



دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

گروه کنترل و سیستم

آزمایشگاه ابزار دقیق

لطفاً برای صرفه‌جویی در مصرف کاغذ، این دستور کار را به صورت دو رو چاپ کنید.

سامانه هیدرولیکی

تعداد جلسات: ۲

پیش‌نیاز:

- ✓ مدار فرمان
- ✓ سیمولینک
- ✓ جعبه ابزار Real Time
- ✓ ارتباط با کارت I/O



سامانه‌های هیدرولیکی از موارد پر استفاده در صنعت برای کنترل و اعمال فرمان به فرایندهای گوناگون می‌باشند. عناصر اصلی در این سیستم‌ها شامل پمپ هیدرولیکی، شیرهای کنترل جریان سیال، حسگرهای فشار و دبی سیال می‌باشند. در این آزمایش ابتدا توضیحات مختصری در مورد سیستم‌های هیدرولیکی و مدارات فرمان آنها ارائه شده، سپس کارت I/O و نحوه ارتباط و تنظیم آن در نرم‌افزار متلب معرفی می‌شود. کارت I/O برای انتقال سیگنال‌های اندازه‌گیری شده فرایند به نرم‌افزار و اعمال فرمان‌ها از نرم‌افزار به محرک‌های الکتریکی موجود در فرایند استفاده خواهد شد. در انتها کنترل‌کننده‌ای برای کنترل سرعت هیدروموتور طراحی می‌شود و توسط نرم‌افزار متلب و از طریق کارت I/O و مدارات جانبی به فرایند به اعمال می‌شود.

آخرین به روز رسانی: ۲۰ بهمن ۱۳۹۱

K. N. Toosi University of Technology
Instrumentation Lab

<http://saba.kntu.ac.ir/eecd/instlab>

فهرست مطالب

۱	فهرست مطالب
۲	بخش ۱- آشنایی با سامانه هیدرولیکی
۲	۱-۱- قسمت هیدرولیکی
۲	۱-۱-۱- شیر سرو
۳	۱-۱-۲- هیدروموتور
۴	۲-۱- قسمت مدار فرمان (الکتریکی)
۴	۱-۲-۱- مدار چپرو و راسترو با کلید
۴	۲-۲-۱- مدار چپرو و راسترو با رله
۵	۳-۲-۱- مدار چپرو و راسترو خودکار با رله و Limit Switch
۶	بخش ۲- کنترل سرعت هیدروموتور از طریق کارت I/O
۶	۱-۱-۲- کارت I/O مدل PCI 1711
۷	۲-۱-۲- تنظیم سرعت هیدروموتور با کنترل کننده و مدار راه انداز مناسب

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

بخش ۱ - آشنایی با سامانه هیدرولیکی

در این آزمایش ابتدا قسمت‌هایی از یک سامانه هیدرولیکی معرفی می‌شود، سپس با استفاده از کارت I/O و سیمولینک نرم افزار متلب یک کنترل کننده سرعت برای هیدروموتور طراحی و پیاده‌سازی می‌شود.

سامانه هیدرولیکی موجود در آزمایشگاه دارای قسمت‌های زیر می‌باشد:

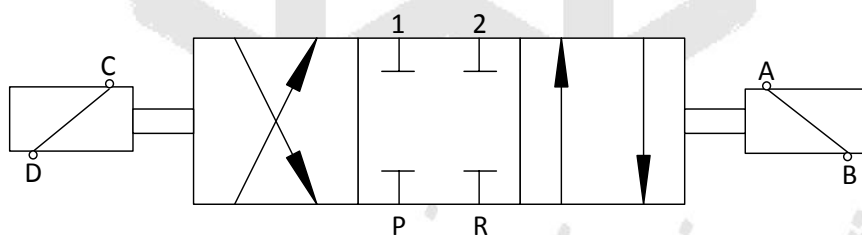
۱. **قسمت هیدرولیکی:** شامل پمپ روغن، شیر سرو^۱، هیدروموتور^۲، سیلندر هیدرولیکی^۳، دبی‌سنج^۴ و فشارسنج^۵.
۲. **قسمت مدار فرمان (الکتریکی):** شامل کلید^۶ و شاسی^۷ دو وضعیتی، رله^۸، تایمر، حسگر و نمایشگر LVDT^۹، حسگر و نمایشگر تاکومتر^{۱۰} و کارت I/O.

۱-۱- قسمت هیدرولیکی

پمپ موجود در این سیستم توانایی پمپاژ روغن تا 1000 PSI ^{۱۱} را دارد که در این آزمایش با فشار 600 PSI سر و کار خواهیم داشت. خروجی پمپ ابتدا به یک شیر سرو متصل می‌شود که توسط آن بتوان جهت حرکت هیدروموتور و سیلندر هیدرولیکی را عوض کرد. هیدروموتور و یا سیلندر هیدرولیکی بعد از شیر سرو قرار می‌گیرند و در نهایت روغن از یک دبی‌سنج عبور کرده و بار دیگر به مخزن می‌ریزد.

۱-۱-۱- شیر سرو

نماد یک شیر سرو به صورت شکل ۱ می‌باشد. در شکل ۲ نیز یک شیر سرو که به یک هیدروموتور متصل می‌باشد، نشان داده شده است.



وضعیت ۱ وضعیت ۲ وضعیت ۳

شکل ۱: نماد یک شیر سرو

¹ (Electro-hydraulic) Servo Valve

² Hydro Motor

³ Hydraulic Cylinder

⁴ Flow meter

⁵ Pressure Gauge

⁶ Switch

⁷ Button

⁸ Relay

⁹ Linear Variable Differential Transformer

¹⁰ Tachometer

¹¹ Pound-force per Square Inch

با توجه به شکل ۱، وضعیت شیر سرو توسط دو زوج سیگنال تعیین می‌شود که به صورت زیر قابل بیان می‌باشند:

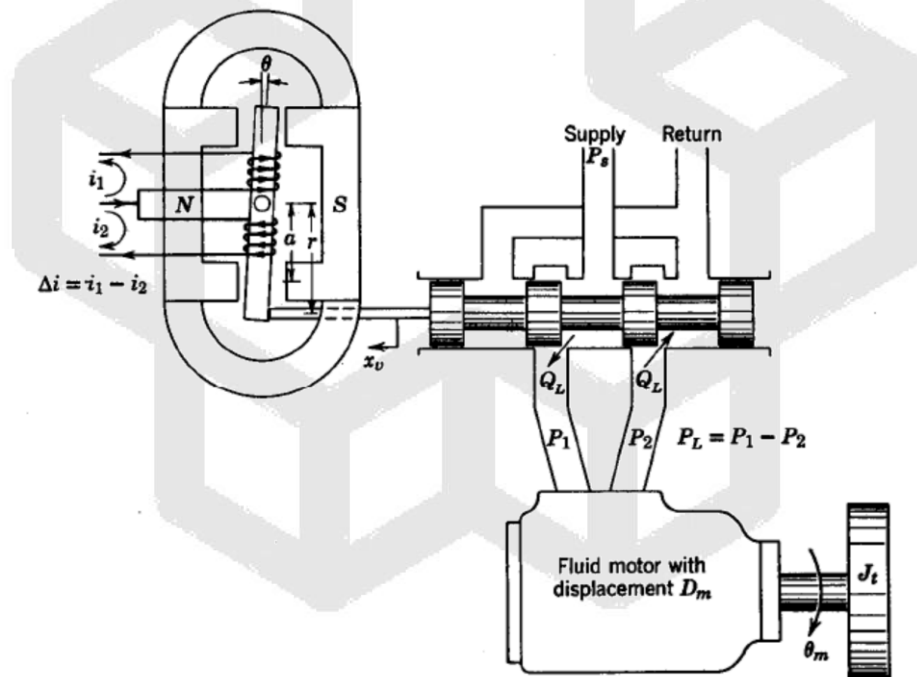
وضعیت ۱: با اعمال ولتاژ به زوج سیگنال A^+, B^- (از ۰ تا ۱۰ ولت) انتخاب می‌شود. به ازای صفر ولت شیر کاملاً بسته بوده و به ازای ۱۰ ولت کاملاً باز می‌شود.

وضعیت ۲: با اعمال ولتاژ به زوج سیگنال C^-, D^+ (از ۰ تا ۱۰ ولت) انتخاب می‌شود. به ازای صفر ولت شیر کاملاً بسته بوده و به ازای ۱۰ ولت کاملاً باز می‌شود.

وضعیت ۳: اگر به هیچ یک از زوج سیگنال‌ها ولتاژی اعمال نشود و یا به هر دوی آنها به یک اندازه ولتاژ وارد شود، هر دو مسیر بسته می‌شوند.

۱-۱-۲- هیدروموتور

در شکل ۲ نحوه تغییر جهت چرخش یک هیدروموتور توسط یک شیر سرو نشان داده شده است.



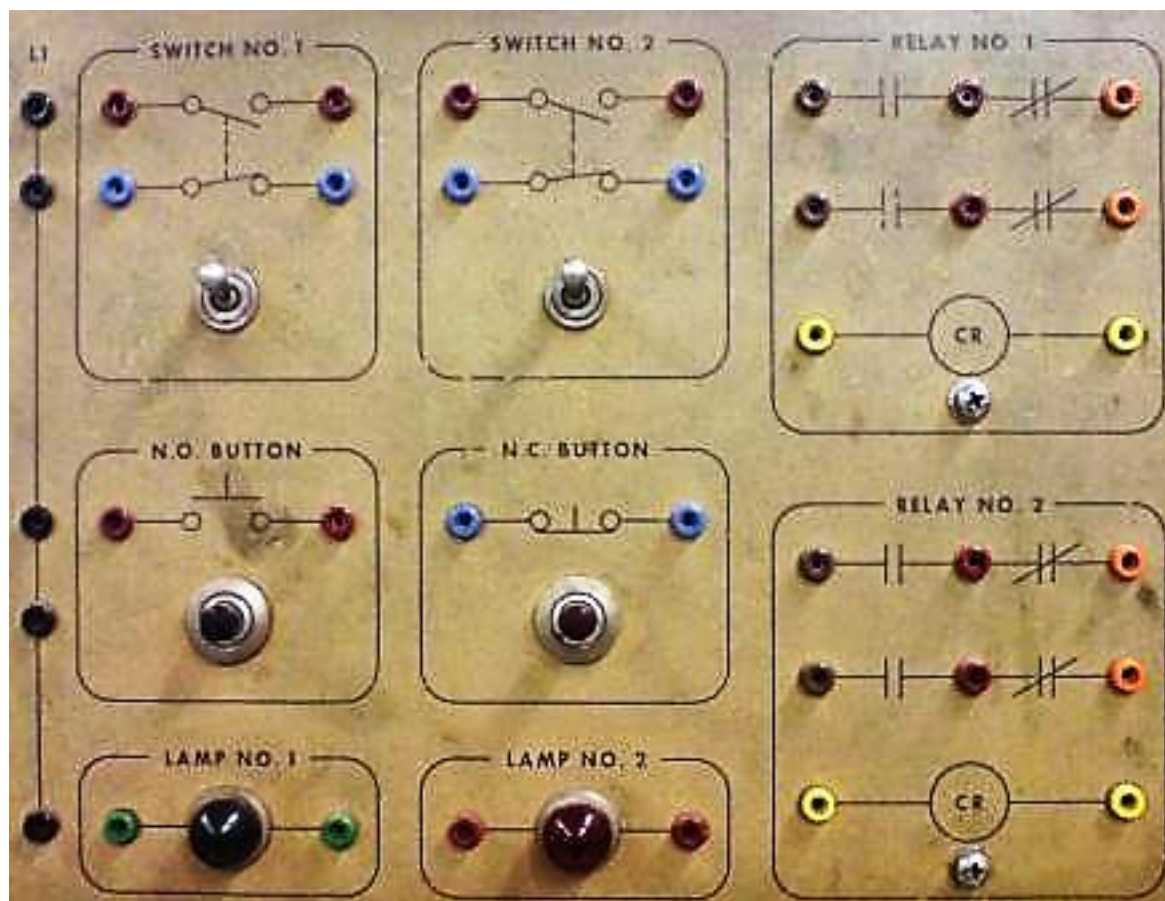
شکل ۲: نحوه کارکرد یک شیر سرو

پرسش ۱- ولتاژ زوج سیگنال A^+, B^- را طوری تنظیم کنید که سرعت موتور به 200 RPM برسد. ولتاژ زوج سیگنال A^+, B^- را قطع کنید و با یک منبع دیگر، ولتاژ زوج سیگنال C^-, D^+ را طوری تنظیم کنید که سرعت موتور بار دیگر به 200 RPM برسد. اگر همزمان هر دو زوج سیگنال را به منابع ولتاژ وصل کنید (اتصال موازی) چه تغییری در سرعت رخ خواهد داد؟

پرسش ۲- چرا با قطع ولتاژ شیر سرو، هیدروموتور به یکباره متوقف می‌شود و هیچگونه حالت گذاری در متوقف شدن آن دیده نمی‌شود؟

۱-۲- قسمت مدار فرمان (الکتریکی)

این قسمت شامل دو کلید دو وضعیتی، دو شاسی NO و NC و دو رله به همراه تیغه‌های باز و بسته می‌باشد. نمایی از این قسمت در شکل ۳ نشان داده شده است.



شکل ۳: قسمت مدار فرمان

۱-۲-۱- مدار چپ‌رو و راست‌رو با کلید

ابتدا با استفاده از کلیدهای S_1 و S_2 مدار فرمانی طراحی کنید که اهداف زیر حاصل شود:

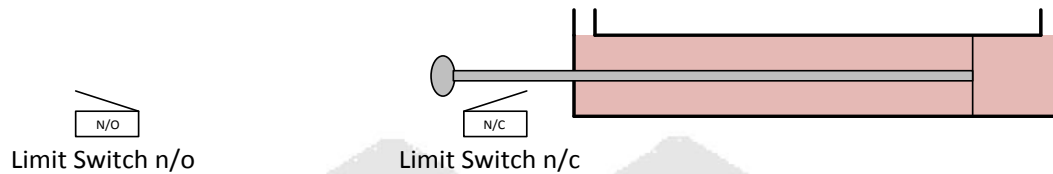
- ۱- با استفاده از کلید S_1 حرکت پیستون متوقف شود.
- ۲- با استفاده از کلید S_2 جهت حرکت پیستون عوض شود.

۱-۲-۲- مدار چپ‌رو و راست‌رو با رله

مدار این قسمت همانند مرحله قبل می‌باشد، فقط به جای کلید S_2 از تیغه‌های NO و NC رله استفاده خواهد شد. سعی کنید در مدار فرمان رله تنها از شاسی‌های NO و NC استفاده نمایید.

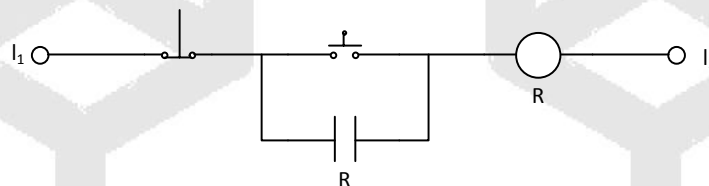
۱-۲-۳- مدار چپرو و راسترو خودکار با رله و Limit Switch

در این قسمت مطابق شکل ۴ از دو Limit Switch که یکی NO و دیگری NC می باشد استفاده خواهد شد تا بتوان امکانی به وجود آورد که حرکت چپ و راست پیستون به صورت خودکار انجام گیرد.



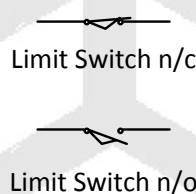
شکل ۴: سیلندر هیدرولیکی به همراه Limit Switch

با استفاده از تیغه های باز و بسته دو Limit Switch که در ابتدا و انتهای مسیر حرکت پیستون واقع شده اند، مدار فرمان شکل ۵ را طوری تغییر دهید که پیستون به طور مرتب به سمت چپ و راست حرکت کند.



شکل ۵: مدار فرمان

توجه - تیغه های باز و بسته Limit Switch به صورت زیر می باشند:



شکل ۶: تیغه های باز و بسته Limit Switch

توجه - به جهت حرکت پیستون در حالت روشن بودن رله، دقت کنید. در این مرحله شاید لازم باشد که جای شلنگ های ورودی و خروجی سیلندر هیدرولیکی را عوض کنید.

دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی

بخش ۲- کنترل سرعت هیدروموتور از طریق کارت I/O

در این قسمت از آزمایش با استفاده از سیگنال دریافتی از تاکومتر، قصد کنترل سرعت هیدروموتور را داریم. خروجی تاکومتر توسط ورودی آنالوگ کارت I/O به نرم افزار منتقل شده و سیگنال کنترلی نیز به وسیله خروجی آنالوگ کارت I/O و از طریق مدار راه انداز به هیدروموتور اعمال می شود.

۲-۱-۱- کارت I/O مدل PCI 1711

کارت I/O مورد استفاده در این آزمایش مدل PCI-1711U ساخت شرکت Advantech می باشد که دارای کانال های ورودی و خروجی برای سیگنال های دیجیتال و آنالوگ می باشد. مشخصات دقیق این کارت در دفترچه راهنمای آن موجود است، در جدول ۱ به طور خلاصه بعضی از مشخصات این کارت آورده شده است.

جدول ۱: مشخصات کارت I/O مدل PCI-1711U

توضیحات	تعداد	-
5 V/TTL	۱۶	ورودی دیجیتال
Sink: 8 mA @ 0.8 V Source: - 0.4 mA @ 2 V 5 V/TTL	۱۶	خروجی دیجیتال
تفکیک پذیری ^۱ : ۱۲ بیت نرخ نمونه برداری: 100 kS/s گستره ^۲ ورودی: $\pm 10, \pm 5, \pm 2.5, \pm 1.25, \pm 0.625$	۱۶	ورودی آنالوگ
تفکیک پذیری: ۱۲ بیت گستره خروجی: 0~5, 0~10 جریان دهی: 3 mA	۲	خروجی آنالوگ

این کارت در رایانه موجود در آزمایشگاه نصب شده است. حال برای کنترل هیدروموتور از طریق کارت I/O بایستی یک بار مراحل زیر را در محیط سیمولینک طی کرد:

۱- باز کردن کتابخانه Real-Time Windows Target:

- اضافه کردن یک بلوک ورودی آنالوگ به محیط سیمولینک
- اضافه کردن دو بلوک خروجی آنالوگ به محیط سیمولینک

¹ Resolution

² Range

۲- تنظیمات بلوک ورودی آنالوگ با دوبار کلیک بر روی آن:

- a. انتخاب مدل PCI-1711U
- b. تنظیم گستره خروجی: 10~10-
- c. انتخاب کانال ۱ با زمان نمونه‌برداری 0.01 ثانیه

۳- تنظیمات بلوک‌های خروجی آنالوگ با دوبار کلیک بر روی آن:

- a. انتخاب مدل PCI-1711U
- b. تنظیم گستره خروجی: 0~10
- c. انتخاب کانال‌های ۱ و ۲ با زمان نمونه‌برداری 0.01 ثانیه

۴- تنظیمات نوار ابزار Simulation:

- a. انتخاب گزینه Configuration Parameters... (یا فشردن Ctrl+E)
- b. تغییر Solver options از Variable-step به Fixed-step
- c. تغییر زمان نمونه‌برداری از حالت auto به 0.01 ثانیه
- d. تغییر Stop time از ۱۰ ثانیه به inf
- e. انتخاب گزینه Real-Time Workshop
- f. انتخاب rtwin.tlc در قسمت System target file و فشردن OK
- g. تغییر مد Normal به مد External در نوار ابزار Simulation

۵- تنظیمات نوار ابزار Tools:

- a. انتخاب گزینه External Mode Control Panel...
- b. انتخاب گزینه Signal & Triggering ...
- c. قرار دادن مقدار قسمت Duration برابر با ۱۰۰۰۰۰۱

۲-۱-۲- تنظیم سرعت هیدروموتور با کنترل‌کننده و مدار راه‌انداز مناسب

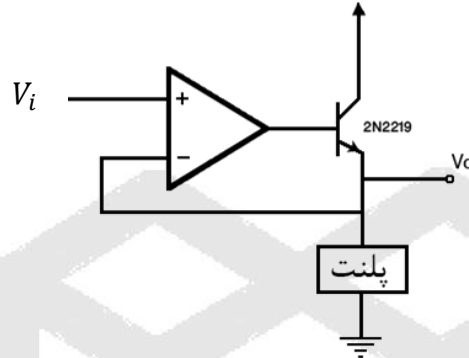
هدف از این بخش کنترل حلقه بسته هیدروموتور بر روی سرعت $\pm 300 \text{ RPM}$ با فاصله زمانی ۱۰ ثانیه می‌باشد، برای نیل به این مقصود مراحل زیر را به ترتیب انجام دهید:

- ۱- یک نمایشگر^۱ به خروجی بلوک ورودی آنالوگ متصل کنید. تیک محدودیت داده‌های ذخیره شده در نمایشگر را برداشته و اطلاعات آن را در workspace به صورت Structure with time ذخیره کنید.
- ۲- کلیدهای Ctrl+B را فشار دهید و چند لحظه (تقریباً ۲۰ الی ۳۰ ثانیه) صبر کنید تا برنامه کامپایل شود. برای اطمینان از صحت کامپایل شدن به محیط Command Window نگاه کنید.

¹ Scope

۳- کلیدهای Ctrl+T را فشار دهید، سامانه هیدرولیکی را روشن کنید. با شروع شبیه‌سازی جریان گذرنده از منبع تغذیه برای راه‌اندازی شیر سرو را به ازای سرعت 400 RPM یادداشت نمایید.

پرسش ۳- با مقایسه جریان گذرنده از منبع تغذیه و اطلاعات کانال خروجی کارت I/O در جدول ۱، چه نیازی به استفاده از مدار راه‌انداز برای راه‌اندازی شیر سرو می‌باشد؟



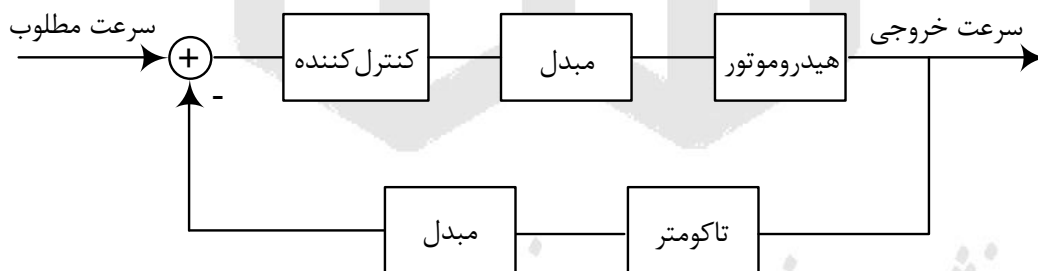
شکل ۷: مدار راه‌انداز

پرسش ۴- با استفاده از خروجی نمایشگر استفاده شده در این شبیه‌سازی و با توجه به اینکه تاکومتر استفاده شده در این آزمایش رفتار تقریباً خطی دارد، چه راهکاری برای تبدیل خروجی تاکومتر (از جنس ولتاژ) به RPM پیشنهاد می‌کنید؟

پرسش ۵- با توجه به اینکه خروجی تاکومتر بسیار نویزی می‌باشد، چه راهکاری برای کاهش نویز و نمایش بهتر سیگنال سرعت در محیط سیمولینک ارائه می‌دهید؟

۴- یک پالس مربعی با دامنه ± 300 و تناوب 10 s تولید کنید.

۵- با تبدیل سیگنال خروجی تاکومتر به RPM، حلقه کنترلی را بسته و مقدار سرعت واقعی موتور را با سرعت مطلوب مقایسه نموده و نتیجه را از یک کنترل‌کننده مناسب عبور دهید و نهایتاً به هیدروموتور اعمال کنید. سیستم کنترلی حلقه بسته حاصل در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸: حلقه کنترلی

پرسش ۶- با توجه به اینکه هیدروموتور به صورت یک سیستم مرتبه اول مدل می‌شود، برای اینکه هیدروموتور در کنترل حلقه بسته ورودی پله را بدون خطا ردیابی کند از چه نوع کنترل‌کننده‌ای باید استفاده کرد؟

پرسش ۷- با توجه به اینکه خروجی آنالوگ کارت I/O حداکثر می‌تواند در محدوده 0~10 باشد و از طرفی ورودی شیر سرو در محدوده 10~10- می‌باشد، چه راهکاری برای رفع این مشکل پیشنهاد می‌دهید؟

پرسش ۸- ممکن است در این قسمت حلقه کنترلی ناپایدار گردد و نتوان به سرعت مطلوب دست یافت. به نظر شما علت چه می‌تواند باشد؟ چگونه این مورد را برطرف می‌کنید؟

توجه- سرعت خروجی هیدروموتور و مقدار خروجی کنترل‌کننده را با استفاده از دو نمایشگر، مشاهده و تحلیل نمایید.