاه ها می باشد .

از آنجائیکه موتورهای بزرگ ، بازده نامی زیاد و تلفات کمی دارند ، لذا کاهش تلفات در این موتورها کمتر می باشد . در عمل موتورهای کوچک که بازده کمتری دارند دارای پتانسیل بیشتری برای استفاده از دستگاه های ESD می باشند .

بیشترین استفاده از این دستگاه ها در بالابرها ، نوارنقاله ها ، پله های برقی ، ماشین قالب ریزی ، ماشین دوخت و بسته بندی و سنگ شکن ها و ... می باشد .

یکی دیگر از روش های بهینه سازی مصرف موتور مدیریت زمان کارکرد آن است . مدیریت زمان کارکرد سبب کاهش مصرف انرژی و کاهش هزینه های ناشی از نرخ انرژی ارزان تر می گردد .

ساده ترین روش مدیریت زمان کارکرد ، خاموش کردن موتورها در زمان بی کاری است . لذا می توان موتورها را هم به صورت دستی و هم خودکار خاموش نمود .

باید توجه کرد که در برخی موارد ممکن است یک واحد خاص مورد نیاز نباشد لذا می توان در آن مدت آن را خاموش کرد یا کار یک موتور به سایر موتورها وابسته بوده و لذا در مدت بی کاری می توان موتور را خاموش نمود و یا در مدت زمان صرف غذا می توان موتور را خاموش کرد .

استاندارد ها تعداد معینی از روشن و خاموش کردن موتورها را مجاز می دانند و بعد از هر خاموشی باید مدتی بگذرد تا بتوان موتور را روشن نمود . باید توجه نمود که عدم توجه به این موارد سبب آسیب دیدن موتور می شود .

اگر موتور از راه انداز ستاره – مثلث استفاده می کند ، می توان در شرایطی که موتور به طور دایم در زیر ۵۸٪ بار نامی کار می کند از حالت همیشه ستاره برای صرفه جویی مصرف انرژی استفاده نمود .

موتورهای بزرگ تر از ۴ کیلووات دارای جریان راه اندازی ای چندین برابر جریان نامی است . لذا در هنگام راه اندازی می توان از اتصال ستاره که ولتاژ فازها به میزان $\frac{1}{\sqrt{3}}$ برابر و جریان راه اندازی به میزان $\frac{1}{3}$ در مقایسه با راه اندازی مثلث کمتر است ، استفاده نمود . با توجه به اینکه جریان خط اتصال ستاره یک سوم مثلث است ، جریان فاز آن (جریان سیم پیچ ها) $\sqrt{3}$ برابر کمتر (۵۸٪) خواهد بود . پس یک موتور در حالت ستاره تنها تا ۵۸ ٪ بار نامی می تواند به بار جریان بدهد . همچنین در اتصال ستاره ولتاژ سیم پیچ ها کاهش یافته و در بارهای کم باعث کاهش تلفات هسته می گردد .

همانطور که گفته شد با کاهش تلفات هسته ، تلفات اهمی افزایش یافته ولی در بارهای کم تلفات هسته غالب است . لذا راندمان افزایش می یابد که گاهاً این افزایش راندمان بیش از راندمان نامی است .

یکی دیگر از روش های کاهش مصرف انرژی موتورها توجه به تجهیزات انتقال نیروی مکانیکی خروجی به بار موتور می باشد . معمولاً انتخاب تسمه ، زنجیر ، چرخ دنده و ... در اختیار مشتری نمی باشد ولی می توان با انتخاب نوع پر بازده تر در مصرف انرژی صرفه جویی کرد .

اکنون حدود یک سوم موتورهای جهان از تسمه برای انتقال نیروی مکانیکی به بار بهره می گیرند . تسمه ها نیاز به روغن کاری ندارد و هزینه نگهداری آن نسبت به سایر انتقال دهنده های نیرو کمتر است .

تسمه ها دارای ۴ نوع تخت ، V شکل ، V شکل شیاردار و سنکرون می باشد . بازده تسمه ها به عواملی چون ساختمان تسمه ، اندازه پولی ، گشتاور مورد نیاز ، شلی و سفتی تسمه و میزان بار اعمالی به آن و سن تسمه بستگی دارد . این مقدار حداکثر ۹۸ ٪ است . در بین انواع تسمه ها ، تسمه سنکرون به دلیل لغزش صفر دارای بیشترین بازده است . لذا در پمپ ها چون توان با مکعب دور پمپ رابطه دارد ، کوچکترین افزایش سرعت منجر به افزایش مصرف می شود . بنابراین استفاده از تسمه سنکرون می تواند منجر به افزایش مصرف گردد .

یکی از روش های جلوگیری از افزایش مصرف انرژی در تمام سیستم ها تعمیر و نگهداری مناسب می باشد.

عدم نگهداری مناسب موتور ، منجر به افزایش تلفات به ویژه در قسمت های مکانیکی می شود . با افزایش درجه حرارت تلفات اهمی زیاد می گردد .

آلودگی می تواند عایق های الکتریکی را در خود حل کند و روغن های روان کننده را خراب نماید و همچنین از عبور هوا و انتقال دما جلوگیری نماید . لذا باید آلودگی را تمیز نمود . یکی از این روش ها استفاده از یخ خشک است .

برای کاهش تلفات اصطکاک باید موتور بر اساس مشخصه سازنده ، روغنکاری شود . کم گریس کاری منجر به افزایش تلفات مکانیکی موتور و افزایش دمای آن خواهد شد که سبب افزایش تلفات اهمی و کاهش عمر و خاصیت گریس می شود . در هنگام گریسکاری باید از کاربرد گریس های متفاوت خودداری نمود . در هنگام نصب موتور باید توجه نمود که بیرینگ ها ، فن ها و کوپلینگ ها برای جلوگیری از تلفات اصطکاک و تهویه درست نصب شود . همچنین نصب نامناسب موتور سبب لرزش و تلفات پراکنده بار می گردد . به منظور نگهداری صحیح از تست های الکتریکی و غیر الکتریکی معینی بهره گرفته می شود . تست های غیر الکتریکی عبارتند از :

۱) تست حرارتی که افزایش دما را بر اثر عوامل متعددی مانند افزایش بار ، انسداد خنک کننده ها ، افت ولتاژ و هارمونیک های خط و ... نشان می دهد .

۲) تست ارتعاش که لرزش را بر اثر نامتعادلی بار ، خمیدگی شفت ، غیر همسطح بودن کوپلینگ ها ، تغییر هارمونیک های خط و ... نشان می دهد .

۳) تست صوتی که مشکلاتی نظیر سوراخ بودن یاتاقان ها را نشان می دهد .

تست های الکتریکی نیز اتصالات ضعیف در مدار موتور و مشکلات عایقی را مشخص می کند .

به منظور بهینه ترین مصرف انرژی در موتورها ، یک تیم مدیریت انرژی باید بر این امر نظارت نماید . این تیم با بالا بردن مدیریت انرژی ، منصوب کردن هماهنگ کننده انرژی ، فراهم کردن مشکلات کارکنان ، مطالعات و سازمان دهی داده ها و آنالیز نتایج می تواند مصرف انرژی را بهبود ببخشد .

به کمک صورت حساب تاسیسات می توان میزان مصرف ، نتایج سرمایه گذاری ، افزایش مصرف ، ضریب قدرت ، دیماند و ... را مشاهده نمود . در صورت حساب ها هزینه سرویس ، هزینه انرژی ، هزینه دیماند قید می گردد . می توان با کمک Load Factor که همان نسبت متوسط دیماند به پیک دیماند است ، دیماند را کنترل نمود . اگر Load Factor سالانه زیر ۸۰ ٪ باشد فرصت هایی برای کاهش دیماند وجود دارد .

تهیه لیست کاهش هزینه ها به صورت زیر ممکن است :

مقایسه برنامه های زمان بندی ، راه اندازی موتور به صورت Off – Peak ، دوری از تست تجهیزات در ساعات پیک ، نصب خازن اصلاح ضریب قدرت و استفاده از Stand By ژنراتور برای کاهش پیک دیماند.

به منظور مدیریت انرژی موتورها باید لیستی از اطلاعات انرژی موتورها ایجاد نمود . لذا به کمک اطلاعات پلاک موتورها ، راندمان و سرعت و آمپراژ در بار کامل ، ولتاژ و آمپراژ و ضریب قدرت در حال کار ، سرعت موتور زیر بار ، ساعات کارکرد ، بار دقیق موتور و راندمان نقطه کار و مشخصات تعمیرات ، لیست فوق تهیه می شود .

از آنجایی که برخی بارها به شدت به سرعت موتور حساس اند و توان با مکعب سرعت چرخش رابطه دارد ، توجه به سرعت موتور هنگام جایگزینی بسیار مهم است .

توان باید در سطح ولتاژ ۴۸۰ ولت به مشترکین صنعتی تحویل داده شود . اضافه ولتاژ سبب افزایش جریان مغناطیس کنندگی و اشباع و گرم شدن هسته می شود . لذا راندمان و ضریب قدرت کاهش چشمگیری می یابد . همچنین جریان راه انداز و افت گشتاور به طور محسوس زیاد می شود . افت ولتاژ نیز سبب افزایش جریان و بالطبع افزایش تلفات اهمی و کاهش گشتاور راه اندازی می شود . اگر ولتاژ هر سه فاز برابر نباشد ، نامتعادلی ولتاژ وجود دارد . لذا جریان خط از حد تعادل خارج شده و گشتاور ضربانی ، لرزش ، افزایش فشار مکانیکی و افزایش دما را منجر می گردد . این مسئله سبب کاهش راندمان و ابطال گارانتی موتور می شود . نامتعادلی ولتاژ بر اثر انتخاب تپ اشتباه ترانس ، وجود یک ترانس بزرگ تکفاز ، سیم پیچی نامتقارن ترانس ، عملکرد ناقص تجهیزات اتوماتیک اصلاح ضریب قدرت ، اتصال کوتاه ، بار نامتعادل سه فاز و ... رخ می دهد .

برای بهینه سازی سیستم توزیع باید به موارد زیر توجه نمود :

۱) رفع مشکل اتصالات ضعیف نظیر شل بودن و زنگ زدگی ترمینال ها و فرسودگی فیوزها و... که توسط دستگاه ترموگراف و یا تست افت ولتاژ قابل تشخیص است .

۲) رفع مشکل ضریب قدرت پایین که سبب کاهش جریان خط و کاهش تلفات اهمی می شود .

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

۳) رفع مشکل نامتعادلی ولتاژ که نامتعادلی بیش از یک درصد باید سریعاً رفع گردد .

۴) رفع مشکل بالا و پایین بودن ولتاژ که بر اثر انتخاب نادرست موتور برای ولتاژ نامی یاتنظیم نادرست تپ ترانس یا تلفات نامقارن خطوط اتفاق می افتد . رفع این مشکل با تنظیم تپ ترانس ، استفاده از تغییر دهنده تپ اتوماتیک و نصب خازن اصلاح ضریب قدرت انجام می شود .

۵) حل مشکل هادی های کوچکتر از حد معمول

۶) حل مشکل تلفات و نشتی عایقی به سبب دمای زیاد و ساییدگی و رطوبت و ... .

WikiPower.ir

برای دریافت فایل Wordپروژه به سایت ویکی پاور مراجعه کنید. فاقد آرم سایت و به همراه فونت های لازمه

منابع و مآخذ :

۱- کتاب مرجع کاربردی مدیریت انرژی / فصل دوم / سیستم های موتور الکتریکی / عیسی فرمانی

۲- مقاله « Energy Management for Motor Driven Systems » سازمان DOE

۳-کتاب روش های بهبود بهره وری انرژی در موتورهای برق / سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)

۴- کتاب صرفه جویی و مدیریت انرژی در سیستم های الکتریکی / سازمان بهره وری انرژی ایران (سابا)

۵- کتاب راهبری الکترونیکی موتورها و تاثیر آن در صرفه جویی مصرف انرژی / مرکز تکنولوژی نیرو(متن)

۶- هند بوک « Induction machine hand book »

۷- کتاب ماشین های الکتریکی (تحلیل – بهره برداری – کنترل) / دکتر پ . س . سن

۸- برخی از مقالات کنفرانس های شبکه های توزیع نیروی برق در رابطه با خازن گذاری

۹- برخی از مقالات خازن گذاری شرکت فراکوه

۱۰- برخی از مقالات سایت های اینترنتی

WikiPower.ir