

بسمه تعالي
آموزشکده فني دکتر علي شريعتي

روشهاي کاهش مصرف انرژي الکتریکي الکتروموتورها

تهیه کننده:
احسان طاهري

استاد گرامي: جناب آقاي رستمي

زمستان 85

مقدمه

موتورها مصرف‌کننده های عمده برق در اغلب کارخانه ها هستند .
وظیفه يك موتور الكتريكي تبدیل انرژی الکتریسیته به انرژی مکانیکی
است. در يك موتور سه فاز AC جریان از سیم‌پیچ های موتور عبور کرده و
باعث ایجاد میدان مغناطیسی دوار می شود که این میدان مغناطیسی
محور موتور را می‌چرخاند. موتورها به گونه ای طراحی شده اند که این
وظیفه را به خوبی انجام دهند. مهم‌ترین و ابتدایی‌ترین گزینه صرفه جویی
در موتورها مربوط به انتخاب آنها و استفاده از آنها می‌باشد.

1- هرزگردی موتورها

بیشترین صرفه جویی مستقیم برق را می توان با خاموش کردن
موتورهای بی بار و در نتیجه حذف تلفات بی باری به دست آورد. روش ساده
آن در عمل نظارت دائم یا کنترل اتوماتیک است . اغلب به مصرف برق در
بی باری اهمیت چندانی داده نمی شود در حالی که غالباً **جریان در
بی باری حدود جریان در بار کامل است.**

مثالی از این نوع تلفات را می توان در واحدهای بافندگی یافت،
جایی که ماشین های دوزندگی معمولاً برای دوره های کوتاهی کار
می‌کنند. اگرچه موتورهای این ماشین‌ها نسبتاً کوچک هستند (1.3 اسب
بخار) ولی چون تعداد آنها زیاد است (معمولاً تعداد آنها در يك کارخانه به
صدها عدد می‌رسد) اندازه این تلفات قابل ملاحظه است. اگر فرض کنیم
200 موتور 1.3 اسب بخار در 90 درصد زمان هرزگرد بوده و باری معادل
80 درصد بار کامل بکشند، هزینه کار بیهوده موتورها با در نظر گرفتن
120 ریال بهای واحد انرژی الکتریکی ، به شکل زیر محاسبه می‌شود:
هزینه بی باری = 200 موتور \times 1/3 اسب بخار \times 80% بار \times
6000 ساعت در سال \times 90% بی باری \times 120 ریال = 25 میلیون ریال

با اتصال يك سوئیچ به پدال چرخ‌ها مي توان آنها را به طور اتوماتيك خاموش كرد.

2- کاهش بازده در كمباري

وقتي از موتور استفاده شود كه مشخصات نامي بالاتر از مقدار مورد نیاز را داشته باشد، موتور در بار كامل كار نمي كند و در اين حالت بازده موتور کاهش مي يابد.

استفاده از موتورهاي بزرگتر از اندازه مورد نیاز معمولاً به دلایل زیر است :

- ممكن است پرسنل مقدار بار واقعي را ندانند و بنابه احتیاط موتور بزرگتر از اندازه مورد نیاز انتخاب شود

- طراح يا سازنده براي اطمینان از اینکه موتور توان كافي را داشته باشد، موتور بسيار بزرگتر از اندازه واقعي مورد نیاز پیشنهاد كند و بار حداكثر در عمل به ندرت اتفاق افتد. به علاوه اغلب موتورها مي توانند براي دوره هاي کوتاه در باري بیشتر از بار كامل نامي كار كنند. (در صورت تعدد اين وسايل اهميت مسئله بیشتر مي شود)

- وقتي موتور با مشخصات نامي مورد نظر در دسترس نيست يك موتور بزرگتر نصب مي شود و حتي وقتي موتور با اندازه نامي مورد نظر پيدا مي شود جایگزین نشده و موتور بزرگ همچنان به كار خود ادامه مي دهد.

- به خاطر افزایش غیرمنتظره در بار كه ممكن است هيچگاه هم رخ ندهد يك موتور بزرگتر انتخاب مي شود.

- نیازهاي فرآیند توليدي کاهش یافته است
در برخي بارها گشتاور راه انداز بسيار بیشتر از گشتاور دورنامي است و باعث مي شود موتور بزرگتر به كار گرفته شوند.

باید مطمئن شد هیچ کدام از این موارد موجب استفاده از موتورهای بزرگتر از اندازه و در نتیجه کاهش بازده نشده باشند.

جایگزینی موتورهای کم بار با موتورهای کوچکتر باعث می شود که موتور کوچکتر با بار کامل دارای بازده بیشتری باشد. این جایگزینی معمولاً برای موتورهای بزرگتر وقتی در $1/3$ تا نصف ظرفیت شان (بسته به اندازه شان) کار می کنند اقتصادی است.

برای تشخیص موتورهای بزرگتر از ظرفیت مورد نیاز به اندازه گیری الکتریکی احتیاج است. وات متر مناسب ترین وسیله است.

روش دیگر، اندازه گیری سرعت واقعی و مقایسه آن با سرعت نامی است. بار جزئی به عنوان درصدی از بار کامل نامی را می توان از تقسیم شیب (سرعت) عملیات بر شیب بار کامل به دست آورد. رابطه بین بار و شیب تقریباً خطی است. معمولاً در این موارد می توان برای جلوگیری از سرمایه گذاری جدید اینگونه موتورها را با دیگر موتورهای موجود در کارخانه جایگزین نمود که تنها هزینه آن اتصالات و صفحه های تنظیم کننده هستند. اگر این تغییرات را بتوان همزمان با تعمیرات برنامه ریزی شده در کارخانه انجام داد باز هم هزینه ها کاهش می یابد.

3- موتورهای پربازده

بازگشت سرمایه قیمت اضافی پرداختی جهت خرید موتورهای پربازده، معمولاً کمتر از دو سال کارکرد موتور به ازای 4000 ساعت کارکرد سالانه و در 75 درصد بار می باشد. (بازگشت سرمایه نسبت به موتورهای قدیمی و غیر استاندارد به کمتر از شش ماه نیز می رسد) در مواردی که بار موتور سبک یا سرعت کارکرد آن کم است یا بارهای تناوبی استثنائاتی وجود دارد. بیشترین صرفه جویی در رنج موتورهای 1 تا 20 اسب بخار به دست می آید. در توان بیشتر از 20 اسب بخار افزایش بازده کاهش

می‌یابد و موتورهای موجود بیش از 200 اسب‌بخار تقریباً دارای بازده کافی هستند.

سازندگان معمولاً موتورهای با طراحی استاندارد و قیمت تمام شده کمتر را عرضه می‌کنند. به خاطر رقابت شدید این نوع موتورها بازده کمی دارند. آنها ضریب قدرت پایین تری دارند، قابل تعمیر نبوده و نمی‌توان به راحتی سیم‌پیچ آنها را مجدداً پیچید.

در موتورهای پربازده با استفاده از ورقه‌های استیل نازکتر در استاتور و روتور، استفاده از استیل با خواص الکترومغناطیسی بهتر، استفاده از فن‌های کوچکتر با بازده بیشتر و بهبود طراحی شکاف روتور بازده افزایش یافته است. تمام این روش‌ها باعث افزایش مصرف مواد اولیه و درنتیجه افزایش هزینه مواد یا هزینه‌های ساخت می‌شود و بنابراین قیمت تمام شده موتور زیاد می‌شود. با این وجود 20-30 درصد اضافه هزینه اولیه با کاهش هزینه‌های عملیاتی جبران می‌شود. از دیگر مزایای موتورهای پربازده اثر کم بر عملکرد موتور به هنگام نوسانات ولتاژ و بار جزئی است. محاسبه بازگشت هزینه این موتورها به خاطر متغیرهای درگیر پیچیده است. برای تعیین هزینه عملیاتی موتور باید توان مصرفی توسط موتور در ساعات کار آن و قیمت انرژی الکتریکی ضرب شود. هر یک از این فاکتورها متغیرهای مخصوص به خود را دارند که شامل تغییری در برنامه زمانبندی تولید، تغییر در بار موتور و جریمه‌های دیمانده می‌باشند. پرداختن به برخی از این عوامل مشکل است.

حتی وقتی میزان صرفه‌جویی محاسبه می‌شود از آنجاکه بازده واقعی یک موتور معمولاً ناشناخته است ممکن است این محاسبات دچار خطا شوند. چون همه سازنده‌ها از تکنیک‌های یکسانی برای اندازه‌گیری بازده موتورها استفاده نمی‌کنند، بنابراین مشخصات نامی درج شده بروی پلاک را نمی‌توان با هم مقایسه کرد. به عنوان نمونه در آمریکا منظور بیشتر سازنده‌ها از بازده نامی رنجی از بازده‌ها است که بازده موتور در آن قرار می‌گیرد. از تکنیک‌های آماری مختلفی برای تعیین حداقل بازده یک موتور

با هر بازده نامي استفاده مي شود. به عنوان مثال يك موتور با بازده نامي 90.2 % داراي حداقل بازده نامي 88.5 % است.

عده زيادي موتورهاي پربازده را بدون اينكه درصد توجيه برگشت هزينه آن باشند ، استفاده مي کنند ، مگر در مورد موتورهاي بزرگتر. معمولاً مدت بازگشت هزينه تقريباً يك سال است.

بازده موتورها از مشخصات نامي آنها متفاوت است (به دست نمي آيد). مثلاً يك موتور 100-hp.1800-rpm سرپوشيده با فن خنك ساز از يك سازنده داراي يك حداقل بازده تضمين شده معادل 90.2 درصد در بار كامل در مدل استاندارد و 94.3 درصد در مدل بازده بالا است. موتور هم اندازه آن از يك سازنده ديگر داراي همان بازده 90.2 درصد در مدل استاندارد و حداقل بازده 91 درصد در مدل بازده بالا است. براي تعيين بازده واقعي يك موتور خاص بايد از تجهيزات تست پيچيده اي استفاده كرد. به خاطر اين اختلاف ها، به هنگام ارزيابي ميزان صرفه جويي، استفاده از حداقل بازده تضمين شده قابل اطمينان تر است چون همه موتورها بايد برابر يا بزرگتر از اين اندازه باشند.

4- درايوهاي تنظيم سرعت

وقتي تجهيزات بتوانند در سرعت کاهش يافته كار كنند چند گزينه قابل انتخاب است.

مثالهاي ذيل نمونه هايي براي همه صنايع هستند

4-1- موتورهاي AC فرکانس متغير (با تنظيم فرکانس)

وقتي پمپهاي گريز از مركز، فن ها و دمنده ها در سرعت ثابت كار مي كنند و خروجي با استفاده از والوها و مسدود كننده ها كنترل مي شود موتور صرف نظر از مقدار خروجي در نزديكي بار كامل كار مي كند كه باعث مي شود انرژي زيادي توسط اين مسدود كننده ها و والوها تلف شود . اگر اين تجهيزات بتوانند همواره در سرعت مورد نياز كار كنند مقدار زيادي

انرژی صرفه جویی می شود. درایوهای تنظیم سرعت باعث می شوند تجهیزات با توجه به نیاز سیستم در حالت بهینه عمل کنند.

کنترلرهای AC تنظیم فرکانس (فرکانس متغیر) وسایل پیچیده‌ای بوده و گرانقیمت هستند. با این حال می‌توانند به راحتی به موتورهای القایی AC استاندارد اضافه شوند. با هزینه تجهیزات کمتر و هزینه های الکتریکی بیشتر (با کاهش هزینه تجهیزات و افزایش هزینه های الکتریکی) کاربرد این وسایل در اغلب موارد اقتصادی می شود. بسیاری از انواع پمپ ها، فن‌ها، میکسچرها، نقاله‌ها، خشک‌کننده‌ها، خردکننده‌ها (سنگ‌شکن‌ها) آسیاب‌ها، صافی‌ها و برخی انواع کمپرسورها، دمنده ها و همزن ها در سرعت‌های مختلف با وسایل تنظیم سرعت کار می‌کنند.

تجهیزات مجهز به تنظیم سرعت کم‌تر از نصف تجهیزات مجهز به مسدودکننده انرژی مصرف می‌کنند.

در عمل باید برای محاسبه دقیق صرفه جویی حاصل براساس کیلووات بازده موتور هم در نظر گرفته شود. بازده موتور تا زیر 50 درصد ظرفیت نامی افت می‌کند.

2-4- درایوهای DC حالت جامد (نیمه هادی)

می‌توان با تنظیم سرعت با استفاده از درایوهای DC صرفه جویی‌های مشابهی را انجام داد. هزینه اولیه نسبت به درایوهای AC تنظیم فرکانس بیشتر است به خصوص وقتی مستقیماً بتوان از کنترلرهای الکتریکی در موتور AC استفاده کرد. تعمیر و نگهداری کموتاتور و زغال نیز هزینه زیادی در درایوهای DC دربردارد. همچنین سیستم های DC نسبت به هوای خورنده و کثیف (مملو از ذرات) که در یک محیط صنعتی معمول است حساس‌ترند.

بنابراین درایوهای AC معمولاً ترجیح داده می‌شوند مگر در مواردی که شرایط عملیاتی برخی از مشخصه‌های سیستم‌های DC از قبیل تنظیم سرعت خیلی دقیق، معکوس کردن سریع جهت، یا گشتاور ثابت در رنج سرعت نامی مورد نیاز باشد. از این درایوها در ماشین‌های حدیده (drawing machines)، پوشش‌دهنده‌ها (لعاب‌دهنده‌ها (coaters) ماشین‌های تورق (laminators)، دستگاه‌های سیم‌پیچی (winders) و سایر تجهیزات استفاده می‌شود.

سایر تکنیک‌های تغییر سرعت موتور عبارت است از درایوهای لغزش (slip) الکترومکانیکی، درایوهای سیال. و موتورهای القایی (موتورهای با روتور سیم‌پیچی‌شده). این درایوها با تغییر درجه لغزش بین درایو و عنصر در حال حرکت سرعت را کنترل می‌کنند. چون قسمتی از انرژی مکانیکی که تبدیل به بار نمی‌شود به حرارت تبدیل می‌گردد این درایوها دارای بازده کمی بوده و معمولاً به خاطر مشخصه‌های خود در کاربردهای خاصی به کار برده می‌شوند. مثلاً ممکن است از درایوهای سیال در سنگ شکن‌ها (خردکننده‌ها) استفاده شوند چون دارای ظرفیت توان بالا، انتقال گشتاور آسان، توانایی مقاومت در برابر بارهای شوک، قابلیت مقاومت در سیکل‌های سکون (از کارافتادگی)، ماهیت ایمنی آن و قابلیت تحمل هوای ساینده را دارند.

چون درایوهای AC و DC سرعت چرخنده اصلی را تغییر می‌دهند برای صرفه‌جویی در انرژی ترجیح داده می‌شوند.

3-4- درایوهای مکانیکی

درایوهای تنظیم سرعت مکانیکی ساده‌ترین و ارزانترین وسایل تغییر سرعت هستند. این نوع چرخ‌های قابل تنظیم می‌توانند در امتداد محور باز و بسته شوند و در نتیجه میزان تماس چرخ را با تسمه تنظیم کنند. مزیت عمده درایوهای مکانیکی سادگی آنها، سهولت تعمیر و نگهداری و هزینه پایین آنها است. یک سرویس تعمیر و نگهداری درحد

متوسط و کنترل سرعت با دقت کم (معمولاً 5 درصد) از خصوصیات این درایوها است.

درایوهای تسمه‌ای برای گشتاورهای کم تا متوسط (100 اسب بخار) در دسترس هستند. بازده درایوهای تسمه‌ای 95 درصد است و نسبت کاهش سرعت تا 10 به 1 می‌رسد.

از درایوهای زنجیری فلزی در گشتاور زیاد استفاده می‌شود. این درایوها مشابه درایوهای تسمه‌ای هستند فقط به جای تسمه‌های لاستیکی از تسمه‌های فلزی استفاده شده است.

4-4- کاهش يك سرعت

وقتی فقط با يك کاهش سرعت به نتیجه رضایت‌بخش برسیم گزینه ارزانتری را می‌توانیم انتخاب کنیم. اگرچه سرعت‌های متغیر این مزیت را دارند که در وضعیت‌های مختلف می‌توان سرعت بهینه را به کار برد، در مواقعی که رنج تغییر سرعت محدود است و زمانی که موتور باید در سرعت پایین‌تری کار کند نسبت به زمان کل کار موتور کم است احتمالاً يك کاهنده تك‌سرعه از نظر هزینه و اثربخشی به صرفه‌تر است.

درایوهای تسمه‌ای: در این درایوها يك (يك بار) کاهش سرعت با کمترین هزینه همراه است چون به راحتی می‌توان چرخ‌ها را عوض کرد. از آنجاکه با نصب دوباره چرخ‌های قدیمی براحتی می‌توان تغییرات را بازگرداند از این روش وقتی استفاده می‌شود که کاهش خروجی برای يك دوره معین مورد نیاز است. مثلاً وقتی سطح تولید برای يك زمان نامشخص کاهش یافته ولی ممکن است در آینده نیاز باشد که به ظرفیت اولیه برگردیم.

کاهش دور توسط چرخ‌دنده: حالت‌های مشابه‌ای را توسط تغییر چرخ‌دنده می‌توان به کار برد.

تعویض موتور: در مواردی که يك بار کاهش سرعت مورد نیاز است يك موتور با سرعت کمتر را نیز می‌توان جایگزین نمود.

4-5- موتورهاي دوسرعه

موتور دوسرعه يك راه حل اقتصادي ميانه درمقايسه با استفاده از درايوهاي چندسرعه و سرعت ثابت است.

همانطوركه در مثالهاي قبلي بيان شد چون توان مصرفي با مكعب (توان سوم) سرعت متناسب است، صرفه جويي در انرژي اهميت زيادي دارد. درعمل يك افزايش جزئي به خاطر تلفات اصطكاك رخ مي دهد. از اين روش و استفاده از روشهاي كنترلي ديگر مي توان خروجي را در يك رنج محدود كنترل كرد.

دوسرعت را مي توان از يك سيم پيچ به دست آورد ولي سرعت پاييني بايد نصف سرعت بالايي باشد. مثلاً سرعتهاي موتور به اين شكل است
3600/1800 ، 1200/600 ، 1800/900

وقتي به نسبت هاي ديگري از سرعت نياز است استفاده از يك استاتور دو سيم پيچ ضروري است . از موتورهاي قفسي چندسرعه (multispeed squirrel cage motors) نيز كه داراي سه يا چهار سرعت همزمان هستند مي توان استفاده نمود.

قيمت موتورهاي دوسرعه تقريباً دو برابر موتورهاي تكسرعه است . اگر يك موتور بتواند در دوره هاي زماني محسوسي با سرعت كمتر كار كند صرفه جويي حاصله سرمايه گذاري اضافي را توجيه مي كند . در موتورهاي چندسرعه استارترهاي گرانبه تري موردنياز است چون اندازه محافظهاي اضافه بار در سرعتهاي مختلف متفاوت است.

5- کاهش بار

مسلماً کاهش بار موتور یکی از بهترین روش‌های کاهش هزینه‌های الکتریکی است. تعمیر و نگهداری مناسب تجهیزات نیز می‌تواند با ازبین بردن تلفات ناشی از اصطکاک در تجهیزات نامیزان (غیر هم محور)، یاتاقان‌های سخت‌شده و نقاله‌ها، بار موتور را کاهش دهد. روغن کاری مناسب قسمت‌های متحرک مانند یاتاقان‌ها و زنجیرها تلفات ناشی از اصطکاک را به حد اقل می‌رساند. جایگزینی یاتاقان‌های غلطکی و بلبرینگ‌ها با یاتاقان‌های تخت به‌خصوص در شافت‌های انتقال نیز روش مؤثری است.

6- گشتاور راه‌اندازی زیاد

در بارهایی که گشتاور استارت بزرگی نیاز دارند باید از یک موتور B- NEMA (رایج‌ترین موتور مورد استفاده در صنعت) یا موتور A- NEMA استفاده کرد. درجایی که بارهای با اینرسی زیاد وجود دارد می‌توان از موتورهای کوچکتری که به‌گونه‌ای طراحی شده‌اند که قابلیت گشتاور زیاد را دارند استفاده کرد. یک موتور B- NEMA می‌تواند از عهده بار زیاد استارت برآید ولی وقتی بار به سرعت نهایی رسید موتور در کمتر از ظرفیت نامی کار می‌کند. ولی انتخاب یک موتور کوچکتر از نوع C- NEMA یا D- NEMA ضمن اینکه همان گشتاور راه‌انداز را تولید کرده، در شرایط معمول عملیاتی نیز نزدیک بار کامل نامی کار می‌کند.

7- موتورهاي كه مجدداً پيچيده مي‌شوند (موتورهاي سوخته‌اي

كه سيم‌پيچي آنها عوض مي‌شود)

بازده موتورهايي كه براي بار دوم پيچيده مي‌شوند کاهش مي‌يابد كه البته مقدار اين کاهش بستگي به كارگاهي دارد كه موتور در آن پيچيده شده است، چون كارگاه‌هاي سيم‌پيچي لزوماً از بهترين روشي كه عمل‌كرد اوليه موتور را حفظ كند استفاده نمي‌كنند. در برخي موارد به دليل بازده كم به‌خصوص در موتورهاي كوچك پيچيدن دوباره موتور توجيه‌پذير نيست.

درحالت ايده‌آل بايد بازده موتور قبل و بعد از پيچيدن آن با هم مقايسه شود. يك روش تقريباً ساده براي ارزيابي كيفيت موتور پيچيده شده مقايسه جريان بي‌باري موتور است، اين مقدار در موتورهايي كه به‌خوبي پيچيده نشده باشند افزايش مي‌يابد، بررسي روشي كه در كارگاه سيم‌پيچي استفاده مي‌شود، نيز مي‌تواند كيفيت كار را مشخص كند. در زير برخي نكاتي كه بايد مورد توجه قرارگيرد آمده است :

- وقتي موتوري را براي پيچيدن مجدد باز مي‌كنند، عايق بين ورقه‌ها خراب شده و باعث افزايش تلفات جريان گردابي مي‌گردد مگر اينكه باز كردن (سوزاندن) عايق در كوره‌اي با دماي قابل تنظيم انجام شده و ورقه‌هاي عايق غيرآلي جايگزين گردد.

- گداختن و سوزاندن سيم‌پيچ كهنه (خراب شده) در دماي كنترل نشده يا استفاده از يك مشعل دستي براي نرم كردن و خرد كردن لاک بين سيم‌ها به منظور باز كردن آسان تر سيم پيچ به اين معني است كه كار در اين كارگاه به‌خوبي انجام نمي‌شود و بايد به كارگاه ديگري براي پيچيدن موتور مراجعه كرد.

- اگر در نتيجه باز كردن و سوزاندن نامناسب تلفات هسته افزايش يابد، موتور در دماي بيشتري كار مي‌كند و زودتر از موعد خراب مي‌شود.

- اگر تعداد دوره‌هاي سيم‌پيچ در استاتور کاهش يابد تلفات هسته استاتور افزايش مي‌يابد اين تلفات در نتيجه جريان نشتي (هارمونيك)

القا شده توسط جریان بار به وجود می‌آید و اندازه آن برابر با توان دوم جریان بار است.

- در پیچیدن موتور اگر از سیم‌های با قطر کوچکتر استفاده شود، مقاومت و در نتیجه تلفات افزایش می‌یابد. روش‌های پیچیدن موتور در کارگاه‌های مختلف تعمیراتی متفاوت است بنابراین قبل از تصمیم به پیچیدن دوباره موتور باید کارگاه‌ها کاملاً بررسی و بهترین کارگاه انتخاب شود.

شرکت Wanlass يك روش پیچیدن موتور ارائه کرده که مدعی است بازده را تا ده درصد افزایش می‌دهد این روش بر مبنای جایگزینی سیم‌پیچ موجود با دو سیم‌پیچ است که به گونه‌ای طراحی شده‌اند که سرعت موتور را متناسب با بار تغییر دهد. در مورد ادعای بهبود بازده بحث‌های زیادی صورت گرفته و در حالی که از عرضه موتورهای Wanlass بیش از يك دهه می‌گذرد استفاده کننده‌های عمده معتقدند این نوع طراحی بهبودی را که می‌توان از طریق تکنیک‌های متعارف طراحی موتور و سیم‌پیچ به دست آورد در صنعت موتور ارائه نکرده است.

8- ژنراتور موتورها

یکسوکننده‌های نیمه‌هادی يك منبع مناسب جریان مستقیم DC برای موتورهای DC یا دیگر استفاده‌های از جریان DC هستند، ژنراتور موتورهای که معمولاً برای جریان مستقیم به کار می‌روند قطعاً نسبت به یکسوکننده‌های نیمه‌هادی بازده کمتری دارند بازده موتور ژنراتور در بار کامل حدود 70 درصد است در حالیکه بازده یکسوکننده‌های نیمه‌هادی تقریباً 96 درصد در بار کامل است. وقتی ژنراتور موتوری در کمترین بار نامی کار کند بازده آن به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش می‌یابد چون بازده آن برابر با حاصل ضرب بازده ژنراتور و موتور است.

9- تسمه‌ها (Belts)

بازده درایوهای V-belt تأثیر زیادی در بازده موتور دارد. عوامل تأثیرگذار در بازده V-belt عبارتند از:

1- Overbelting: تسمه‌های با مشخصات نامی بالاتر باعث افزایش کارایی می‌شوند

2- تنش (فشار): فشار نامناسب باعث کاهش بازده تا 10 درصد می‌شود. بهترین فشار برای یک V-belt کمترین فشاری است که در آن تسمه در بار کامل نلغزد.

3- اصطکاک : تلفات اصطکاک اضافی در نتیجه نامیزان بودن (غیرهم‌محوری)، فرسودگی چرخ‌ها تهویه نامطلوب یا مالیده شدن تسمه‌ها به چیزی به وجود می‌آیند.

4- قطر چرخ: هرچه قطر چرخ بزرگتر باشد بازده افزایش می‌یابد. جایگزینی V-belt‌های شیاردار با V-belt‌های متعارف صرفه جویی زیادی دربردارد. یک V-belt در معرض تنش فشاری بزرگی متناسب با قطر چرخ قرار دارد. از آنجاکه در V-belt‌های شیاردار در قسمت تحت فشار از ماده کمتری استفاده شده تغییر شکل لاستیک و تنش‌های فشاری به حداقل می‌رسد بنابراین بازده عملیاتی در V-belt‌های شیاردار بیشتر می‌شود.

اگر هزینه عملیاتی سالانه یک موتور 60 اسب بخار (برای 6000 ساعت) 18000 دلار باشد حتی یک درصد بهبود در بازده موتور باعث 180 دلار صرفه‌جویی در سال می‌شود. هزینه اضافی برای 6 تسمه با اندازه 128 تقریباً 7 دلار است.