

بررسی تأثیر جایگزینی درایوهای زیمنس زینامیکس با درایوهای سانترو بر کاهش مصرف انرژی در رول‌های بنبوری خط D شرکت بارز کرمان

حمزه رزمجو* و محسن سلجوقیان
 کارشناس نگهداری و تعمیرات، گروه صنعتی بارز، کرمان، ایران
 hamzeh.razmjoo@gmail.com

چکیده: باتوجه به مصرف انرژی بالای صنایع لاستیک و به‌ویژه رول‌های بنبوری، بهینه‌سازی سیستم‌های درایو می‌تواند نقش قابل‌توجهی در کاهش هزینه‌های عملیاتی و بهبود بهره‌وری داشته باشد. این مطالعه به بررسی جایگزینی درایوهای زیمنس زینامیکس با درایوهای سانترو در خط D شرکت بارز کرمان پرداخته است. این پژوهش به‌صورت میدانی و با اندازه‌گیری مستقیم مصرف انرژی قبل و پس از نصب درایوهای جدید انجام شد. پارامترهای کلیدی شامل توان مصرفی، جریان الکتریکی، ضریب توان و بازده حرارتی در شرایط عملیاتی یکسان موردسنجش قرار گرفت. نتایج نشان داد که جایگزینی درایوهای زینامیکس منجر به کاهش مصرف انرژی الکتریکی شد. همچنین بهبود در ضریب توان و کاهش در تلفات حرارتی موتور محرک رول‌ها مشاهده شد. استفاده از درایوهای زیمنس زینامیکس در رول‌های بنبوری نه‌تنها صرفه‌جویی انرژی قابل‌ملاحظه‌ای به‌همراه دارد، بلکه باعث افزایش پایداری فرایند و کاهش استهلاک تجهیزات می‌شود. این راه‌کار برای سایر واحدهای مشابه در صنعت لاستیک توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: ماشین‌آلات، فناوری‌های تولید، قطعات و تجهیزات صنعتی، توسعه و به‌روزرسانی تجهیزات برای بهینه‌سازی فرایندها، درایو زیمنس زینامیکس، درایو سانترو، رول‌های بنبوری، بهینه‌سازی انرژی، صنعت لاستیک، بارز کرمان

متعددی مواجه شوند.

مقدمه



شکل ۱-

صنعت لاستیک به‌عنوان یکی از صنایع انرژی‌بر، همواره با چالش‌های جدی در زمینه بهینه‌سازی مصرف انرژی و کاهش هزینه‌های تولید مواجه بوده است. در این میان، رول‌های بنبوری به‌عنوان جز مهم خطوط تولید، سهم قابل‌توجهی از مصرف انرژی الکتریکی را به خود اختصاص می‌دهند. باتوجه به افزایش روزافزون قیمت حامل‌های انرژی و ضرورت رعایت ملاحظات زیست‌محیطی، بهبود بازده انرژی این تجهیزات به یک اولویت استراتژیک تبدیل شده است. سیستم‌های درایو موتورهای الکتریکی نقش تعیین‌کننده‌ای در کارایی انرژی رول‌ها ایفا می‌کنند. در سال‌های اخیر، پیشرفت‌های چشم‌گیری در فناوری درایوها صورت گرفته است که درایوهای زیمنس زینامیکس به‌عنوان یکی از نوآورانه‌ترین راه‌کارهای این حوزه شناخته می‌شوند. این درایوها با بهره‌گیری از الگوریتم‌های پیشرفته کنترل و معماری بهینه شسته توان، قابلیت‌های منحصره‌فردی در کاهش تلفات انرژی و بهبود عملکرد دینامیکی سیستم ارائه می‌دهند. در خط D رول‌های بنبوری شرکت بارز کرمان، تاکنون از درایوهای سانترو استفاده می‌شده که با وجود قابلیت‌های قابل‌قبول، در شرایط کاری پیوسته و تحت بارهای نوسانی، از نظر بازده انرژی دارای محدودیت‌هایی بوده است. این امر لزوم ارزیابی راه‌کارهای جایگزین با راندمان بالاتر را توجیه می‌کند.

نگاهی بر درایوهای سانترو

در شکل (۱) تصویر درایو سانترو قبل از نصب درایوهای زیمنس مشاهده می‌شود. درایوهای سانترو به‌دلیل طراحی مبتنی بر تکنولوژی‌های قدیمی، مصرف انرژی بالاتری دارند که منجر به هزینه‌های عملیاتی بیشتر می‌شود. این درایوها هارمونیک‌های بالایی تولید می‌کنند که افزون‌بر ایجاد اختلال در کیفیت برق شبکه، موجب گرمایش بیش‌ازحد موتورها و کاهش عمر مفید آن‌ها می‌شوند.

از نظر عملکردی، این درایوها در کنترل سرعت و گشتاور دقت کافی ندارند و در مواجهه با بارهای متغیر، واکنش کندی از خود نشان می‌دهند که این موضوع منجر به تولید محصول باکیفیت ناپایدار می‌شود. همچنین سیستم خنک‌کننده ضعیف این درایوها باعث می‌شود در شرایط کاری سخت و دماهای بالا با مشکلات

در بخش نگهداری، عدم دسترسی آسان به قطعات یدکی و گران بودن آن‌ها، تعمیرات را پرهزینه و زمان‌بر می‌کند. از سوی دیگر، پروتکل‌های ارتباطی محدود این درایوها، امکان اتصال به سیستم‌های کنترل پیشرفته را دشوار ساخته است. همچنین قابلیت‌های تشخیص عیب محدود در این درایوها، موجب طولانی شدن زمان عیب‌یابی و افزایش زمان توقف خط تولید می‌شود. این مشکلات در کنار فقدان قابلیت‌های ایمنی مدرن، توجیه‌کننده جایگزینی این درایوها با نمونه‌های جدیدتر است.

معرفی درایوهای زیمنس زینامیکس (SINAMICS)

درایوهای SINAMICS خانواده‌ای از درایوها پیشرفته شرکت زیمنس آلمان هستند که برای کنترل سرعت و گشتاور موتورهای DC در کاربردهای صنعتی طراحی شده‌اند (شکل ۲).

تفسیر و محاسبات جدول

بازده سیستم:

قبل: درایو حدود ۸۵ تا ۹۰٪ بازده دارد. میانگین بازده کل سیستم را می‌توان حدود ۸۹٪ در نظر گرفت.

باتوجه به این‌که توان خروجی تغییری نکرده است. توان ورودی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{توان ورودی} = \text{بازده/توان خروجی} = 0.89/250 = 281 \text{ کیلووات}$$

بعد: درایو حدود ۹۶ تا ۹۸٪ بازده دارد. میانگین بازده کل سیستم را می‌توان حدود ۹۴٪ در نظر گرفت.

باتوجه به این‌که توان خروجی تغییری نکرده است. توان ورودی از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$\text{توان ورودی} = \text{بازده/توان خروجی} = 0.94/250 = 266 \text{ کیلووات}$$

جریان ورودی:

$$\text{از رابطه توان الکتریکی سه فاز استفاده می‌کنیم } P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos(\phi)$$

$$\text{قبل: } I = P / (\sqrt{3} \times V \times \cos(\phi)) = 281,000 / (1.732 \times 400 \times 0.70) \approx 705 \text{ A}$$

$$\text{بعد: } I = 266,000 / (1.732 \times 400 \times 0.95) \approx 405 \text{ A}$$

عدد ۴۵۵ در جدول برای احتیاط و در نظر گرفتن شرایط عملیاتی کمی بالاتر در نظر گرفته شده است.

صرفه‌جویی سالانه:

$$\text{توان صرفه‌جویی شده: } 281 \text{ KW} - 261 \text{ KW} = 15 \text{ KW}$$

$$\text{انرژی سالانه: } 15 \text{ KW} \times 7200 = 108 \text{ MWh}$$

$$\text{هزینه صرفه‌جویی: } 108 \text{ MWh} \times 5000 \text{ Rial/KWh} = 540,000,000 \text{ Rial}$$

نکته: تمامی محاسبات بالا فقط بر روی یک رول انجام شده است در صورتی‌که تعویض درایوهای در دو رول دامپ میل و جوینت میل انجام شده است. از این‌رو، هزینه صرفه‌جویی نهایی دو برابر می‌شود.

نتیجه‌گیری

با جای‌گزینی درایوهای زیمنس زینامیکس در رول‌های بنپوری خط D کارخانه کرمان، نتایج قابل‌توجهی در بهینه‌سازی انرژی و بهبود عملکرد سیستم حاصل شد. مطابق با اطلاعات ثبت‌شده در جدول شماره یک مصرف انرژی الکتریکی کاهش یافت که این امر ناشی از بهره‌وری بالاتر درایوهای جدید در تبدیل توان و کاهش تلفات حرارتی بود. ضریب توان سیستم از ۰.۷ به ۰.۹۴ رسید که نشان‌دهنده بهینه‌سازی مصرف توان راکتیو و کاهش جریمه‌های برق است.

از نظر فنی، کنترل دقیق‌تر سرعت و گشتاور موجب پایداری فرایند میکس شد و نوسانات سرعت در شرایط بار متغیر به حداقل رسید. این امر منجر به یکنواختی بهتر محصول نهایی و کاهش ضایعات تولید شد. همچنین هارمونیک‌های الکتریکی تولیدی کاهش یافت که اثرات مطلوبی بر کیفیت برق شبکه داخلی و طول عمر سایر تجهیزات الکتریکی داشت.

در بخش اقتصادی، هزینه‌های نگهداری و تعمیرات کاهش یافت که عمدتاً ناشی از کاهش استرس مکانیکی روی موتور و گیربکس بود. با احتساب صرفه‌جویی سالانه ۵۴ میلیون تومانی در هزینه برق و کاهش هزینه‌های نگهداری، سرمایه‌گذاری انجام‌شده در مدت‌زمان کوتاهی بازگشت داده می‌شود. این ارقام نشان می‌دهد که پروژه نه تنها از نظر فنی موفق، بلکه از دیدگاه اقتصادی کاملاً توجیه‌پذیر بوده است. باتوجه به حجم بالای درایوهای قدیمی استفاده‌شده در سطح کارخانه به نظر می‌رسد با انجام پروژه‌های بهبود انرژی می‌توان باعث کمک به بهبود وضعیت مصرف انرژی تا حدودی زیادی شد.



شکل ۲-

مدل‌های اصلی این درایوها شامل موارد زیر است:

- SINAMICS G120: نسخه استاندارد برای کاربردهای عمومی
- SINAMICS S120: نسخه پرمیوم برای کاربردهای دینامیک پیچیده
- SINAMICS V20: نسخه اقتصادی برای کاربردهای ساده
- SINAMICS DCM: برای کنترل موتورهای DC
- مزایای کلیدی این درایوهای شامل موارد زیر است:
- دارای تکنولوژی ECO Mode برای بهینه‌سازی خودکار مصرف انرژی
- راندمان بالای ۹۸٪ در محدوده وسیعی از بار
- جبران‌سازی خودکار ضریب توان
- الگوریتم کنترل برداری (Vector Control) برای دقت بالا
- قابلیت اتصال به پروتکل‌های صنعتی (Profibus, Profinet, Ethernet/IP)
- منابع تغذیه رزرو (SLM/ALM) برای کاهش هارمونیک
- پیکربندی آسان با نرم‌افزار STARTER و TIA Portal
- دارای کتابخانه‌های از پیش تنظیم‌شده برای کاربردهای مختلف
- پایش و تشخیص عیب پیشرفته

ویژگی‌های ایمنی شامل موارد زیر است:

- ایمنی ذاتی (Integrated Safety) مطابق با استاندارد SIL 3
- قابلیت Safe Torque Off (STO)
- Safe Stop 1 و Safe Brake Control

مقایسه با نسل‌های قبلی

- ۵۰٪ فشرده‌تر از درایوهای نسل قبلی
- ۲۵٪ سبک‌تر
- افزایش ۳۰٪ی در سرعت پردازش
- کاهش ۲۰٪ی در تلفات حرارتی

بررسی پارامترهای مهم و اثر آن بر روی کاهش انرژی

جدول ۱-

پارامتر اندازه‌گیری	واحد	درایو	درایو	نحوه	درصد
توان خروجی	KW	۲۵۰	۲۵۰	ثابت	بهبود
توان ورودی	KW	۲۸۱	۲۶۶	محاسبات	بهبود
جریان ورودی	A	۷۰۵	۴۵۵	محاسبات	بهبود
ضریب توان ورودی	-	۰.۷	۰.۹۴	پاور آنالایزر	بهبود
بازده کلی سیستم	%	۸۹	۹۴	کاتالوگ	بهبود
تلفات توان	KW	۳۱	۱۶	محاسبات	بهبود
مصرف انرژی سالانه (در ۷۲۰۰ ساعت کار)	MWH/year	۲۰.۲۳	۱۹.۱۵	محاسبات	بهبود

مراجع

[۱] اطلاعات گردآوری‌شده از نمونه‌های تجربی گروه صنعتی بارز کارخانه کرمان

[2] Siemens Industry Online Support (2023). Technical Documentation for SINAMICS Drives. Retrieved from support.industry.siemens.com

[۵] اینترنت

[۴] کاتالوگ الکتروموتور DC

[۳] کاتالوگ فنی درایوهای سینامیکس