مقایسه روش های اندازه گیری راندمان موتورهای القایی و ارایه راه حل هایی برای کاهش مصرف انرژی آنها

حسین طباطبایی یزدی – کالین گرنتهامC.Grantham

۱- استادیار و عضو هیات علمی گروه مهندسی برق دانشگاه مهندسی – دانشگاه فردوسی (مشهد)
۲- پروفسور برقو و عضو هیات علمی دانشگاه نیوساوت ولز NSW، استرالیا.

خلاصه

ارائه روشی که بدون نیاز به کوپلینگ مکانیکی بتواند راندمان در بار کامل را تعیین نماید دارای مزایای چشمگیری است. در این مقاله پس از بررسی و مقایسه استانداردها و روشهای آزمایش بازدهی موتورهای القایی، روش جدیدی برای بدست آوردن بازدهی ماشین های القایی سه فاز، با استفاده از روش های بارگذاری سینتتیکی و بدون احتیاج اتصال بار به محور ماشین ارائه می شود (لازم به توضیح است که روش فوق توسط نویسندگان این مقاله ابداع و نتایج آزمایشگاهی آن با نتایج حاصل از روش های موجود مقایسه شده اند). در این مقاله هم چنین روش های مختلف موجود برای کاهش مصرف انرژی ماشین های الکتریکی، با تاکید بر اثرات بهبود بازدهی موتورهای القایی بر روی کاهش مصرف انرژی مورد بررسی واقع خواهند شد.

واژه های کلیدی: انرژی – موتورالقایی – بازدهی – مصرف

۱- مقدمه

در کشورهای توسعه یافته ۶۰٪ انرژی تولیدی نیروگاه ها، به وسیله موتورهای الکتریکی مصرف می شوند. موتورهای القایی از جمله معمولترین موتورهای الکتریکی مورد استفاده هستند، در نتیجه استفاده بهینه از آنها با توجه به هزینه های مربوط به انرژی الکتریکی مصرفی شان همیشه مورد نظر بوده است. اخیرا و با توجه به اهمیت گازهای گلخانه ای که قسمت اعظم آن بوسیله نیروگاه ها تولید می شود، ضرورت استفاده بهینه از این گونه موتورها بیشتر نیز شده است. در نتیجه مزایای استفاده از موتورهای با بازدهی بالا مورد نظر همگان قرار گرفته تا به حدی که بشتر تولید کنندگان موتورهای القایی از نوع دارای بازدهی بالا را نیز تولید و عرضه نمایند. استانداردهای متعدد و متفاوتی جهت آزمایش و تعیین بازدهی موتورهای القائی،توسط ارگانها و متخصصین کشورهای مختلف پیشنهاد شده اند.روش معمول برای آزمایش کارآیی و یا تعیین راندمان بار کامل یک موتورالقایی سه فاز، اعمال گشتاور بار کامل بر روی محور خروجی ماشین (۱) و محاسبه نسبت توان مکانیکی خروجی به توان الکتریکی ورودی است.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{\ln}}$$

گرچه این روش ساده به نظر می رسد، مشکلاتی در رابطه با تعیین دقیق اندازه گیری ها برای آن وجود دارد. برای بارگذاری یک ماشین بزرگ، احتیاج به تجهیزات آزمایش بزرگی می باشد. از سوی دیگر برای مقایسه دقیق بازدهی، دو موتورالقائی، می بایست آنها را به روش مشابهی و تحت شرایط یکنواختی آزمایش نمود(۱). روش آزمایش بستگی به ظرفیت موتورها، تجهیزات آزمایشگاهی در دسترس، و دقت مورد نیاز دارد. تعیین دقیق تر راندمان میسر است که به جای محاسبه نسبت خروجی به ورودی، اندازه گیری مستقیم تلفات انجام شده و سپس تلفات از توان ورودی کسر و با تقسیم باقیمانده بر توان ورودی، اندازه گیری مستقیم تلفات انجام شده و سپس تلفات از توان ورودی کسر و با تقسیم باقیمانده بر توان ورودی راندمان محاسبه شود.

$$\eta = \frac{P_{\ln} - P_{toss}}{p_{\ln}}$$

۲- استانداردهای مختلف تعیین بازدهی موتورها

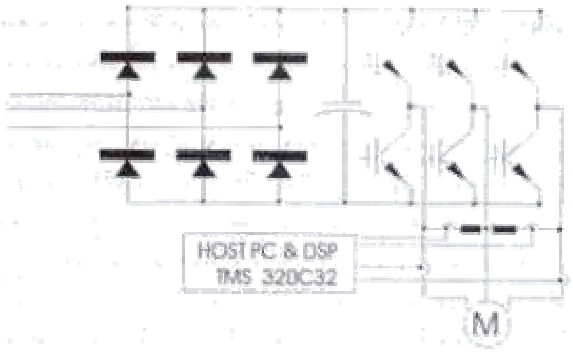
مشخصات اصلی موتورهای الکتریکی در کشورهای آمریکا به وسیله قوانین تدوین شده توسط انجمن ملی تولید کنندگان وسایل الکتریکی تعیین می شود. البته لازم به توضیح است که تاریخ ۱۹۹۹/۱۰/۲۵ تنها مقررات مورد نظر، مورد استفاده کافی، برای تایید مشخصات موتورها در این کشور عبارت از این خواهد بود که موتور مطابق با قانون ملی انرژی سال ۱۹۹۲ طراحی و ساخته شده باشد و در نتیجه بازدهی آنها کمتر از مقدار تایین شده در این مقررات نباشد. از سوی دیگر مبنا برای تعیین بازدهی استفاده از روش آزمایش تعیین شده به وسیله استاندارد IEEE 112 Method B باشد. نکته جالب توجه آنکه تولید کنندگان موتور، خود می توانند این آزمایش ها را انجام داده و نیاز به تاییدیه نمی باشد. در کشور آلمان- مقررات IEC 34 با مشخصات الکتریکی و مکانیکی متفاوت، تحت عناوین EN 60034, VDE 0530 مورد استفاده است(۲). تکنیکهای محاسبه تلفات برای استانداردهای IEC 34-2 و IEEE 112, test Method B متفاوت می باشد. به عنوان مثال IEC یک تلفات اضافی معادل ۰/۵ ٪ توان نامی ورودی برای موتور الکتریکی تعریف می نماید. در حالیکه IEEE 112B این تلفات را بسته به اندازه موتور بین ۰/۹٪ تا ۱/۲٪ منظور نموده و روشی برای محاسبه آن با استفاده از چندین اندازه گیری تعریف می نماید. قابل توضیح است که روش های تعیین تلفات در استانداردهای زیر نیز منظور شده اند.

- استاندارد NEMA MG-1-1993 در قسمت MGI-12.58.1 تحت عنوان – محاسبه راندمان و تلفات موتور.
- استاندارد کشور کانادا CSA-C390-93 تحت عنوان، روش تعیین راندمان و تلرانس مجاز و راندمان موتورهای القایی سه فاز.

۳- روش های تعیین بازدهی موتورها

کمیته ماشین های دوار انجمن مهندسین برق و الکترونیک IEEE، استاندارد آزمایش و تعیین بازدهی موتورهای القایی چند فازه را تعیین و ارائه نموده است، IEEE 112-1984 (۳). روش B، این استاندارد IEEE 112-Method B – دقیق ترین و درعین حال زمانبر و پرهزینه ترین روش آزمایش می باشد. در این روش از تعریف اصلی راندمان موتور استفاده شده و توانهای خروجی مکانیکی و ورودی الکتریکی، برای محاسبه بازدهی مستقیما اندازه گیری می شوند. انجمن استاندارد کشور کانادا(CSA) استاندارد C(390)-M985 را پیشنهاد می کند. این استاندارد مشابه با استاندارد توصیه شده از سوی انجمن تولید کنندگان وسایل الکتریکی آمریکا NEMA,MCI-12.53 است. که مشخصات دقیق تری نسبت به

استاندارد IEEE 112-Method B دارد. مشخصه های اضافی، خطاهای مربوط به اشتباهات اپراتور به حداقل می رساند(۳). در هر دو استاندارد NEMA و CSA تلفات پراکنده بار منظور شده و آنها را به طور غیر مستقیم اندازه گیری می کنند. به وسیله استانداردهای NEMA و CSA نتایج بازدهی مشابهی حاصل می شود. استانداردهای دیگر دارای نتایج با دقت کمتری برای راندمان موتور می باشند. کمیسیون بین المللی الکترونیک IEC استاندارد2-34-IEC را که در اروپا مورد استفاده قرار می گیرد پیشنهاد می کند. در این استاندارد تلرانسی برای بازدهی منظور شده و فرض می شود که تلفات پراکنده بار یک مقدار ثابتی مساوی با ۰/۵ ٪ توان بار کامل باشد. استاندارد انگلستان BS 269 مشابه با IEC-34-2 بوده و نتایج مشابهی دارد و نهایتا استاندارد کمیسیون الکترونیک ژاپن JEC، JEC-37 ، تلفات پراکنده بار را نادیده می گیرد و نتیجتا نتایج کم اهمیت تری بدست می دهد(۳). مقایسه استانداردهای فوق مبین این حقیقت است که این روش ها مشابه یکدیگر بوده و فقط از بابت اقداماتی که در هر آزمایش بایستی انجام شوند با هم متفاوت هستند. روش آزمایش IEEE گسترده ترین و دقیق ترین این روشهاست که در آن تمام تلفات موتور به وسیله یک دینامومتر اندازه گیری می شوند. این موضوع سبب می شود که تلفات قدرت واقعی در داخل ماشین رخ دهد و همچنین عبور جریان هوا با آنچه که در موقع کار نرمال ماشین وجود دارد مساوی باشد. متاسفانه این روش یکی از گرانقیمت ترین روشهای آزمایش برای تولید کننده های ماشین بزرگ می باشد (به عبارت دیگر یک بار مناسب با کوپلینگ صحیح بایستی برای آزمایش در دسترس باشد). این مخازن هنگفت را می توان با استفاده از روش های جدید بارگذاری سینتتیکی (۴) که ماشین را به طور کامل بارگذاری می نماید صرفه جوئی نمود. در روش جدید از یک معکوس کننده الکترونیک قدرت با فرکانس سویچینگ بالا که به وسیله پردازشگر علامتی دیجیتالی کنترل می شود برای بارگذاری مصنوعی ماشین القائی استفاده شده است. در عین حال از سیستم نمونه برداری آنی نویسندگان مقاله (۵)، برای محاسبه و ثبت کارآیی ماشین بهره گرفته می شود، شکل ۱، این روش (۶) به مقدار قابل ملاحظه ای زمان آزمایش را کاهش داده و درعین حال به دقت بالاتری در مقایسه با روشهای معمولی آزمایش بازدهی دست می یابد.



۴- آزمایش تعیین بازدهی موتور به وسیله دینامومتر

دینامومتر ساده ترین روش برای تعیین کارآیی موتور در شرایط کاری متفاوت می باشد. انجمن تولید کنندگان وسایل الکتریکی آمریکا NEMA استفاده از دینامومتر را برای تعیین بازدهی موتورهای از 1- 125 HP توصیه می کند. روش آزمایش با دینامومتر شرایطی نزدیک به وضعیت عملی کار موتور را تهیه می نماید. بنابر این، این روش برای تعین بازدهی ماشین تحت آزمایش انتخاب شده است، نتیجه این آزمایش در قسمت های بعدی با نتایج حاصل از تعیین بازدهی به وسیله تکنیک های بارگذاری مصنوعی به منظور تعیین دقت و کارآیی این روش ها مقایسه خواهد شد.

۵- نتیجه آزمایش تعیین بازدهی به وسیله دینامومتر

از یک دینامومتر برای بارگذاری کامل بر روی یک ماشین القائی سه فاز، 13.9/Amp 7.5 KW با روتور قفسه سنجابی عمیق استفاده شد. توان ورودی و تلفات کلی ماشین القائی در شرایط نامی کار موتور و درجه حرارت تثبیت شده T=950C ثبت و نهایتا بازدهی محاسبه و نتایج درجدول ۱ ثبت شده است.

جدول ۱- نتیجه تعیین راندمان با استفاده از دینامومتر

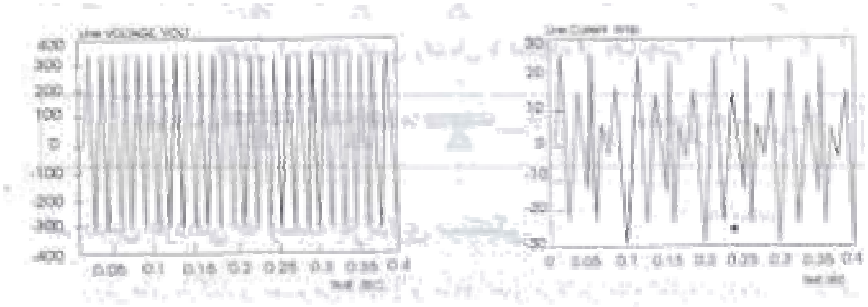
$p_{losstotal} = 861 watts$	$p_{input} = 8178 watts$	$\eta = 0.895$

۶- تعیین بازدهی به وسیله بارگذاری سینتتیکی

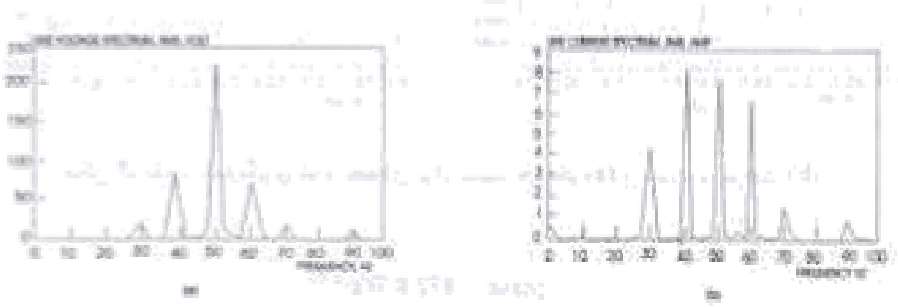
روش های بارگذاری مصنوعی (۶،۴) بر مبنای تغییر فرکانس منبع تغذیه ورودی در اطراف فرکانس نامی استوار است. در این روش ها از یک معکوس کننده با فرکانس سویچینگ بالا که به وسیله یک سیستم پردازشگر علامتی دیجیتالی کنترل می شود، برای تولید این چنین منبع تغذیه ای استفاده شده است. تغیر فرکانس منبع باعث خواهد شد تا ماشین متناوبا در شرایط موتوری و ژنراتوری کار کند. سه متد بارگذاری مصنوعی مورد استفاده و ازمایش قرار گرفته و نتایج ارائه شده اند. در روش اول اینورتر: با کمک مدار کنترل، منبعی با دو فرکانس مجزا تولید خواهد نمود. (روش فرکانس دو گانه و یا DF). در روش دوم، مدولاسیون فرکانسی بر روی تغذیه انجام می شود. (روش تغییر فرکانس و یا SF). در نهایت در سومین روش، تغذیه ای ایجاد خواهد شد تا تولید یک میدان دوار مغناطیسی با سرعت ثابت و دامنه متغیر سینوسی بنماید. (روش حوزه دوار مغناطیسی با سرعت ثابت و یا CSORMF).

۷- نتایج آزمایش به وسیله روش های بارگذاری سینتتیکی

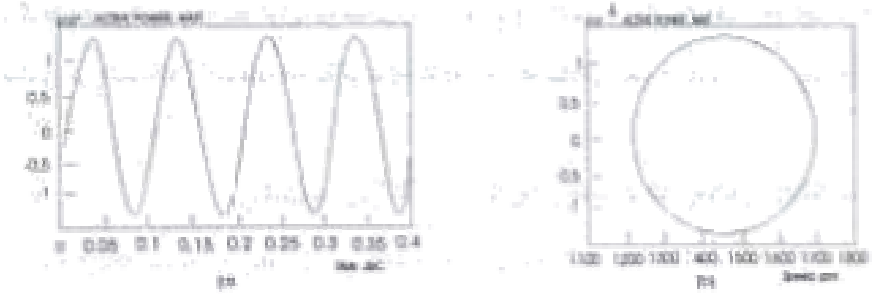
شکل ۲، نمایش مقادیر اندازه گیری شده لحظه ای ولتاژ خطی و جریان خطی، مادامیکه از روش تغییر فرکانس و یا SF برای بارگذاری مصنوعی ماشین استفاده شده، می باشد. در این روش فرکانس ولتاژ منبع متغیر ولی دامنه آن ثابت می باشد. این موضوع باعث خواهد شد تا دامنه و فرکانس شکل موج، جریان متغیر باشد.



شکل ۳، طیف فرکانسی شکل موجهای جریان و ولتاژ فوق رانمایش می دهند. این روش شکلهای نمایشی ازمکانیزم روش تغییر فرکانس و یا SF نیز می باشند. توان الکتریکی در مدت زمان شتاب گرفتن موتور از منبع تغذیه اخذ و در مدت زمان کاهش سرعت به منبع برگردانیده می شود. متوسط توان در مدت زمان یک پریود کامل این نوسان مساوی تلفات کل ماشین می باشد، که با استفاده از آن می توان بازدهی را به سادگی تعیین نمود.



شکل ۴، نمایش مقادیر اندازه گیری شده لحظه ای توان حقیقی ماشین القایی تحت آزمایش است. این مقادیر با استفاده از سیستم نمونه برداری آنی نویسندگان مقاله (۵)، اندازه گیری شده است.



با استفاده از توان متوسط اندازه گیری شده و توان نامی ماشین بازدهی محاسبه و نتیجه در جدول ۲ ثبت شده است.

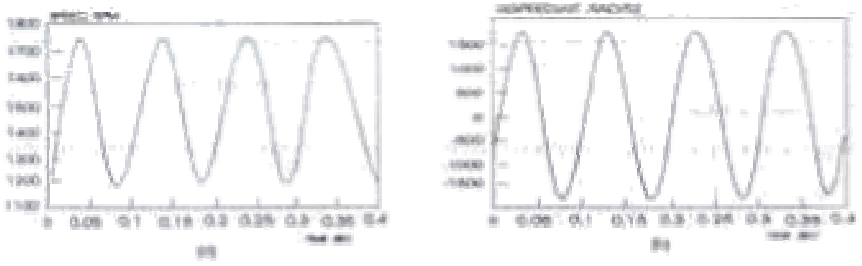
جدول ۲ – نتیجه تعیین راندمان با استفاده از بارگذاری سینتتیکی (روش تغییر فرکانس و یا SF)

$p_{losstotal} = 87208 watts$	$p_{input} = 8372.8 watts$	$\eta = 0.896$

لازم به توضیح است که نتایج فوق د رجریان نامی و در حرارت تثبیت شده، ثبت شده اند. نتیجه این آزمایش با نتیجه قسمت ۶، خیلی نزدیک می باشد.

شکل ۵، نمایش مقادیر اندازه گیری شده سرعت و مشتق سرعت نسبت به زمان می باشد.

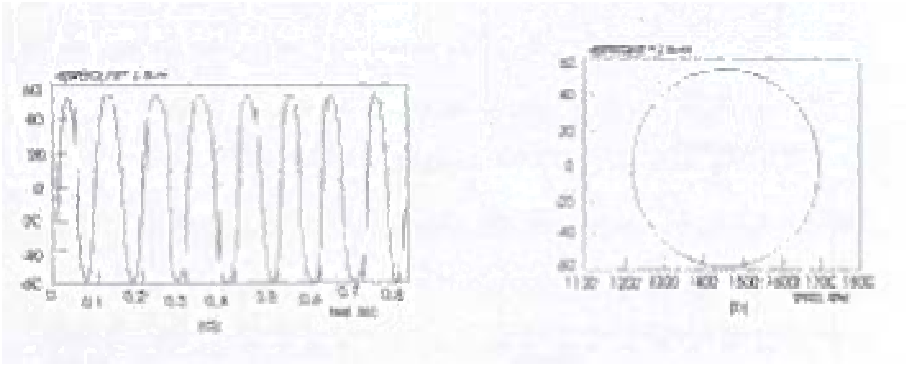
جالب توجه این که هر چند سرعت ماشین به طور لحظه ای تغییر می کند، اما سرعت متوسط آن Speedave= 1462 rpm خیلی نزدیک به سرعت نامی ماشین می باشد.



برای بررسی اثرعملی بارگذاری مکانیکی روش تغییر فرکانس بر روی محور خروجی موتور می توان مقدار اندازه گیری شده مشتق سرعت موتور (شکل ۵ (b)) را در ممان اینرسی روتور ضرب کرد تا تغییرات واقعی گشتاور اعمال شده بر محور ماشین تعیین شود.

شکل ۶ نمایش حاصل ضرب مشتق سرعت موتور با ممان اینرسی روتور می باشد(ممان اینرسی روتور به وسیله آزمایش کاهش سرعت تعیین شده است$JR=0.0334\ kg\ m2$

شکلهای زیر به وضوح نمایش می دهند که ماشین به وسیله تکنیک بارگذاری مصنوعی به شدت باردار شده است، موتور درنصف زمان تناوب تغییرات گشتاور به صورت موتور دار می کند و در نصف دیگر زمان به صورت ژنراتور، متوسط گشتاور در یک سیکل کامل مقدار منفی و متناسب با کل تلفات الکتریکی و تلفات مکانیکی ثابت و موثر بر روی روتور می باشد. سیکل تناوب گشتاور تحت شرایط کاری پایدار دقیقا تکرار می شود.



به منظور مقایسه نتایج نهایی تعیین راندمان بتوسط روش فرکانس دوگانه DF و روش حوزه دوار مغناطیسی با سرعت ثابت CFORMF مورد نظر این مقاله درجدول کلی زیر ذکر شده اند. نکته جالب اینکه هر چند از روش های مختلف آزمایش راندمان برای بارگذاری ماشین تحت آزمایش استفاده شده است. اما نتیجه نهایی(بازدهی) خیلی به هم نزدیک هستند. تفاوت بین تلفات کل، اندازه گیری شده به وسیله روش های بارگذاری مختلف، بیشتر به دلیل اختلاف سرعت روتور و سرعت متوسط روتور در این روش های آزمایش می باشد.

جدول ۳ – نتایج تعیین بازدهی

نوع بارگذاری	$P_{loss\ total}$	p_{input}	η
دینامومتر (معمولی)	۸۶۱	۸۱۷۸	۰/۸۹۵
تغییر فرکانس SF	۸۷۳	۸۳۷۳	۰/۸۹۶
فرکانس دوگانه DF	۹۱۹	۸۴۱۹	۰/۸۹۱
حوزه مدار مغناطیسی با سرعت ثابت CSORMF	۷۲۴	۸۲۲۴	۰/۹۱۲

لازم به توضیح است که نتایج فوق در جریان نامی و در حرارت تثبیت شده یکسان، ثبت شده اند.

۸- روش های کاهش مصرف انرژی در ماشین های الکتریکی

وقتیکه تقاضای کل مصرف انرژی الکتریکی صنعت مورد بررسی قرار می گیرد، موتورهای القایی سه فاز نقش عمده ای را ایفا می کنند. بلافاصله پس از بحران نفت، و در اوایل دهه هفتاد میلادی، راهکارهایی برای کاهش وابستگی به واردات نفت برای تولید انرژی از سوی کشورهای اروپائی و آمریکا ارائه شدند. این راهکارها هم چنین وضع مقرراتی را برای تعیین بازدهی، حداقلی برای موتورهای الکتریکی پیشنهاد نمودند.در سال ۱۹۷۵ میلادی، قوانین و مقرراتی برای بازدهی دستگاه های مختلف در این کشور وضع شدند این مقررات برای تمام موتورها حتی آنهایی که مستقیم و یا غیر مستقیم به این کشورها وارد می شدند و یا در دستگاه های مختلف مورد استفاده قرار گرفتند معتبر بودند. موتورهایی که مقررات فوق برای آنهالازم به اجرا می باشند عبارتند از:

- موتورهای استاندارد القائی سه فاز تک سرعته ۲، ۴ و ۶ قطبی باخروجی نامی از ۱ تا ۲۰۰ اسب بخار (۰/۷۵ تا ۱۵۰ کیلووات).
- تمام موتورهایی که دارای پایه برای نصب هستند.
- موتورهای تحت استاندارد// NEMA .

- موتورهای تحت استاندارد IEC .

موتورهایی که به طور موقت مقررات فوق برای آنها اجرا نمی شود عبارتنداز:

- موتورهای با بلبرینگهای استوانه ای
- موتورهای حفاظت شده برای انفجار
- موتورهایی که اسب و یا کیلووات خروجی آنها در رنج استاندارد NEMA MGI نیست.
- موتورهایی که نیاز به تاییدیه و یا شماره ثبت به دلایل ایمنی دارند.

موتورهایی که مقررات فوق برای آنهالازم به اجرا نمی باشد عبارتند از:

- موتورهای با طراحی های خاص مورد نظر خریدار
- موتورهایی که فقط بر روی فلانجشان قابل نصب هستند.
- موتورهای برای کار کلید زنی.
- موتورهای ترمز، موتورهای گیربکس دار، موتورهای رلوکتانسی، موتورهای روتور سیم پیچی شده، موتورهای با قابلیت تعویض قطب و موتورهای دور متغیر.

برای دسترسی به بازدهی بالاتر برای موتروهای الکتریکی می بایستی مواد فعال در موتورها را که شامل ورق فولادی مغناطیسی و سیم پیچ ها می شوند. به دقت انتخاب و طراحی نمود. علاوه بر این روش های مختلف زیر برای کاهش مصرف انرژی در ماشین های الکتریکی وجود دارد:

- تغییر خطوط تولید به ترتیبی که کارآیی بیشتری داشته باشند.
- استفاده از کنترل دور موتور VSDs.
- انتخاب صحیح اندازه موتور.

- کاهش تلفات ماشین.

سه مورد اول بستگی مستقیم به تصمیم استفاده کننده دارد، اما ساخت موتورهای بهتر، مسئله مشترک تولید کننده و مصرف کننده است. گرچه موتورهای با راندمان بالا Energy Efficiency motors (EEMs) گرانقیمت تر از موتورهای معمولی هستند، مزیت هزینه بهره برداری کمتر در سال اول، اختلاف قیمت را جبران می سازد. جدول ۴ نتایج آزمایش مربوط به یک موتور با راندمان بالا و یک موتور هم ظرفیت معمولی را نشان می دهد. با استفاده از این جدول اهمیت استفاده از موتورهای با راندمان بالا از جنبه نظر صرفه جوئی در مصرف انرژی روشن می شود.

جدول ۴- نتایج تعیین راندمان

	موتور با راندمان بالا	**موتور معمولی**
نوع	1LA9 130-4kA..	1LA7 130-4AA..
توان نامی خروجی	5.5 kw	
بازدهی	٪۸۹	٪۸۶
تلفات قدرت	۶۸۰w	895w
صرفه جوئی در انرژی	215w	
هزینه صرفه جوئی شده در سال ۸۶۴۰ ساعت با نرخ ۰/۲۵ مارک بر کیلووات ساعت	مارک ۴۶۴	

مزایای دیگر موتورهای با بادهی بالا شامل، عمر بیشتر برای موتر، نویز کمتر به دلیل اشباع مغناطیسی کمتر، پنکه خنک کن کوچکتر و ظرفیت بارگذاری بیشتر می شوند. موتورهای با بازدهی بالا به گونه ای طراحی و ساخته شده اند تا برای تولید توان خروجی مشابه توان الکتریکی کمتری مصرف نمایند. این ماشین های با بازدهی بالا دارار مس و آهن بیشتر بوده و اصطکاک و تلفات چرخشی کمتری نسبت به انواع معمولی شان دارند. نتیجه تغییرات در طراحی بسته به اندازه موتور باعث ۱٪ -۸٪ افزایش در بازدهی خواهد شد. افزایش بازدهی در ماشینهای کوچکتر بیشتر بوده و با افزایش توان ماشین کاهش می یابد.

جدول ۵ مقایسه نتایج راندمان موتورهای استاندارد با بازدهی بهتر موتورهای موجود در رنجهای مختلف قدرت می باشد.

جدول ۵- مقایسه نتایج راندمان در محدوده های مختلف قدرت

رنج قدرت به کیلووات	راندمان موتوراستاندارد به ٪	راندمان بهترین موتور موجود به ٪
۷/۵-۰/۷۵	۸۰	۸۶
۳۷-۷/۵	۹۰	۹۳
۷۵-۳۷	۹۳	۹۵
بزرگتر از ۷۵	۹۵	۹۶

۹- نتیجه گیری

روش های معمول تعیین بازدهی موتورهای القائی مشکل زمانبر و پرهزینه بوده واحتیاج به تجهیزات و امکانات آزمایشگاهی متنابهی دارند. در این روش ها نه تنها می بایستی موتور را به طریق مکانیکی با بار متناسبی کوپله کرد، بلکه می بایستی قادر به بارگذاری و تعیین اختلاف مابین انرژی اعمال شده به موتور و خروجی موتور نیز بهره جست. در حقیقت دلیل واقعی عدم امکان آزمایش موتورهای با نحوه نصب عمودی در بیشتر مواقع، همین موضوع است. بنابر این معمولا تولید کنندگان تنها تعداد محدودی از موتورهای تولیدی خود را به عنوان نمونه آزمایش می کنند. و هیچ اطمینانی بر ادعای تولید کننده مبنی بر اعلام بازدهی صحیح برای مابقی موتورهای تولید شده وجود ندارد. وبا جهت گیری جهانی به سوی صرفه جوئی در مصرف انرژی و نگرانی های مربوط به انتشار گازهای گلخانه ای اقداماتی در حال انجام است تا قوانین مشخصی برای بازدهی موتورها وضع شوند، در نتیجه افزایش بازدهی موتورها از اهمیت خاصی برخوردار است. روش جدید پیشنهادی برای تعیین بازدهی موتورهای القایی که توسط نویسندگان مقاله ابداع و کارآیی عملی آن به اثبات رسیده است، تکنیک ساده تر و عملی تری را برای آزمایش ارائه می نماید. علاوه بر این از مشکلات موجود اجتناب شده و تنها نیاز به اتصال الکتریکی موتور به یک اینورتر با توان مناسب لازم می باشد. با استفاده ها از تکنیک جدید آزمایش و تعیین سریع و آسان بازدهی موتورها در هر محلی میسر است، زیرا فقط نیازبه یک معکوس کننده و متعلقات مربوط به آن موجود است که به سادگی قابل حمل و جابه جائی هستند.

امکان آزمایش موتورهای با بازدهی بالاEnergy Efficient برای تعیین دقت بازدهی مورد ادعای تولی کننده ها درهر محلی وجود دارد. نظر به اینکه شکل ظاهری اینگونه موتورها مشخص کننده اینکه واقعا از نوع با بازدهی بالا هستند نمی باشد، آزمایش تنها روش تایید اینگونه موتورها می باشد. کاربرد روش جدید برای آزمایش آسان موتورهای موجود در صنعت نیز از اهمیت خاصی برخوردار است. کاربرد این روش برای آزمایش موتورها در کارخانجات تولیدی امکان ساخت موتورهای با بازدهی بالاتر باعث خواهد شد. امکانات کنترلی را می توان ساده کرد تا بتوان با وارد کردن اطلاعات از طریق صفحه کلید کامپیوتر، پارامترهای کنترل را تعریف و یا تغییر داد. امکان آزمایش موتورهای با طریقه نصب عمودی به همان سادگی موتورهای معمولی است. تجهیزات آزمایش توان کمی برای تامین تلفات خودشان و موتور تحت آزمایش از منبع تغذیه اخذ می کنند. این مقدار خیلی کمتر از توان بار کامل مورد نیاز ماشین تحت آزمایش می باشد، هر چند که از ماشین جریان نامی اش در شرایط آزمایش می گذرد. به وسیله نرم افزار آزمایش امکان اندازه گیری تلفات کل را میسر نموده و می توان اطلاعات بدست آمده را ذخیره نمود تا در آینده مورد بررسی قرار گیرد. تنها وسیله مورد نیاز یک اینورتر سبک وزن است که می توان آنرا به محل موتور تحت آزمایش برد. این وسیله جایگزین تعداد زیادی ماشین های بزرگ و وسایل اندازه گیری گرانقیمت شده، می توان از آن برای آزمایش یک رنج کامل از ماشین های با اندازه فریم متفاوت استفاده کرد. نهایتا به دلیل کم بودن زمان تنظیم سادگی کار کرد و نیاز به توان کلی کم با بازدهی سیستم آزمایش بالا بوده و هزینه آزمایش کم خواهد بود. استفاده از موتورهای با بازدهی انرژی بالا صرفه جوئی های فراوانی را به همراه دارد. هر چند اینگونه موتورها در تمام رنج قدرت کم هزینه هستند اما بیشترین صرفه جوئی مربوط به رنج قدرتهای زیر ۳۷ کیلووات می باشد.

۱۰- مراجع

1- kaumann, U., and Molter, T., 1998, " Energy – saving legislation ". Siemens drive & control , pp 20-21.

3- Nadel, S., et al, 1991, " Energy – efficient notor systems", A handbook on technology, progrom, and policy opportunities, American couneil for an energy – efficient economy, Washington, D.C., and Berketey, 2nd Ed, pp. 32-57.

4- Grantham, C., et al., 1994," synthetic loading of tree-phase induction motors using microprocessor controlled power electronics". IEE proc-EPA., vol. 141, NO. 2, pp. 101-108.

5- Tabatabaei- yazdi, H., and Grantham C., 1994, The accurate instantaneous measurement of electrical quantities and its application in industrial electrical systems", AUPEC-94,27-29, Adelaide- Australia, vol. 2, pp. 429-434.

6- Grantham, C., Tabatabaei- yazdi, H , 1995," Efficiency evaluation of thre phase induction motors using synhetic loading".Australian Universities power engineering conference proccedings, Proceedings, AUPEC, 95, The university of western Australia, Nedlands western Australia, Vol. 2, pp 253-258.

7- Grantham, C., and Tabatabaei-yazdi, H., 1995 " Electronic dynametor for efficency testing induction motors". Electrical energy conference proceedings, EECON95, Adelaide, (ISBN 0 949699 02 0), pp 216-221.

8- Andreas, J. C., 1982, Energy-Efficient electric motors, Marcel Dekker, Inc., New-York.