

جای‌گزینی سرو موتور به جای موتور جریان مستقیم (DC)

محمدرضا بهرامی نژاد* و متین قائم پناه

اداره تعمیرات و نگهداری ناحیه ۲، گروه صنعتی بارز، کرمان، ایران

h.zarave23@yahoo.com

چکیده: در خط تولید تایر، موتور جریان مستقیم (DC) نصب شده بر دستگاه وایندپ بید سازی به عنوان محرک اصلی نقش اجرا و موقعیت دهی را بر عهده داشت، اما قدمت دستگاه و مشکلات مکرر نگهداری، تأمین قطعات یدکی و خرابی‌های پی‌درپی همراه با کنترل موقعیت ناکافی، عملکرد تولید را تحت تأثیر قرار می‌دادند. در این مطالعه، موتور DC قدیمی با یک سرو موتور صنعتی و درایو کنترل موقعیت جای‌گزین شد تا دقت، قابلیت اطمینان و دسترس‌پذیری خط تولید ارتقاء یابد. روش کار شامل انتخاب سرو موتور مناسب براساس نیازهای گشتاور و سرعت دستگاه وایندپ، نصب انکودر و درایو مرتبط، یکپارچه‌سازی با کنترلر موجود و تنظیم پارامترهای کنترلی (PID و فید بک موقعیت) بود. پس از راه‌اندازی، عملکرد سیستم در پارامترهای کلیدی شامل دقت موقعیت دهی، تکرارپذیری، زمان راه افتادگی، تعداد خطاهای تولید و میانگین زمان بین خرابی‌ها (MTBF) مورد ارزیابی قرار گرفت. این جای‌گزینی به عنوان راه کار عملی برای افزایش بهره‌وری و قابلیت اطمینان در دستگاه‌های مرتبط با ساخت تایر معرفی می‌شود و مسیر توسعه بعدی شامل اندازه‌گیری کمی صرفه‌جویی انرژی و تحلیل اقتصادی کامل تر برای محاسبه دوره بازگشت سرمایه است.

واژه‌های کلیدی: سرو موتور، موتور DC، کنترلر، طوقه، کنترل موقعیت، درایو

مقدمه

در فرایند تولید تایر، یکی از مراحل کلیدی ساخت طوقه یا بید (Bead) است؛ حلقه‌ای از سیم‌های فولادی که در لبه داخلی تایر قرار می‌گیرد و نقش حیاتی در اتصال تایر به رینگ و حفظ ساختار آن در برابر فشار باد ایفا می‌کند. دستگاه وایندپ بیدسازی (Bead Winding Machine) وظیفه دارد با پیچاندن چندین رشته سیم فولادی به صورت مارپیچ و دایره‌ای، این طوقه را با دقت بالا تولید کند. این دستگاه با چرخاندن یک ماندل (Mandrel) مرکزی، سیم‌ها را به صورت یکنواخت دور آن می‌پیچد تا حلقه‌ای مقاوم و هم‌مرکز شکل گیرد. در نسخه‌های قدیمی این دستگاه، موتور جریان مستقیم (DC) به عنوان محرک اصلی برای چرخش ماندل استفاده می‌شد. با گذشت زمان، این موتورها با چالش‌هایی نظیر استهلاک بالا، نیاز مکرر به تعمیرات، دشواری در تأمین قطعات یدکی، و عدم دقت کافی در کنترل موقعیت مواجه شدند. این مشکلات نه تنها باعث کاهش بهره‌وری تولید می‌شدند، بلکه کیفیت طوقه‌های تولیدی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دادند. نتایج نشان دادند که جای‌گزینی سرو موتور موجب افزایش قابل توجه دقت موقعیت دهی و تکرارپذیری، کاهش نیاز به نگهداری و توقفات ناگهانی، و بهبود پاسخ‌دهی دینامیکی سیستم شد. همچنین، یکپارچه‌سازی آسان تر با سیستم کنترل و امکان پیاده‌سازی استراتژی‌های کنترلی پیشرفته‌تر از دیگر مزایای مشاهده شده بود. چالش‌های اجرایی شامل هزینه اولیه بالاتر، نیاز به تنظیمات و تیونینگ درایو و آموزش اپراتورها برای نگهداری از سیستم جدید بود. در این پروژه، با هدف بهبود عملکرد دستگاه و افزایش دقت تولید، تصمیم به جای‌گزینی موتور DC با یک سرو موتور صنعتی گرفته شد. این جای‌گزینی، امکان کنترل دقیق تر موقعیت، سرعت و گشتاور را فراهم کرده و موجب کاهش توقفات ناگهانی و افزایش کیفیت محصول نهایی شده است.

نحوه کار و فرایند جای‌گزینی سرو موتور

اجرا سیستم:

۱. سروموتور، ۲. آمپلی فایر (درایو)، ۳. کنترل کننده، ۴. سیستم مانیتورینگ فرایند جای‌گزینی شامل مراحل زیر بود:

- تحلیل نیاز مکانیکی و کنترلی: ابتدا گشتاور مورد نیاز برای چرخش ماندل و وزن سیم‌ها محاسبه شد تا سرو موتور مناسب انتخاب شود.

- انتخاب سرو موتور و درایو: یک سرو موتور با انکودر دقیق و درایو قابل برنامه‌ریزی انتخاب شد که قابلیت کنترل موقعیت و سرعت با دقت بالا را داشته باشد.

- اصلاح مکانیکی دستگاه: پایه نصب موتور DC قدیمی بازطراحی شد تا با ابعاد و مشخصات سرو موتور جدید سازگار شود.

- اتصال به سیستم کنترل: سرو موتور به کنترلر مرکزی دستگاه متصل شد و پارامترهای حرکتی از طریق درایو تنظیم شدند.

- تنظیمات کنترلی و تیونینگ: با استفاده از فیدبک موقعیت و الگوریتم‌های PID، دقت چرخش و توقف در نقاط مشخص بهینه‌سازی شد.

- آزمایش و ارزیابی عملکرد: پس از راه‌اندازی، عملکرد دستگاه در تولید طوقه‌های یکنواخت، کاهش خطاهای تولید، و افزایش سرعت عملیاتی مورد بررسی قرار گرفت.

نتیجه‌گیری

جای‌گزینی سرو موتور Mitsubishi به جای موتور جریان مستقیم (DC) در دستگاه وایندپ بیدسازی، به عنوان یک اقدام مهندسی هدفمند، تأثیرات قابل توجهی در بهبود عملکرد، دقت و پایداری سیستم ایجاد کرد. بررسی‌های عملی نشان داد که سرو موتور با بهره‌گیری از سیستم فیدبک موقعیت و قابلیت کنترل دقیق سرعت، توانست چرخش ماندل را با دقت بالا و تکرارپذیری مطلوب انجام دهد؛ امری که در تولید طوقه‌های یکنواخت و با کیفیت نقش کلیدی دارد. از منظر نگهداری، حذف جاروبک‌ها و قطعات مکانیکی فرسایش‌پذیر در سرو موتور موجب کاهش چشم‌گیر نیاز به تعمیرات دوره‌ای و افزایش میانگین زمان بین خرابی‌ها (MTBF) شد. همچنین، یکپارچگی بهتر با سیستم کنترل مرکزی و امکان تنظیم پارامترهای کنترلی از طریق درایو دیجیتال، انعطاف‌پذیری بیشتری در تنظیمات عملیاتی دستگاه فراهم کرد. از نظر اقتصادی، اگرچه هزینه اولیه خرید و نصب سرو موتور بالاتر از موتور DC بود، اما کاهش توقفات تولید، افزایش کیفیت محصول نهایی، و کاهش هزینه‌های نگهداری، منجر به بازگشت سرمایه در بازه زمانی قابل قبول شد. این جای‌گزینی نه تنها موجب ارتقاء عملکرد دستگاه وایندپ شد، بلکه به عنوان یک الگوی موفق برای نوسازی سایر تجهیزات قدیمی در خطوط تولید تایر قابل تعمیم است. در نهایت، این پروژه نشان داد که استفاده از فناوری‌های نوین در اتوماسیون صنعتی، به ویژه در بخش‌های حساس تولید، می‌تواند نقش مهمی در افزایش بهره‌وری، کاهش ضایعات، و ارتقاء کیفیت ایفا کند.

[۲] گروه صنعتی بارز - معرفی فرایند ساخت تایر و تجهیزات مرتبط <https://barez.org>

[۳] مقاله تخصصی: تحلیل عملکرد سرو موتور در خطوط تولید تایر

[۴] مرکز مطالعات اتوماسیون صنعتی، دانشگاه صنعتی شریف، ۱۴۰۱

[۱] وبسایت رسمی - Mitsubishi Electric بخش سرو موتورهای صنعتی <https://www.mitsubishielectric.com/fa/products-solutions/factoryautomation>