



کویر تایر

اولین تولیدکننده تایر در ایران

بهینه سازی مصرف انرژی موتورهای القایی AC با مهندسی پارامترهای درایو

محمد ربیعی، سرپرست برق و اتوماسیون، اداره طراحی، نصب و ساخت، شرکت کویر تایر

mr.rabice67@gmail.com

عفت صحراگرد
Sahragard1400@gmail.com

چکیده

مدیریت بهینه مصرف انرژی یکی از مسائل کلیدی در صنایع امروزی است، به ویژه در سیستم‌هایی که موتورهای القایی AC نقش اصلی را ایفا می‌کنند. این موتورها سهم بزرگی از مصرف انرژی الکتریکی صنایع را به خود اختصاص داده و بهینه‌سازی عملکرد آن‌ها تأثیر مستقیم بر کاهش هزینه‌ها و افزایش بهره‌وری دارد. یکی از راهکارهای مؤثر در این زمینه، استفاده از درایوهای فرکانس متغیر و مهندسی پارامترهای کنترلی آن‌ها است. در پژوهش حاضر، تأثیر بهینه‌سازی پارامترهای درایوهای یاسکاوا بر کاهش مصرف انرژی مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش‌های میدانی انجام‌شده نشان داد که اصلاح و بازتنظیم پارامترهای کنترلی درایو می‌تواند کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی ایجاد نماید و موجب بهبود شاخص‌های بهره‌وری سیستم گردد. نتایج همچنین بیانگر آن است که بارهای با ماهیت سرعت ثابت، مانند کانوایرها، بیشترین پتانسیل را برای صرفه‌جویی انرژی دارند. به طور کلی، یافته‌های این پژوهش نشان می‌دهد که مهندسی صحیح پارامترهای درایو نه تنها به کاهش هزینه‌های انرژی کمک می‌کند، بلکه ارتقای راندمان، پایداری زیست‌محیطی و افزایش رقابت‌پذیری صنایع را نیز به دنبال دارد.

واژه‌های کلیدی

بهینه‌سازی انرژی؛ موتور القایی AC؛ درایو فرکانس متغیر؛ مهندسی پارامتر؛ بهره‌وری انرژی.

محور مقاله

کاهش توان مصرفی درایو با مهندسی پارامترها

۱- مقدمه

موتورهای القایی AC به عنوان پرکاربردترین نوع موتور در صنایع مختلف شناخته می‌شوند و بر اساس آمار، بیش از ۶۰ درصد مصرف انرژی الکتریکی صنایع به این موتورها اختصاص دارد. این موتورها به دلیل ساختار ساده، استحکام مکانیکی بالا، طول عمر طولانی، هزینه اولیه مناسب و نیاز اندک به تعمیر و نگهداری، همواره انتخاب اصلی در بسیاری از فرایندهای صنعتی محسوب می‌شوند. با این وجود، همین گستردگی استفاده، باعث شده است که موتورهای القایی به یکی از بزرگ‌ترین منابع اتلاف انرژی در صنایع تبدیل شوند. از این رو، ارتقای بهره‌وری انرژی در این موتورها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و می‌تواند نقش بسزایی در کاهش هزینه‌های عملیاتی صنایع و همچنین بهبود شاخص‌های زیست‌محیطی ایفا کند.

یکی از مؤثرترین فناوری‌ها در راستای کاهش مصرف انرژی موتورهای القایی، استفاده از درایوهای فرکانس متغیر است. این درایوها با ایجاد امکان کنترل سرعت و گشتاور موتور متناسب با شرایط بارگذاری، نه تنها کیفیت و دقت فرآیند را افزایش می‌دهند، بلکه به طور قابل توجهی در کاهش مصرف انرژی نیز مؤثر هستند. درایوهای پیشرفته شرکت یاسکاوا، از جمله سری‌های V1000 و A1000، علاوه بر کنترل پایه‌ای، مجهز به مجموعه‌ای از پارامترهای نرم‌افزاری قابل تنظیم هستند که امکان مهندسی دقیق عملکرد موتور متناسب با نوع بار را فراهم می‌آورند[۱]. اگرچه استفاده از درایو به خودی خود منجر به کاهش مصرف انرژی می‌شود، اما بررسی‌ها نشان می‌دهد که تنظیم صحیح پارامترهای کنترلی درایو، نقش تعیین‌کننده‌ای در دستیابی به حداکثر صرفه‌جویی انرژی دارد. به عبارت دیگر، بهره‌گیری از ظرفیت واقعی این تجهیزات تنها زمانی امکان‌پذیر است که پارامترهای آن‌ها با شرایط بار، ماهیت فرایند و نیاز عملیاتی هماهنگ شوند[۲]. در پژوهش حاضر، با تمرکز بر خطوط کانوایر، اثر بهینه‌سازی پارامترهای درایوهای یاسکاوا بر مصرف انرژی موتورهای القایی مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمایش‌های میدانی در شرایط واقعی عملیاتی انجام شدند و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که بازتنظیم پارامترهای کنترلی می‌تواند به کاهش چشمگیر مصرف انرژی در کاربردهای صنعتی منجر شود.

۲- بخش تجربی

به منظور بررسی عملی تأثیر بهینه‌سازی پارامترهای درایو، دو آزمایش میدانی در خطوط کانوایر اجرا شد. در این آزمایش‌ها ابتدا مصرف انرژی در شرایط اولیه (قبل از بهینه‌سازی پارامترها) اندازه‌گیری گردید و سپس همان اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط مشابه پس از اعمال پارامترهای اصلاح‌شده تکرار شد. این رویکرد امکان مقایسه مستقیم اثر مهندسی پارامترها بر مصرف انرژی را فراهم ساخت.

آزمایش اول: کانوایر سالن تولید – موتورهای ۵.۵ و ۱۸.۵ کیلووات

در این آزمایش، یک خط کانوایر مجهز به دو موتور القایی مورد بررسی قرار گرفت. موتور اول با توان ۵.۵ کیلووات توسط درایو یاسکاوا V1000 (5.5–7.5kW) و موتور دوم با توان ۱۸.۵ کیلووات توسط درایو یاسکاوا A1000 (18.5–22kW) کنترل می‌شد. از آنجا که این دو موتور به‌صورت همزمان در مدار قرار داشتند، دستگاه پاور آنالایزر بر روی ورودی تغذیه کانوایر نصب گردید و داده‌های اندازه‌گیری به‌صورت مجموعی

از عملکرد هر دو موتور ثبت شد. بدین ترتیب نتایج ارائه‌شده در این بخش بیانگر خروجی کل سیستم کانوایر شامل هر دو موتور و نه عملکرد جداگانه آن‌ها است.

پیش از بهینه‌سازی، هر دو درایو به پاور آنالایزر متصل گردیدند و مقادیر توان مصرفی متوسط، جریان مؤثر و انرژی مصرفی در بازه‌های ۵ ساعته و ۲۴ ساعته اندازه‌گیری شد. سپس با اعمال تغییرات مهندسی بر روی پارامترهای کنترلی درایوها، همان اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط مشابه مجدداً انجام شد. نتایج این آزمون در جدول (۱) خلاصه شده است.

جدول ۱: مقایسه توان متوسط، جریان مؤثر و انرژی مصرفی موتور در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی پارامترهای درایو.

وضعیت	توان مصرفی متوسط (KW)	جریان مؤثر (A)	انرژی مصرفی ۵ ساعت (KWH)	انرژی مصرفی ۲۴ ساعت (KWH)	انرژی مصرفی ۳۰ روز (KWH)
قبل از بهینه‌سازی	۱.۶۹۵	۳.۴۹	۸.۱۴	۳۹.۰۷	۱۱۷۲.۱۶
بعد از بهینه‌سازی	۰.۹۵۴	۱.۹۷	۴.۹۰	۲۳.۵۲	۷۰۵.۶

بر اساس مقایسه مقادیر قبل و بعد از بهینه‌سازی، مشخص شد که مصرف انرژی روزانه در این سیستم ۱۵.۵۵ کیلووات‌ساعت کاهش یافته است که معادل ۳۹.۸۰ درصد صرفه‌جویی انرژی می‌باشد. علاوه بر انرژی، داده‌های ثبت‌شده نشان دادند که جریان مؤثر نیز کاهش قابل توجهی داشته است. این موضوع بیانگر کاهش تلفات اهمی سیم‌پیچ‌ها و بهبود کیفیت توان در موتورهای به‌کاررفته در کانوایر می‌باشد. به منظور شفافیت بیشتر، مقادیر توان مصرفی متوسط، جریان مؤثر و انرژی مصرفی در بازه‌های ۵ ساعته، ۲۴ ساعته و همچنین برآورد مصرف ماهانه (۳۰ روزه) در جدول ۱ ارائه شده است. این جدول به‌خوبی روند بهبود ناشی از بهینه‌سازی پارامترها را نشان می‌دهد و امکان مقایسه مستقیم شرایط پیش و پس از اصلاح پارامترها را فراهم می‌سازد.

آزمایش دوم: کانوایر سالن تولید – ۱۰ موتور سه‌فاز ۲.۲ کیلووات

در آزمایش دوم، یک کانوایر دیگر در کارخانه مورد بررسی قرار گرفت که به جای یک موتور با توان بالا، از ۱۰ موتور سه‌فاز با توان نامی ۲.۲ کیلووات برای تأمین نیروی محرکه استفاده می‌کرد. هر یک از این موتورها توسط یک درایو یاسکاوا با ظرفیت ۲.۲–۳ کیلووات کنترل می‌شد. از آنجا که تمامی موتورها به‌صورت همزمان بر روی یک کانوایر نصب بوده و به‌طور موازی عمل می‌کردند، پاور آنالایزر بر روی ورودی کل سیستم کانوایر نصب گردید تا مقادیر مجموعی توان، جریان و انرژی مصرفی ثبت گردد. بنابراین نتایج ارائه‌شده در این بخش بیانگر عملکرد کل کانوایر شامل ۱۰ موتور و درایو متناظر آن‌ها است.

جدول ۲: مقایسه توان متوسط، جریان مؤثر و انرژی مصرفی موتور در شرایط قبل و بعد از بهینه‌سازی پارامترهای درایو.

وضعیت	توان مصرفی متوسط (KW)	جریان مؤثر (A)	انرژی مصرفی ۵ ساعت (KWH)	انرژی مصرفی ۲۴ ساعت (KWH)	انرژی مصرفی ۳۰ روز (KWH)
قبل از بهینه‌سازی	۵.۴	۱۰.۶	۲۷	۱۲۹.۶	۳۸۸۸
بعد از بهینه‌سازی	۴.۱۸	۸.۲۵	۲۰.۹	۱۰۰.۳	۳۰۰۹.۶

همانند آزمایش نخست، مقادیر مربوط به توان مصرفی متوسط، جریان مؤثر و انرژی مصرفی در بازه‌های زمانی مختلف (۵ ساعته، ۲۴ ساعته و برآورد ۳۰ روزه) پیش و پس از بهینه‌سازی پارامترهای درایوها اندازه‌گیری شد. نتایج در جدول ۲ ارائه گردیده است. بر اساس این جدول، توان مصرفی متوسط کل سیستم از ۵.۴ کیلووات به ۴.۱۸ کیلووات کاهش یافته و جریان مؤثر نیز از ۱۰.۶ آمپر به ۸.۲۵ آمپر کاهش پیدا کرده است. از نظر انرژی مصرفی، مقدار ثبت‌شده در بازه ۵ ساعته از ۲۷ کیلووات‌ساعت پیش از بهینه‌سازی به ۲۰.۹ کیلووات‌ساعت پس از بهینه‌سازی کاهش یافته است. در بازه ۲۴ ساعته این مقدار از ۱۲۹.۶ کیلووات‌ساعت به ۱۰۰.۳ کیلووات‌ساعت رسید که نشان‌دهنده صرفه‌جویی انرژی معادل حدود ۲۲ درصد است. برآورد مصرف ماهانه (۳۰ روزه) نیز نشان داد که انرژی مصرفی کل کانوایر از ۳۸۸۸ کیلووات‌ساعت به ۳۰۰۹.۶ کیلووات‌ساعت کاهش یافته است. این نتایج تأکید می‌کند که حتی در سامانه‌هایی با چندین موتور کم‌قدرت که به‌صورت همزمان و بر روی یک خط کانوایر عمل می‌کنند، بهینه‌سازی پارامترهای درایو قادر است کاهش محسوسی در مصرف انرژی ایجاد نماید. علاوه بر صرفه‌جویی انرژی، کاهش جریان مؤثر به معنای کاهش تلفات اهمی در سیم‌پیچ موتورها و بهبود راندمان کلی مجموعه است. به طور کلی، مهندسی صحیح پارامترهای درایو می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر برای افزایش بهره‌وری انرژی در خطوطی با بارهای سرعت ثابت و زمان کارکرد طولانی مورد استفاده قرار گیرد و در عین حال، قابلیت پیاده‌سازی و ارزیابی بر روی موتورهای با توان بالاتر را نیز دارا می‌باشد.

۳- نتایج و نتیجه‌گیری

یافته‌های این پژوهش نشان داد که بهینه‌سازی پارامترهای درایوهای یاسکاوا می‌تواند کاهش قابل توجهی در مصرف انرژی موتورهای القایی AC ایجاد کند. در آزمایش اول، صرفه‌جویی انرژی در حدود ۴۰ درصد و در آزمایش دوم، معادل ۲۲ درصد ثبت گردید.

بررسی‌ها نشان داد که بالاترین میزان صرفه‌جویی انرژی مربوط به بارهای با سرعت ثابت نظیر کانوایرها، فن‌ها و پمپ‌ها است. این نوع بارها به دلیل ماهیت عملکردی خود، بیشترین قابلیت بهینه‌سازی از طریق تنظیم پارامترهای درایو را دارند. بنابراین، این نتایج می‌تواند به‌عنوان الگویی برای صنایع دیگر نیز مورد استفاده قرار گیرد.

به طور کلی، این تحقیق نشان می‌دهد که بهینه‌سازی پارامترهای درایو نه تنها موجب کاهش هزینه‌های انرژی می‌شود، بلکه در ارتقای بهره‌وری، افزایش پایداری زیست‌محیطی و بهبود رقابت‌پذیری صنایع نیز نقش مؤثری دارد. بر این اساس، توصیه می‌شود صنایع مختلف، به‌ویژه کارخانه‌های دارای بارهای پرمصرف و سرعت ثابت، استفاده از این رویکرد را در دستور کار خود قرار دهند.

مراجع:

- [1] www.Yaskawa-global.com
- [2] https://www.ia.omron.com/?utm_source=globalsite&utm_medium=geolocation&utm_campaign=others