



کویر تایر

اولین وکیلند قیادتیر بشین ایند

تحلیل عملکرد موتورهای بالای ۵۰ کیلووات در خطوط تیر سازی با استفاده از پاور آنالیز

مجید اسداللهی^{۱*}، پیمان نجاری^۲، مهدی شفيعی^۳

۱- کارشناس مهندسی برق قدرت ۲- دانشجوی دکتری مهندسی برق قدرت ۳- کارشناس ارشد مهندسی برق قدرت

* m.asadollahi0802@gmail.com (۰۹۱۵۳۶۱۰۸۰۲)

چکیده:

موتورهای بالای ۵۰ کیلووات در خطوط تولید تیر نقش بسیار مهمی در فرآیندهای تولید دارند. با این حال، مشکلات مختلفی مانند هارمونیک‌های بالا، ضریب توان پایین، جریان نامتعادل و گرمای زیاد می‌تواند به شدت بر عملکرد این موتورها تأثیر بگذارد و موجب افزایش هزینه‌ها و خرابی‌های زودرس شود. این مقاله به بررسی عملکرد این موتورها در کارخانه‌های تیر با استفاده از پاور آنالایزر چاوین آرنوکس پرداخته است. این ابزار پیشرفته قادر به ثبت دقیق و لحظه‌ای داده‌هایی از جمله توان فعال، توان راکتیو، هارمونیک‌ها، جریان‌ها و ولتاژها است که می‌تواند در شناسایی و تحلیل مشکلات عملکرد موتورها مؤثر باشد.

در این تحقیق، داده‌های به‌دست آمده از پاور آنالایزر نشان داد که مشکلات متعددی مانند هارمونیک‌های بالای جریان، عدم تعادل فازها، ضریب توان پایین و افزایش دما در اکثر موتورها وجود دارد. این مشکلات به طور مستقیم منجر به افزایش هزینه‌های انرژی، کاهش بهره‌وری تولید، کاهش عمر مفید موتور و حتی جریمه‌های مالی ناشی از ضریب توان پایین می‌شود. همچنین، گرمای بیش از حد باعث خرابی زودرس تجهیزات و سیستم‌های برق می‌شود که این امر در درازمدت هزینه‌های تعمیر و نگهداری را به شدت افزایش می‌دهد.

برای حل این مشکلات، به بررسی چندین راهکار عملی پرداخته شده است. از جمله این راهکارها می‌توان به نصب بانک‌های خازنی برای بهبود ضریب توان، نصب فیلترهای هارمونیک برای کاهش اثرات منفی هارمونیک‌ها، تعادل فازها برای کاهش لرزش و نویز و استفاده از سیستم‌های مانیتورینگ آنلاین جهت نظارت مداوم بر عملکرد موتورها و شناسایی مشکلات قبل از وقوع خرابی‌ها اشاره کرد. این راهکارها می‌توانند علاوه بر بهبود کارایی موتورها، کاهش هزینه‌ها و افزایش عمر تجهیزات را نیز به همراه داشته باشند. در نهایت، این مقاله بر اهمیت استفاده از ابزارهای پیشرفته مانند پاور آنالایزر چاوین آرنوکس تأکید می‌کند که می‌تواند به‌طور قابل توجهی در شناسایی و بهبود مشکلات عملکرد موتورهای صنعتی کمک کند. استفاده از این ابزارها و راهکارهای پیشنهادی، می‌تواند منجر به افزایش بهره‌وری و کاهش هزینه‌های انرژی در خطوط تولید تیر شود و در نهایت به بهبود کیفیت محصولات و کاهش ضایعات کمک کند.

واژه‌های کلیدی: مدیریت بهره‌وری، پاور آنالایزر چاوین آرنوکس، بهینه‌سازی عملکرد موتور، کاهش تلفات انرژی، نگهداری پیشگیرانه

۱- مقدمه

صنعت تولید تیر، به عنوان یکی از صنایع پایه‌ای و حیاتی در تولید خودروها، نیازمند استفاده از تجهیزات پیچیده و پر قدرت برای فرآیندهای مختلف تولید است. در این میان، موتورهای الکتریکی با قدرت بالای ۵۰ کیلووات، به عنوان یکی از اجزای اصلی در خطوط تولید تیر، نقش بسزایی در عملکرد کارآمد این کارخانه‌ها دارند. این موتورها در فرآیندهای کلیدی مانند اکسترودرها، کلندرها و سایر تجهیزات تولید تیر، انرژی زیادی مصرف می‌کنند و به همین دلیل بهبود کارایی آن‌ها از اهمیت بالایی برخوردار است. با این وجود، این موتورها با چالش‌های متعددی روبرو هستند که می‌تواند عملکرد سیستم‌های تولید را تحت تأثیر قرار دهد. مشکلاتی مانند هارمونیک‌های بالای جریان، ضریب توان پایین، عدم تعادل فازها و گرمای زیاد، نه تنها موجب افزایش هزینه‌های انرژی و کاهش بهره‌وری می‌شود، بلکه به مرور زمان می‌تواند به خرابی‌های زودرس و کوتاه شدن عمر مفید تجهیزات منجر شود. این مسائل در نهایت هزینه‌های نگهداری و تعمیرات را افزایش داده و کارایی کلی سیستم تولید را کاهش می‌دهند. یکی از راهکارهای مؤثر برای تحلیل و بهبود این مشکلات استفاده از پاور آنالایزر چاوین آرنوکس است. این ابزار پیشرفته قادر به اندازه‌گیری دقیق پارامترهای مختلف الکتریکی، از جمله توان فعال، توان راکتیو، ولتاژ، جریان، هارمونیک‌ها و ضریب توان است. با استفاده از این ابزار، می‌توان مشکلاتی مانند عدم تعادل فازها، هارمونیک‌های بالا و ضریب توان پایین را شناسایی کرده و به موقع اقدام به اصلاح آن‌ها کرد.

این مقاله به بررسی دقیق عملکرد موتورهای بالای ۵۰ کیلووات در خطوط تولید تیر با استفاده از پاور آنالایزر چاوین آرنوکس پرداخته و بر اساس داده‌های به‌دست آمده، مشکلات شایع موجود در عملکرد این موتورها و راهکارهای پیشنهادی برای بهبود آن‌ها را بررسی می‌کند. هدف این مطالعه ارائه راهکارهایی جهت بهینه‌سازی مصرف انرژی، کاهش هزینه‌ها، افزایش عمر مفید تجهیزات و بهبود کیفیت توان در کارخانه‌های تیر است. با توجه به اهمیت این موتورها در فرآیندهای تولید و اثرات منفی مشکلات مربوط به آن‌ها، نتایج این تحقیق می‌تواند به‌طور قابل توجهی در بهبود بهره‌وری و کاهش هزینه‌های عملیاتی کارخانه‌های تیر مؤثر باشد. همچنین، این مقاله به اهمیت استفاده از سیستم‌های مانیتورینگ آنلاین و انجام تعمیرات پیشگیرانه برای ارتقای کارایی و کاهش خرابی‌های غیرمنتظره تأکید دارد.

۲-۱- بررسی مشکلات شایع در موتورهای بالای ۵۰ کیلووات در خطوط تولید تیر

موتورهای با توان بالا، مانند موتورهای مورد استفاده در خطوط تولید تیر، معمولاً با چندین مشکل رایج روبرو هستند که کارایی سیستم را تحت تأثیر قرار می‌دهند:

هارمونیک‌ها: هارمونیک‌ها اختلالاتی در شکل موج جریان و ولتاژ ایجاد می‌کنند که می‌تواند موجب افزایش تلفات انرژی و گرم شدن بیش از حد موتور شود. این اختلالات معمولاً ناشی از بارهای غیر خطی مانند درایوهای فرکانس متغیر هستند. هارمونیک‌ها با فرمول زیر ارزیابی می‌شوند: که در آن I_1 ، I_2 ، I_3 ، ...، I_n جریان اصلی و هارمونیک‌های جریان است.

$$THD = \sqrt{\frac{I_2^2 + I_3^2 + \dots + I_n^2}{I_1^2}} \times 100 \quad \text{رابطه (۱)}$$

ضریب توان پایین: ضریب توان پایین نشان‌دهنده مصرف انرژی غیر بهینه است. این وضعیت می‌تواند به جریمه‌های اضافی برای مصرف انرژی منجر شود. ضریب توان از رابطه زیر محاسبه می‌شود: که در آن، P توان فعال (W) و S توان ظاهری (VA) است.

$$PF = \frac{P}{S} \quad \text{رابطه (۲)}$$

عدم تعادل فازها: عدم تعادل در جریان‌های فازهای مختلف می‌تواند موجب خرابی موتور و افزایش دما شود. به‌طور معمول، اختلاف جریان بین فازها نباید بیش از ۱۰٪ باشد.

گرمایش بیش از حد: این مشکل معمولاً به دلیل بار زیاد، اختلالات هارمونیک یا مشکل در سیستم خنک‌کننده است. دمای بیش از حد می‌تواند باعث کاهش عمر موتور و خرابی عایق‌ها شود.

در کل، مشکلاتی مانند هارمونیک‌ها، ضریب توان پایین و عدم تعادل فازها می‌توانند باعث کاهش کارایی موتور و افزایش هزینه‌های عملیاتی شوند.

۲- روش‌شناسی:

در این تحقیق، روش‌ها و ابزارهای مختلفی برای جمع‌آوری و تحلیل داده‌ها به‌منظور شناسایی مشکلات کیفیت توان در موتورهای بالای ۵۰ کیلووات به‌کار گرفته شده است. این روش‌ها شامل استفاده از پاور آنالایزر چاوین آرنوکس، تحلیل هارمونیک‌ها، ضریب توان و عدم تعادل فازها هستند. در ادامه، روند کلی انجام تحلیل به شرح زیر می‌باشد:

۲-۱- جمع‌آوری داده‌ها:

برای تحلیل کیفیت توان، از دستگاه پاور آنالایزر چاوین آرنوکس استفاده شد. این دستگاه قادر به اندازه‌گیری پارامترهای الکتریکی مانند جریان، ولتاژ، توان راکتیو، توان فعال، ضریب توان (PF) و هارمونیک‌ها می‌باشد. داده‌ها از موتورهای مختلف (مانند موتورهای کلندر، اکسترودر، کرکاک) در طول زمان جمع‌آوری شد.

۲-۲- تحلیل هارمونیک‌ها (THD):

یکی از مهم‌ترین مراحل در تحلیل کیفیت توان، شناسایی هارمونیک‌ها است. این هارمونیک‌ها ناشی از بارهای غیر خطی و تجهیزات مانند درایوهای فرکانس متغیر (VFD) می‌باشند. داده‌های جریان و ولتاژ برای شناسایی هارمونیک‌ها و بررسی تأثیر آن‌ها بر کیفیت توان و کارایی سیستم‌ها جمع‌آوری و تحلیل شدند.

۲-۳- تحلیل ضریب توان (Power Factor):

ضریب توان به عنوان شاخص مهم در ارزیابی کارایی سیستم‌های الکتریکی استفاده می‌شود. ضریب توان پایین منجر به هدررفت انرژی و جریمه‌های اضافی توسط تأمین‌کنندگان برق می‌شود. تحلیل‌ها به‌منظور ارزیابی تغییرات ضریب توان و شناسایی نقاط ضعف در سیستم برق‌رسانی انجام شد.

۲-۴- تحلیل عدم تعادل فازها:

عدم تعادل فازها می‌تواند باعث مشکلاتی همچون لرزش‌های مکانیکی و افزایش گرما شود. برای این منظور، جریان‌های فازهای مختلف مقایسه شده و هرگونه تفاوت در جریان‌ها که نشان‌دهنده عدم تعادل باشد، شناسایی شد.

۳- جدول تحلیل کیفیت توان:

در این جدول، داده‌های حاصل از تحلیل موتورهای مختلف، شامل هارمونیک‌ها، ضریب توان و عدم تعادل فازها ارائه شده است.

جدول ۱- مشخصه‌های کیفیت توان چند موتور مهم				
موتور	THD جریان (%)	ضریب توان (PF)	عدم تعادل فاز (%)	هارمونیک‌های ولتاژ (%)
موتور اکسترودر کلندر سیمی	۷۲.۲	۰.۸۹ - ۰.۷۸	۲۰	۴ - ۶
موتور اکسترودر ابتدا اینترلاینر	۶۰	۰.۷ - ۰.۴	۴.۹	۲.۳ - ۲.۵
موتور اکسترودر انتها اینترلاینر	۵۰	۰.۷۵ - ۰.۶	۳.۵	۵ - ۷
موتور اکسترودر رولرلای لاین B	۴۳.۵۱	۰.۶۱ - ۰.۴۰۵	۶.۸	۶ - ۴

در این جدول، میزان هارمونیک‌های جریان (THD) برای هر موتور مشخص شده است که نشان‌دهنده میزان اعوجاج در جریان است و هر چه این مقدار بالاتر باشد، مشکلاتی مانند گرم شدن موتور و کاهش عمر عایق تشدید می‌شود. ضریب توان (PF) نیز نشان‌دهنده کارایی سیستم است و مقادیر پایین آن باعث افزایش تلفات انرژی و جریمه‌های اضافی از سوی تأمین‌کنندگان برق می‌شود. همچنین، درصد عدم تعادل فازها به وضوح نشان‌دهنده تفاوت جریان‌ها بین فازها است که می‌تواند منجر به لرزش و خرابی تجهیزات گردد. هارمونیک‌های ولتاژ نیز می‌توانند به مشکلاتی مانند خرابی تجهیزات و کاهش کیفیت محصول منجر شوند. این جدول به‌طور کلی مشکلات اصلی کیفیت توان در هر موتور را نمایش می‌دهد و به شناسایی دقیق‌تر نیازها و پیشنهادات بهینه کمک می‌کند.

۴- نتایج و تحلیل

نتایج و تحلیل‌های به‌دست‌آمده از مطالعه موتورهای بالای ۵۰ کیلووات در خطوط تولید تیر نشان‌دهنده مشکلات متعددی در زمینه کیفیت توان الکتریکی و عملکرد موتورهای صنعتی هستند. این مشکلات شامل هارمونیک‌های بالا، ضریب توان پایین، عدم تعادل فازها و نوسانات فرکانس بوده که همگی تأثیرات منفی بر کارایی و عمر مفید موتورها می‌گذارند. در اینجا به تحلیل هر یک از این مشکلات و راهکارهای پیشنهادی برای بهبود شرایط پرداخته شده است. در ابتدا، هارمونیک‌های جریان یکی از مشکلات اصلی در موتورها بودند. هارمونیک‌های جریان به دلیل استفاده از بارهای غیر خطی مانند درایوهای فرکانس متغیر (VFD) و سایر تجهیزات صنعتی با بارهای غیر خطی، به شدت افزایش پیدا کرده بودند. در برخی موتورها، هارمونیک کل جریان (THD) به مقدار قابل توجهی مانند ۷۲.۲٪ رسید. این مقدار بالا باعث بروز مشکلات مختلفی مانند گرم شدن بیش از حد موتور، کاهش راندمان و افزایش تلفات الکتریکی شد. هارمونیک‌های بالا همچنین می‌توانند فشار زیادی به عایق‌ها وارد کرده و موجب کاهش عمر مفید آن‌ها شوند. برای

17 Conference
And 9 Exhibition
Rubber
And
Related Industries

Iranmall
January 6-7
2026

۱۷ همایش
۹ نمایشگاه
و لاستیک
صنایع وابسته

ایران مال
۱۸ تا ۲۱ دی ماه
۱۴۰۴

رفع این مشکل، پیشنهاد می‌شود که از فیلترهای هارمونیک فعال و پسیو استفاده شود تا اعوجاجات جریان کاهش یابد و مشکلات ناشی از هارمونیک‌ها به حداقل برسد. مشکل دیگری که در موتورهای مختلف مشاهده شد، ضریب توان پایین بود. در بسیاری از موتورها، ضریب توان در محدوده‌های پایین‌تر از ۰.۷ قرار داشت. این مقدار پایین ضریب توان نه تنها منجر به هدررفت انرژی می‌شود بلکه به دلیل مصرف توان راکتیو بالا، باعث افزایش هزینه‌های انرژی و همچنین دریافت جریمه‌های اضافی از سوی تأمین‌کنندگان برق می‌شود. برای رفع این مشکل، نصب بانک‌های خازنی خودکار پیشنهاد می‌شود. این بانک‌ها می‌توانند توان راکتیو را جبران کرده و ضریب توان را به بالای ۰.۹۵ افزایش دهند که نتیجه آن کاهش تلفات و هزینه‌های اضافی است. یکی دیگر از مشکلات رایج در این موتورها عدم تعادل فازها بود. در برخی موتورها، جریان‌های فازها تا ۲۰ آمپر اختلاف داشتند که این عدم تعادل می‌تواند مشکلات زیادی ایجاد کند. این اختلاف جریان باعث گرم شدن نامتوازن در موتور، لرزش‌های غیرطبیعی و افزایش استرس مکانیکی در یاتاقان‌ها و قطعات دیگر می‌شود. برای برطرف کردن این مشکل، پیشنهاد می‌شود که بارهای تکفاز به‌طور یکنواخت بین فازها توزیع شوند و اتصالات و سیم‌کشی‌ها به‌دقت بررسی شوند تا هیچ مشکلی در توزیع بار فازها وجود نداشته باشد. نوسانات فرکانس نیز یکی دیگر از مشکلات شایع در موتورهای مورد بررسی بود. در برخی از موتورهای این مطالعه، فرکانس شبکه نوسان داشت و بین ۴۹.۷ هرتز تا ۵۰.۱ هرتز تغییر می‌کرد. این نوسانات فرکانسی می‌تواند تأثیر زیادی بر سرعت موتور و در نتیجه کیفیت محصول تولیدی بگذارد. علاوه بر این، پیک‌های جریان بالا در برخی موتورها نشان‌دهنده استارت‌های مکرر یا تغییرات ناگهانی در بار است که می‌تواند به تجهیزات آسیب برساند. برای مقابله با این مشکل، نصب استابیلایزرهای ولتاژ و استفاده از درایوهای فرکانس متغیر با قابلیت کاهش هارمونیک‌ها پیشنهاد می‌شود. با توجه به مشکلات ذکرشده، برخی راهکارها برای بهبود کیفیت توان و عملکرد موتورهای بالای ۵۰ کیلووات ارائه می‌شود. اولاً، نصب فیلترهای هارمونیک به‌ویژه فیلترهای فعال و پسیو برای کاهش اعوجاجات جریان و ولتاژ ضروری است. این فیلترها می‌توانند به‌طور مؤثری هارمونیک‌ها را کاهش دهند و از آسیب به تجهیزات جلوگیری کنند. ثانیاً، نصب بانک‌های خازنی خودکار برای بهبود ضریب توان و جبران توان راکتیو پیشنهاد می‌شود که باعث کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری می‌شود. ثالثاً، توزیع مجدد بار فازها بین فازهای مختلف باید مورد بررسی قرار گیرد تا از بروز عدم تعادل فازها جلوگیری شود و از تأثیرات منفی آن بر عملکرد موتور کاسته شود. چهارمین پیشنهاد، نصب استابیلایزرهای ولتاژ برای مقابله با نوسانات فرکانس است که می‌تواند باعث پایداری بیشتر سیستم و کاهش تأثیرات منفی نوسانات بر عملکرد موتور شود. در نهایت، پایش آنلاین و مانیتورینگ مستمر سیستم به‌ویژه در محیط‌های صنعتی می‌تواند به شناسایی سریع مشکلات و جلوگیری از خرابی‌های احتمالی کمک کند. با اجرای این راهکارها، مشکلات موجود در سیستم‌های موتوری به حداقل خواهد رسید و عملکرد موتورها بهینه‌تر خواهد شد. این اقدامات می‌توانند تأثیر زیادی بر کاهش هزینه‌ها، افزایش بهره‌وری و بهبود عمر مفید تجهیزات داشته باشند. به طور کلی، بهینه‌سازی سیستم‌های الکتریکی در خطوط تولید تیر با استفاده از فیلترها، بانک‌های خازنی، پایش آنلاین و سایر راهکارها می‌تواند باعث افزایش کارایی و کاهش هزینه‌ها در درازمدت شود.

۵- نتایج

در این مطالعه، به تحلیل مشکلات عملکردی موتورهای بالای ۵۰ کیلووات در خطوط تولید تیر پرداخته شد. مشکلات شناسایی‌شده، نظیر هارمونیک‌های بالای جریان، ضریب توان پایین، عدم تعادل فازها، و نوسانات فرکانس، همگی تأثیرات منفی بر کارایی و طول عمر تجهیزات داشتند. این مشکلات می‌توانند موجب گرم شدن بیش از حد موتور، کاهش راندمان، افزایش مصرف انرژی، خرابی تجهیزات و هزینه‌های بالای تعمیرات شوند. از آنجا که مشکلات شناسایی‌شده در این تحقیق به‌طور قابل‌توجهی بر بهره‌وری و هزینه‌ها تأثیر می‌گذارند، راهکارهای مختلفی برای بهبود کیفیت توان و عملکرد موتورهای صنعتی در نظر گرفته شده است. پیشنهادهایی همچون نصب فیلترهای هارمونیک، بانک‌های خازنی خودکار، توزیع مجدد بار فازها، نصب استابیلایزرهای ولتاژ و پایش آنلاین سیستم می‌توانند به‌طور چشمگیری مشکلات را کاهش داده و بهره‌وری سیستم‌ها را بهبود بخشند. نتایج نشان داد که با اجرا و پیاده‌سازی دقیق این راهکارها، می‌توان از خرابی‌های زودرس تجهیزات جلوگیری کرده، بهره‌وری تولید را افزایش داده و هزینه‌های انرژی و نگهداری را کاهش داد. در نهایت، این تحقیق تأکید می‌کند که بهبود کیفیت توان و بهینه‌سازی عملکرد موتورهای صنعتی در خطوط تولید تیر نه تنها به افزایش عمر مفید تجهیزات کمک می‌کند بلکه باعث بهبود پایداری و کاهش هزینه‌ها در درازمدت می‌شود. پیشنهاد می‌شود که در آینده، این تحقیق با بررسی دقیق‌تر تأثیرات بلندمدت تغییرات اعمال‌شده در سیستم‌های مختلف صنعتی ادامه یابد و از پایش و بررسی مداوم سیستم‌ها برای شناسایی سریع‌تر مشکلات استفاده شود.

۶- منابع

- [1] Chauvin Arnoux. (2020). Power Analyzer and Harmonic Analysis for Industrial Applications. Chauvin Arnoux Inc.
- [2] IEEE Standard 519-2014. (2014). IEEE Recommended Practices and Requirements for Harmonic Control in Electrical Power Systems. IEEE.
- [3] IEC 61000-4-30. (2013). Guidelines for Power Quality in Industrial Systems: Monitoring and Analysis.
- [4] S. M. Muey, M. A. Abdo, and R. Takahashi. (2015). Harmonic Mitigation in Industrial Systems Using Power Electronics. Springer.
- [5] B. Singh, S. L. Ang, and K. Al-Haddad. (2002). Power Quality Problems and Mitigation Techniques: A Review. IEEE Transactions on Power Electronics, 17(3), 571-580.
- [6] M. A. Z. Vassiliadis, J. J. D. M. F. Moraes, and R. M. P. C. Costa. (2019). Advances in Industrial Power Systems and Harmonic Mitigation. Wiley-IEEE Press.