طراحی و ساخت یک سیستم هیدرولیک آزمایشگاهی قابل برنامه ریزی با PIC برای ارزیابی ادوات کشاورزی

سید رحمن داوری[1]، صادق افضلی نیا[2]، مجید علی نژاد[3]، سید محمد رضا خادم[3]

[1]دانشگاه آزاد اسلامی واحد نیریز، گروه مکانیک، نیریز، ایران و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اقلید.

[2]بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس، زرقان، ایران

[3]دانشگاه آزاد اسلامی واحد اقلید، گروه مکانیک، اقلید، ایران.

Rahmandavary@yahoo.com

چکیده

یک واحد هیدرولیکی برای آزمون سامانه های هیدرولیک ماشین های راه سازی، ماشین های کشاورزی و اتوماتیک کردن سیستم‌های هیدرولیک کارخانجات با سه حالت دستی، برقی و قابل برنامه ریزی طراحی و ساخته شد. از روشهای کنترل برنامه نویسی منطقی (PLC) که در صنعت و بویژه کارخانجات تولیدی کاربرد زیادی دارند، برای خودکار کردن این تجهیزا ت استفاده گردید. برای ساخت این سیستم هیدرولیک، ابتدا مشخصات سیستم مشخص گردید و سپس با استفاده از برنامه Automation Studio سیستم هیدرولیک طراحی شد و قسمت هیدرولیکی با قسمت الکتریکی هماهنگ گردید تا سیستم هیدرولیک با کمک PLC به یک سیستم مجهز و قابل اجراء با تمامی برنامه ها تبدیل گردد. سیستم طراحی شده در یک محیط شبیه سازی شده مورد آزمایش قرار گرفت و پس از موفقیت آمیز بودن طراحی، سیستم هیدرولیک ساخته شد. سپس برنامه ای که باید توسط سیستم هیدرولیک اجراء شود، با نرم افزار LOGO نوشته شد و وارد PLC گردید و در نهایت قسمت هیدرولیکی مورد آزمایش قرار گرفت. در مدار هیدرولیکی این سیستم، روغن توسط پمپ از مخزن کشیده شده و پس از تصفیه توسط فیلتر وارد شیر تنظیم فشار می شد . درون این شیر، فشار روغن در حد نرمال تنظیم شده تا فشار بیش از حد موجب آسیب رساندن به سیستم نگردد . پس از نما یش فشار سیستم توسط فشار سنج، روغن وارد شیرهای 4/3 می‌شد تا هر کدام از شیرها که تحریک شد روغن را به سیلندر متصل به خود بفرستد که از این طریق سیلندرها به سمت جلو و عقب حرکت کنند. این سیستم دارای سه جک عملگر بود که به صورت تک تک یا همزمان قابل به کار گرفته بودند.این دستگاه برای حالت‌های دستگاه خم کاری، دستگاه استامپ زن و دستگاه سوارخ کاری شبیه سازی و دقت عملگرها مورد ارزیابی قرار گرفت. آزمون‌های انجام شده نشان داد که با استفاده از روش دستی، برقی و PLC می‌توان از هر سه جک دستگاهی که حداکثر دارای سه عملگر هیدرولیکی باشد با هر ترتیب زمانی استفاده کرد. همچنین نتایج آزمون های انجام شده برای بررسی دقت سیستم ساخته شده نشان داد که خطای این سیستم کمتر از میزان خطای مجاز است و هر مقدار وزن روی سیستم هیدرولیک بیشتر باشد، دقت سیستم کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: برنامه LOGO، PLC، برنامه Automation Studio، واحد هیدرولیکی.

مقدمه

مایعات تقریباً تراکم ناپذیر هستند . این ویژگی سبب شده است که از مایعات برای تبدیل و انتقال انرژی استفاده شود. بنابراین می‌توان از آنها برای طراحی ماشین هایی که در عین سادگی با نیروی محرکه خیلی کم بتواند نیروی مقاوم فوق العاده زیادی را جابجا نماید استفاده نمود . امروزه در بسیاری از فرآیندهای صنعتی، انتقال قدرت به صورت کم هزینه و با دقت زیاد مورد نظر است . در همین راستا بکارگیری سیال تحت فشار در انتقال و کنترل

قدرت در تمام شاخه های صنعت رو به گسترش است . کاربرد سیستم های هیدرولیک عمدتاً در مواردی است که قدرتهای بالا و سرعت های کنترل شده دقیق مورد نظر باشد)فلاحی و همکاران، 1385). یوسن و همکاران (2009) استفاده از سیستم کنترل الکترو هیدرولیکی را در صنعت استخراج زغال سنگ از معدن مورد بررسی قرار دادند. هوی و جینگ (2010) یک سیستم دو راهه هیدرولیکی موازی را جهت باز تولید و استفاده دوباره از نیروی ترمز در لودرهای متداول را طراحی نمودند . نتایج تحلیلی و تجربی در این تحقیق نشان داد که این سیستم می تواند به طور موثر انرژی ترمز را بازیابی نموده و دوباره استفاده ک ند ، راندمان کاری لودر را بهبود بخشد ومصرف سوخت را به طور موثر کاهش دهد . یانگ و همکاران (2010)، یک سیستم کنترل کننده را برای یک سیستم هیدرولیک دارای 6 درجه آزادی طراحی نمودند . نتایج تجزیه و تحلیل های تئوری و آزمایشات عملی این سیستم نشان داد که کنترل کننده می تواند کارائی کنترل را بهبود بخشد و خطاهای حالت پایدار سیستم هیدرولیک دارای 6 درجه آزادی را از بین ببرد . هدف از انجام این تحقیق طراحی و ساخت یک سیستم هیدرولیک آزمایشگاهی قابل برنامه ریزی با PIC برای ارزیابی ادوات کشاورزی بود.

مواد و روشها

در این تحقیق یک سیستم هیدرولیک با قابلیت برنامه ریزی با پی ال سی طراح ی و ساخته شد که با آن می توان سیستم های هیدرولیک را قبل از نصب بر روی ادوات کشاورزی یا برنامه اتوماتیک کردن کارخانجات را روی این سیستم قبل از نصب در کارخانه آزمایش کرد . این سیستم از سه واحد هیدرو لیکی، مکانیکی و الکتریکی ساخته شد که هر واحد خود از بخش های مختلف به شرح ذیل تشکیل شده است:

1- واحد هیدرولیکی

اجزاء سیستم هیدرولیک عبارت بودند از پمپ، الکتروموتور، شیر فشار شکن، شیر 4 پورته 3 وضعیته، شرلنگ ها، مخزن، فیلتر و سیلندر . پس از مشخص نمود ن اجزاء سیستم، سامانه توسط برنامه Automation studiدر یک محیط شبیه سازی مورد آزمایش قرار گرفت و پس از اطمینان از موفقیت آمیز بودن کارائی آن، واحد هیدرولیک ساخته شد. با توجه به اینکه مقدار فشار سیستم های هیدرولیک در ماشین های کشا ورزی بین 150 - 100 اتمسفر می باشد، در این سیستم حداکثر فشار کا ری 120 اتمسفر در نظر گرفته شد و پمپی انتخاب گردید که بتواند این فشار را تأمین نماید . با توجه به فشار کاری 120 اتمسفر و ماکزیمم بار روی سیستم که 1500 کیلوگرم در نظر گرفته شد ، سطح مقطع داخلی سیلندر 12/5 سانتی‌متر مربع محاسبه گردید و در نتیجه قطر سیلندر مورد نیاز این سیستم 4 سانتی‌متر بدست آمد. با توجه به اینکه سرعت حرکت سیلندر 5 سانتی‌متر در ثانیه در نظر گرفته شد و قطر سیلندر هم 4 سانتی‌متر، دبی پمپ از رابطه زیر محاسبه گردید:

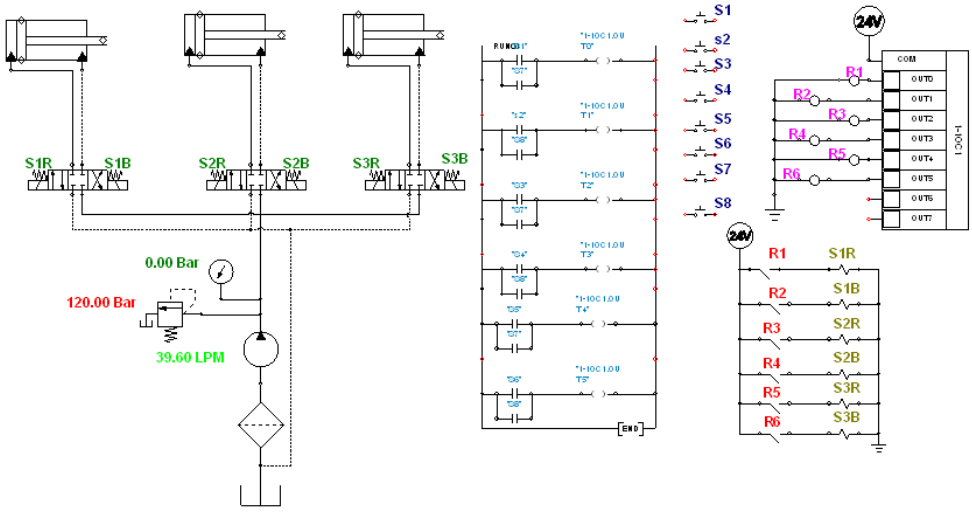
$$Q = 0.047 \times V \times D^2 \quad (1)$$

که در این رابطه Q دبی بر حسب لیتر بر دقیقه و V سرعت برحسب سانتی متر برثانیه و D قطر سیلندر برحسب سانتی متر می باشد . با استفاده از فرمول فوق، دبی 3/76 لیتر بر دقیقه برای پمپ بدست آمد که جهت افزایش ضریب اطمینان، مقدار 10 درصد به دبی محاسبه شده اضافه گردید و دبی نهایی 4/2 لیتر بر دقیقه در نظر کرفته شد. با توجه به معلوم بودن دبی (4/2 لیتر بر دقیقه) و فشار (120 اتمسفر)، توان مورد نیاز الکترو موتور از رابطه (2) محاسبه گردید:

$$P = 0.002 \times Q \times p \quad (2)$$

که در این رابطه P توان الکترو موتور بر حسب کیلو وات، Q دبی بر حسب لیتر بر دقیقه و p فشار بر حسب بار می‌باشد. با استفاده از این فرمول، مقدار توان الکتوموتور، 1 کیلو وات بدست آمد که با استفاده از جدول ، الکتروموتور با توان 1/1 کیلو وات انتخاب گردید.

همانگونه که در (شکل1) دیده می شود، سیستم هیدرولیک با استفاده از نرم افزار Automation studio طراحی گردید که در این سیستم روغن توسط پمپ از مخزن کشیده شده و پس از تصفیه شدن توسط فیلتر وارد شیر تنظیم فشار می‌شود. درون این شیر فشار روغن در حد نرمال تنظیم می‌شود تا فشار بیش از حد موجب آسیب رساندن به سیستم نشود . پس از نمایش فشار سیستم توسط فشار سنج، روغن وارد شیرهای 4/3 می‌شود تا هر کدام از شیرها که تحریک شد روغن را به سیلندر متصل به خود بفرستد که از این طریق سیلند رها به سمت جلو و عقب حرکت کنند . پس از طراحی واحد هیدرولیک با استفاده از نرم افزار Automation studio ، این واحد ساخته شد (شکل 2).



شکل 1- طراحی سیستم هیدرولیک با برنامه Automation studio

شکل 2- اجزاء سیستم هیدرولیک بیرون از مخزن(راست) و اجزاء سیستم هیدرولیک داخل مخزن (چپ)

با توجه به اینکه سرعت پیشروی جک ها ثابت و به میزان 5 سانتیمتر در ثانیه طراحی شده بود، بنابراین جک بکار رفته در سیستم باید در مدت زمان مشخص، مسافت معینی را طی می نمود. این سیستم در مدت زمان 3 ثانیه با وزن های 0 ،100، 200، 300، 400 و500 کیلو گرم مورد آزمایش قرار گرفت به این صورت که وزنه‌های مختلف روی جک قرار داده شد و جک را تحریک گردید تا وزنه روی شاسی را بالا ببرد . بعد از 3 ثانیه جک خاموش گردید و مسافتی که جک طی کرده بود با استفاده از کولیس اندازه گیری شد تا دقت سیستم تحت بارهای مختلف محاسبه گردد. جهت تعیین دقت پمپ بکار رفته در این سیستم، خروجی پمپ به شیر مادر باز گردید و به مدت یک دقیقه میزان روغن خارج شده از پمپ اندازه گیری شد و سپس با استفاده از فرمول زیر، دقت پمپ محاسبه گردید:

$$e = \frac{Q_t - Q_e}{Q_t} \quad (3)$$

که در این فرمول، e خطای پمپ بر حسب درصد، Q_t دبی اسمی پمپ بر حسب لیتر بر دقیقه و Q_e دبی اندازه گیری شده بر حسب لیتر بر دقیقه می باشد. جهت ساخت شاسی پایه چهار پروفیل 3*5 به فاصله 70 سانتی متر از پایین به هم جوش داده شد . شاسی در قسمت پایین بوسیله دو عدد تسمه از دو طرف به هم متصل شد که در وسط آن 4 عدد سوراخ ایجاد گردید تا سیلندر عمودی روی آن قرار گرفته و بتواند مجموعه شاسی واحد را بالا و پایین کند . در قسمت بالای شاسی واحد دو جک افقی قرار داده شد تا هر کدام صفحه ای مجزا را جلو و عقب کنند (شکل 3).

شکل 3 - شاسی واحد و پایه

2- نصب و راه اندازی سیستم الکتریکی

برای اینکه شیر 4/3، شیر مادر، الکترو موتور، پمپ ، PLC و هر سه جک با تحریک کلید کار کنند، از سیستم الکتریکی استفاده شده است)شکل 4). پس از وصل نمودن ماژول به plc، برنامه ای که plc باید اجراء کند با برنامه logo نوشته شد، وارد plc گردید و با نصب بر روی جعبه برق سیستم ، مورد آزمایش گرفت. برنامه ای نوشته شد که با کلید 1 جک 1، بکلید 3 جک 2 و با کلید 5 جک 3 به سمت جلو حرکت کند. همچنین با فعال کردن کلید 2 جک 1، با کلید 4 جک 2 و با کلید 6 جک 3 به سمت عقب حرکت کند. با فعال نمودن کلید 7 هر سه جک به طور همزمان به سمت جلو و با زدن کلید 8 هر سه جک به طور همزمان به سمت عقب حرکت می‌کنند.

شکل 4 - قسمت الکتریکی سیستم

نتایج و بحث

نتایج دقت سیستم هیدرولیک طراحی شده در جدول 1 ارائه شده است. نتایج این آزمون نشان داد که کمترین میزان خطای جک در طی کورس 15 سانتیمتری (0/66 درصد) در حالتی بود که هیچگونه باری روی سیستم وجود نداشت و با افزایش بار روی جک، میزان خطا نیز افزایش یافت . بنابراین بیشترین میزان خطا (4/6 درصد) زمانی اتفاق افتاد که جک سیستم تحت بار 500 کیلو گرمی قرار گرفت. سیستم هیدرولیک طراحی شده دارای دقت مناسبی بود زیرا در حالتی که تحت ماکزیمم بار قرار می گرفت نیز خطای آن کمتر از 5٪ بود.

جدول 1- خطای سیستم هیدرولیک در وزن های مختلف روی جک

خطای دستگاه (٪)	مسافت طی شده در 3 ثانیه (cm)	وزن های مختلف (kg)
0/66	14/9	0
1/0	14/85	100
2/0	14/7	200
2/9	14/56	300
3/5	14/47	400
4/6	14/3	500

نتایج بررسی دقت پمپ هیدرولیک انتخاب شده نشان داد که میزان خطای دبی پمپ 4/2 درصد می باشد. این مقدار خطا که بر اثر افت فشار و افت دبی اتفاق می افتد، در مقایسه با خطای مجاز (10 درصد) خطای قابل قبولی محسوب می‌گردد.

نتیجه گیری

نتایج این تحقیق نشان داد که:

1 - سیستم‌های هیدرولیکی با استفاده از plc قابل تبدیل به یک سیستم اتوماتیک می‌باشند.

2 - خطای سیستم هیدرولیک ساخته شده کمتر از میزان خطای مجاز بود.

3 - خطای سیستم با افزایش وزن روی سیستم هیدرولیک افزایش یافت.

قدردانی

از آقایان مهندس مسعود صفایی و مهندس ناصر امیری که بنده را در اجرای این تحقیق یاری نمودند، کمال تشکر و قدردانی می گردد.

منابع

1. فلاحی دهکی، ح. حامدی، ح. کشاورز با حقیقت، ع ر .(1385). هیدرولیک و پنوماتیک صنعتی. انتشارات سها دانش.

2. Hui, S., Junqing, J. (2010). Research on the system configuration and energy control strategy for parallel hydraulic hybrid loader, Automation in construction. vol.19, no. 213-220 .

3. Yang, C. H., Huang, Q., Jiang, H., Peter, O., Han, J. (2010). Pd control with gravity compensation for hydraulic 6-dof parallel manipulator, mechanism and machine theory, vol. 45,PP. 666-677.

4. Yuesen, Y., Peng, D., Yajun, X., Liming, P., Xiaojie, W. (2009). Research on electro- hydraulic control system for hydraulic support at coal mine, Procedia earth and planetary science , vol.1, PP. 1549-1553.