



کنترل میزان موجودی سیلوهای کربن با استفاده از سنسور آلتراسونیک جهت کاهش بروز خطا در فرآیند تغذیه بنبوری‌ها فاز ۱ ناحیه ۱ کارخانه لاستیک بارز

نویسندگان: سیدعلی ثمره طاهری نسب

سمت و محل کار نویسندگان : کارشناس مسئول تعمیرات برق و کنترل – کارخانه لاستیک بارز



بحث و نتیجه‌گیری

پیاپی سازی سیستم اندازه‌گیری سطح با استفاده از سنسورهای آلتراسونیک در سیلوهای کربن بنبوری‌های فاز یک، منجر به بهبود قابل‌توجه در کنترل موجودی مواد و کاهش خطاهای اپراتوری شد.



۲- الف



۱-ب



۱-الف

شکل ۱ – مقایسه دو نوع سیستم اندازه‌گیری سطح در سیلوهای کربن: (الف) سنسور لول دیجیتال مدل CAMlogic PFG-05 مورد استفاده پیشین – (ب) سنسور آلتراسونیک سری UCS3 نصب‌شده جدید برای اندازه‌گیری پیوسته سطح مواد

به‌طور کلی، این اقدام در راستای دیجیتالی‌سازی فرآیند تغذیه مواد در بنبوری‌ها و حرکت به سوی اتوماسیون هوشمند در صنعت لاستیک ارزیابی می‌شود. در بخش‌های بعدی مقاله، جزئیات نصب، تنظیم و عملکرد سنسورهای آلتراسونیک، داده‌های جمع‌آوری‌شده از فرآیند و تحلیل اثرات آن بر کاهش خطا و افزایش کیفیت فرآیند ارائه خواهد شد. [۱-۵]

بخش تجربی

به‌منظور بررسی عملکرد عملی سیستم اندازه‌گیری سطح مواد در سیلوهای کربن، ابتدا طراحی و نصب سنسورهای آلتراسونیک بر روی هشت سیلوی مربوط به بنبوری‌های A و C انجام شد. هر سیلو دارای ارتفاع تقریبی ۵.۵ متر و قطر داخلی ۲.۲ متر است. هدف از این بخش، ارزیابی دقت اندازه‌گیری، پایداری عملکرد، و میزان تأثیر این سیستم در بهبود کنترل تغذیه مواد بود.

همان‌گونه که در شکل (۲-الف) مشاهده می‌شود، سنسور آلتراسونیک در بالاترین نقطه سیلو، در قسمت مرکزی درپوش نصب گردید تا بتواند به‌صورت عمود بر سطح مواد، امواج فراصوت را ارسال و بازتاب آن را دریافت نماید. این موقعیت نصب، به‌عنوان نقطه مرجع اندازه‌گیری انتخاب شد تا کمترین خطا در قرائت سطح واقعی حاصل گردد. در این حالت، سنسور قادر است فاصله خود تا سطح مواد را اندازه‌گیری کرده و بر اساس طول سیلو، میزان پر بودن آن را برحسب درصد یا ارتفاع (متر) محاسبه نماید. برای جلوگیری از اثرات گردوغبار دوده و نوسانات دمایی داخل سیلو، از مدل‌های دارای جبران دمای خودکار (Auto Temperature Compensation) استفاده شد که قابلیت فیلتر کردن نویز و تصحیح سرعت صوت بر اساس دما را دارا هستند. همچنین برای محافظت در برابر آلودگی محیطی، از محافظ‌های فلنجی با درزگیر سیلیکونی بهره گرفته شد.

سیگنال خروجی هر سنسور به صورت آنالوگ ۲۰-۴ میلی‌آمپر به ورودی‌های مازول آنالوگ PLC (مدل Siemens S7-300 SM331 AI 8×12 Bit) متصل گردید. سپس داده‌های دریافتی در برنامه PLC مقیاس‌گذاری (Scaling) شده و با استفاده از بلوک‌های محاسباتی، درصد پر بودن هر سیلو به دست آمد. این داده‌ها در نهایت به سیستم مانیتورینگ مرکزی (HMI) منتقل شدند تا اپراتور بتواند به‌صورت لحظه‌ای وضعیت هر سیلو را مشاهده نماید.

در شکل (۲-ب) تصویر صفحه مانیتورینگ سیستم نمایش داده شده است. همان‌گونه که در این تصویر مشخص است، وضعیت هشت سیلوی کربن در قالب یک نمای گرافیکی واضح نمایش داده شده است؛ در کنار هر سیلو، مقدار سطح مواد به‌صورت نسبتی از مقدار max تعریف شده برای لول نشان داده می‌شود. در طول دوره آزمایشی سه‌ماهه، عملکرد سنسورها به‌طور مستمر تحت نظارت بود. داده‌های به‌دست‌آمده از سیستم آلتراسونیک با اندازه‌گیری‌های دستی اپراتورها مقایسه شد. نتایج نشان داد که میانگین خطای اندازه‌گیری کمتر از ۲٪ است و سیستم در برابر نوسانات دما و گردوغبار عملکرد پایدار و دقیقی دارد. علاوه بر آن، ثبت داده‌های سطح مواد به‌صورت پیوسته امکان تحلیل مصرف روزانه و مدیریت بهینه شارژ مواد را فراهم کرد.

چکیده

در فرآیند تولید لاستیک، کنترل دقیق میزان مواد اولیه نقش کلیدی در کیفیت نهایی کامپاند و پایداری فرآیند دارد. یکی از چالش‌های اصلی در سیستم تغذیه بنبوری‌ها، عدم اطلاع دقیق از میزان موجودی سیلوهای کربن و خطا در انتخاب سیلو توسط اپراتور است که منجر به اختلاط اشتباه انواع مختلف کربن، بروز خطاهای فرآیندی و در نهایت تولید مواد معیوب (DX) می‌گردد.

در این پژوهش، با هدف کاهش خطاهای انسانی و افزایش دقت در مدیریت مواد، از سنسورهای آلتراسونیک سری UCS3 ساخت شرکت پنگان الکترونیک برای اندازه‌گیری سطح مواد در هشت سیلوی کربن مربوط به بنبوری‌های A و C در فاز ۱ ناحیه ۱ استفاده شد. این سنسورها با استفاده از امواج فراصوت، فاصله تا سطح مواد را بدون تماس مستقیم اندازه‌گیری کرده و اطلاعات را به صورت آنالوگ به سیستم کنترلی منتقل می‌نمایند. نتایج حاصل از نصب و راه‌اندازی این سیستم نشان داد که خطاهای ناشی از انتخاب نادرست سیلوها به طور کامل حذف شد، دقت موجودی مواد در سیستم تغذیه افزایش یافت، و پایداری فرآیند اختلاط بهبود چشمگیری پیدا کرد. از آنجا که این سیستم غیرتماسی و بدون نیاز به نگهداری دوره‌ای است، می‌تواند به عنوان یک راهکار نوآورانه و پایدار برای دیجیتالی‌سازی فرآیند تغذیه بنبوری‌ها در صنعت لاستیک معرفی شود.

مقدمه

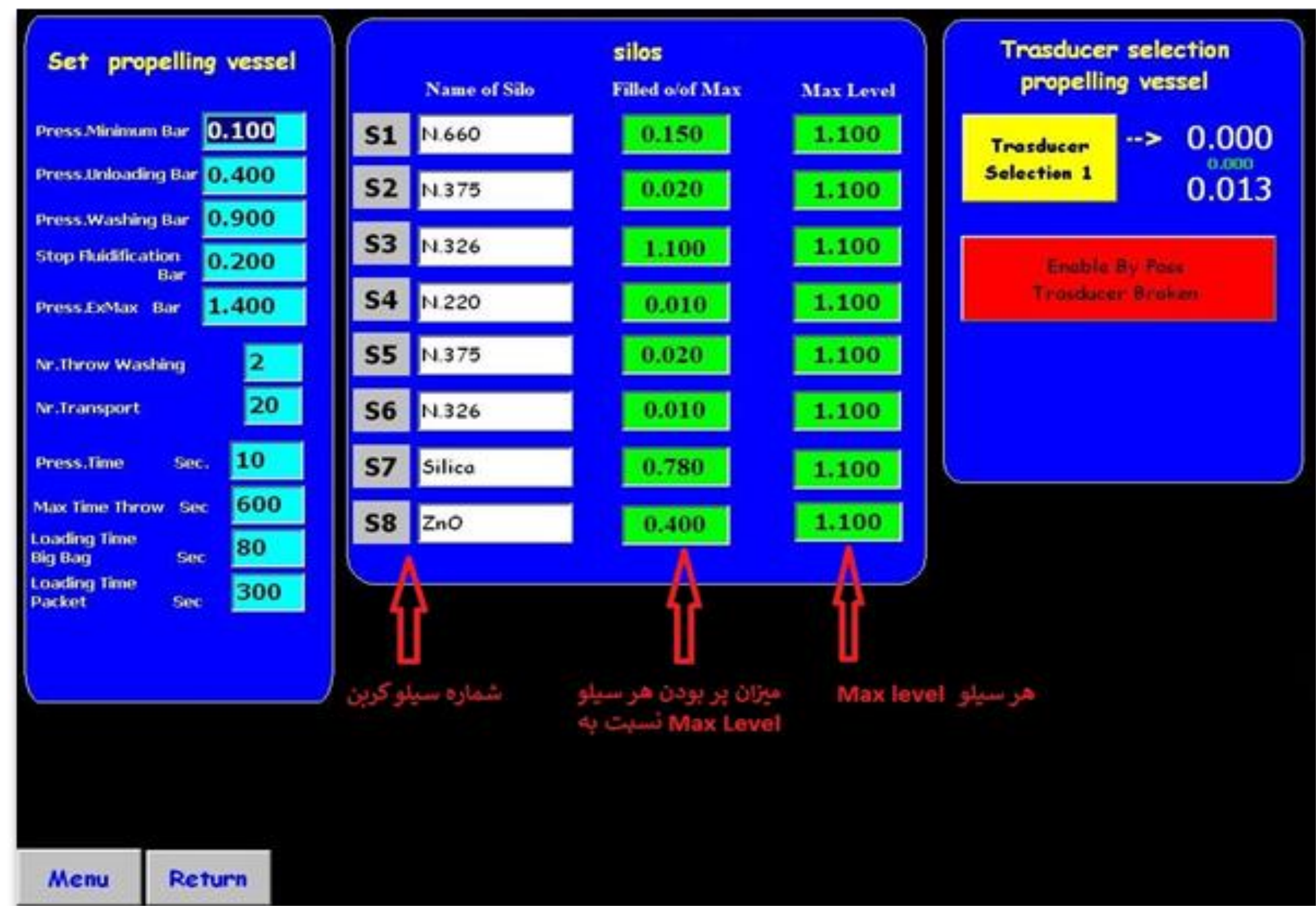
در فرآیند تولید کامپاندهای لاستیکی، سیستم تغذیه بنبوری نقشی حیاتی در تضمین کیفیت، یکپارچگی و تکرارپذیری ترکیب مواد ایفا می‌کند. یکی از مواد اولیه کلیدی در این فرآیند، دوده یا کربن بلک (Carbon Black) است که معمولاً در سیلوهای ذخیره‌سازی مجزا نگهداری و از طریق سیستم‌های انتقال به قیف‌های تغذیه بنبوری هدایت می‌شود. کنترل دقیق میزان موجودی این سیلوها از اهمیت بالایی برخوردار است؛ چرا که خطا در تشخیص میزان پر یا خالی بودن سیلوها می‌تواند منجر به انتخاب اشتباه سیلو توسط اپراتور، شارژ دو نوع متفاوت از دوده در یک سیلو و در نهایت تولید کامپاندهای معیوب گردد.

در کارخانه لاستیک بارز و به‌ویژه در فاز ۱ ناحیه ۱ (بنبوری‌ها)، پیش از اجرای طرح حاضر، سیستم اندازه‌گیری سطح مواد در سیلوهای کربن صرفاً متکی بر لول‌های دیجیتالی مدل CAMlogic PFG-05 V.110/220 Level Gauge Sensor UMP 50/60Hz بوده است. این لول‌ها که در شکل (الف) نمایش داده شده‌اند، تنها قادر به نمایش وضعیت پر بودن یا نبودن سیلو به صورت دو حالت (On/Off) بوده و هیچ اطلاعاتی از میزان دقیق مواد باقی‌مانده در اختیار اپراتور قرار نمی‌دادند. به همین دلیل، در بسیاری از موارد، اپراتور با تصور خالی بودن سیلو اقدام به شارژ کربن جدید می‌کرد؛ در حالی که هنوز مقداری از دوده قبلی در سیلو باقی مانده بود. این موضوع نه تنها منجر به اختلاط ناخواسته مواد با نوع متفاوت می‌گردید، بلکه باعث بروز تغییرات نامطلوب در ویژگی‌های کامپاند نهایی، ایجاد DX در کنترل کیفیت و افزایش ضایعات تولیدی نیز می‌شد.

برای رفع این مشکل، در این پژوهش اقدام به نصب و راه‌اندازی سنسورهای آلتراسونیک سطح (Ultrasonic Level Meter) در هشت سیلوی کربن متعلق به بنبوری A و C شد. این سنسورها از سری UCS3 ساخت شرکت پنگان الکترونیک بوده و از فناوری اندازه‌گیری غیرتماسی بر اساس امواج فراصوت بهره می‌برند. در شکل (ب) نمونه‌ای از سنسورهای آلتراسونیک نصب‌شده بر روی سیلوها نمایش داده شده است.

این سنسور با انتشار امواج صوتی فراصوت از فرستنده و دریافت بازتاب آن از سطح مواد، فاصله تا سطح را محاسبه کرده و به کمک سنسور دمای داخلی خود، تصحیح خودکار سرعت صوت در شرایط محیطی مختلف را انجام می‌دهد. در نتیجه، اندازه‌گیری دقیق و پیوسته سطح مواد داخل سیلو بدون نیاز به تماس فیزیکی با ماده فراهم می‌شود. خروجی این سنسورها به صورت سیگنال آنالوگ و دیجیتال در دسترس بوده و به سیستم کنترل مرکزی ارسال می‌شود تا اپراتور بتواند میزان دقیق موجودی هر سیلو را در زمان واقعی مشاهده کند.

پیاپی سازی این سامانه نه تنها امکان پایش لحظه‌ای و دقیق سطح مواد را فراهم کرد، بلکه به شکل مؤثری از بروز خطاهای انسانی در انتخاب سیلوها جلوگیری نمود. علاوه بر این، با توجه به ماهیت غیرتماسی سنسورهای آلتراسونیک، نیاز به تعمیر و نگهداری دوره‌ای کاهش یافته و پایداری سیستم تغذیه مواد بنبوری‌ها افزایش چشمگیری یافت.



۲-ب

نتایج بهره‌برداری نشان داد که دقت اندازه‌گیری سطح بالای ۹۸٪ است و سیستم در شرایط محیطی متغیر عملکردی پایدار دارد. همچنین، دسترسی بلادرنگ به اطلاعات از طریق مانیتورینگ مرکزی باعث افزایش هماهنگی بین اپراتورها و واحد کنترل تولید گردید.

به طور کلی، این پروژه نمونه‌ای موفق از به‌کارگیری فناوری‌های هوشمند در بهینه‌سازی فرآیندهای سنتی تولید لاستیک است و می‌تواند به عنوان الگویی مناسب برای سایر واحدهای انتقال و ذخیره مواد در خطوط بنبوری مورد استفاده قرار گیرد.