به نام خدا

آزمایش هفتم: ارتعاشات پیچشی بدون میراگر

مدرس: دکتر احسان فتحی

مدیر و موسس آموزشگاه آزاد فنی و حرفه‌ای فتحی

Telegram & Instagram: *@FathiTrainingGroup*

Website: *FathiTrainingGroup.com*

Email: *ehsanfathi_eh@yahoo.com*

Tel: *09386249330, 05191012910*

فهرست مطالب

- هدف آزمایش
- تئوری آزمایش
- روش انجام آزمایش
- شرح دستگاه آزمایش
- محاسبه درصد خطای آزمایشگاهی
- خواسته های آزمایش

هدف آزمایش

- بررسی ارتعاشات پیچشی سیستم یک درجه آزادی و تعیین مدول برشی
- بررسی ارتعاشات پیچشی سیستم دو درجه آزادی

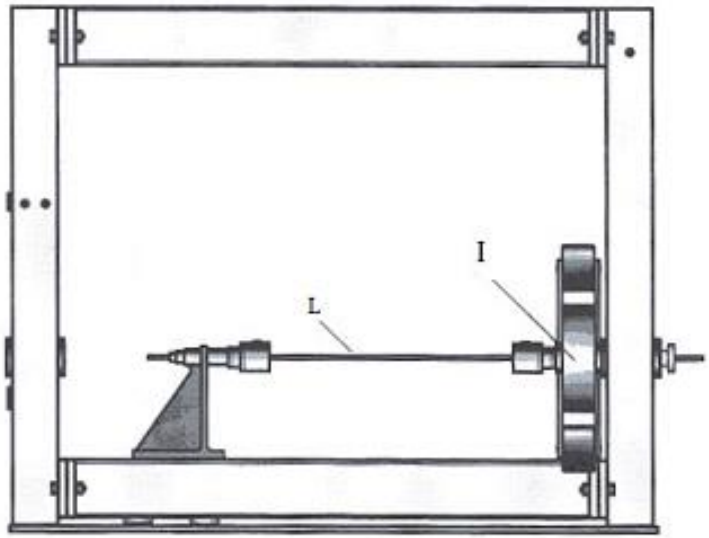
تئوری آزمایش

ارتعاشات پیچشی همان ارتعاشات زاویه‌ای یک جسم، حول محور دورانش می‌باشد. این نوع ارتعاشات بیشتر در محورهای دوار رخ می‌دهد. ارتعاشات پیچشی کنترل نشده ممکن است به سیستم های انتقال قدرت که در آنها از شفت و کوپلینگ استفاده می‌شود آسیب جدی بزند. یکی از مسائل مهم در رابطه با موتور های احتراق داخلی ارتعاشات پیچشی میل لنگ در این نوع موتورها می باشد.

شکل۱: شکست میل لنگ در اثر ارتعاشات پیچشی

تئوری آزمایش

این آزمایش در دو مرحله انجام می‌گیرد. در ابتدا مطابق شکل ۲ ارتعاشات سیستم یک درجه آزادی شامل دیسکی که به میله‌ای متصل است، مورد نظر می‌باشد. در این مرحله، مدول پیچشی میله با بررسی ارتعاشات آزاد سیستم تعیین می‌گردد. سپس، ارتعاشات آزاد یک سیستم پیچشی شامل دو دیسک که در دو طرف میله متصلند، بررسی می‌شود.



شکل۲: نمای شماتیک دستگاه بررسی ارتعاشات پیچشی سیستم یک درجه آزادی

روش انجام آزمایش

مرحله اول: ارتعاشات پیچشی سیستم یک درجه آزادی

در این مرحله، ارتعاشات پیچشی محورهای الاستیک بررسی می‌گردد. معادله دیفرانسیل حرکت دورانی در روتور آزاد که یک طرف آن توسط محور ثابت باشد، از رابطه $I\ddot{\theta} + k_t\theta = 0$ بدست می‌آید که k_t سختی پیشی محور و I ممان اینرسی جرمی آن است. در اینصورت فرکانس طبیعی و پریود نوسانات توسط رابطه زیر تعیین می شوند.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K_t}{I}} \quad \Rightarrow T = 2\pi\sqrt{\frac{I}{K_t}}$$

که ضریب سختی پیچشی محور k_t در رابطه زیر ارائه شده است.

$$K_t = \frac{GJ}{L} \quad ; \quad J = \frac{\pi d^4}{32}$$

روش انجام آزمایش

با دوران فلایویل تحت زاویه دوران کوچک، می توان پریود توسانات را تعیین نمود. به ازای طول های مختلف ذکر شده در جدول ۱، این آزمایش را انجام و نتایج را در جدول ثبت نمایید.

جدول ۱: ارتعاشات پیچشی سیستم یک درجه آزادی

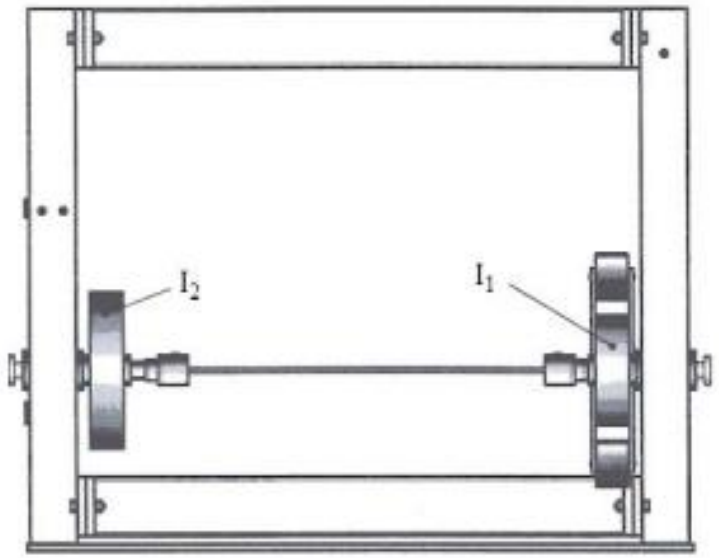
L(m)	زمان برای ۱۰ نوسان (s)	T (sec)	$w_n \left(\frac{rad}{sec}\right)$	$k_t\ (N.mm)$	G (Gpa)
0.3					
0.4					
0.5					
0.6					

روش انجام آزمایش

مرحله دوم: ارتعاشات پیچشی سیستم دو درجه آزادی

در این مرحله، ارتعاشات پیچشی محورهای الاستیک توسط دو روتور با ممان اینرسی های جرمی I_1 و I_2 بررسی می شود. مشابه مرحله اول می توان ثابت کرد که پریود نوسانات این سیستم عبارت است از:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{I_1 I_2 l}{GJ(I_1 + I_2)}}$$



شکل۳: نمای شماتیک دستگاه بررسی ارتعاشات پیچشی سیستم دو درجه آزادی

روش انجام آزمایش

با بستن میله بین دو روتور و دوران روتورها تحت زاویه دوران کوچک (در خلاف جهت یکدیگر)، زمان ۱۰ نوسان را اندازه گیری کرده و پریود نوسانات را تعیین کنید. هنگامیکه سیستم ارتعاشی فوق در مود دوم نوسان می کند، نقطه ای در روی محور وجود دارد که نوسانی ندارد، این نقطه گره نامیده می شود. در هر بار آزمایش، محل تجربی گره را نیز تیین کنید.

- **مشخصات دستگاه:**

۱. روتور بزرگ: $m=20\ kg,\quad D=200\ mm,\quad h=80\ mm$

۲. روتور کوچک: $m=12\ kg,\quad D=250\ mm,\quad h=40\ mm$

۳. جرم کوچک: ۱۸۰۰ گرم

۴. جرم بزرگ: ۳۲۰۰ گرم

روش انجام آزمایش

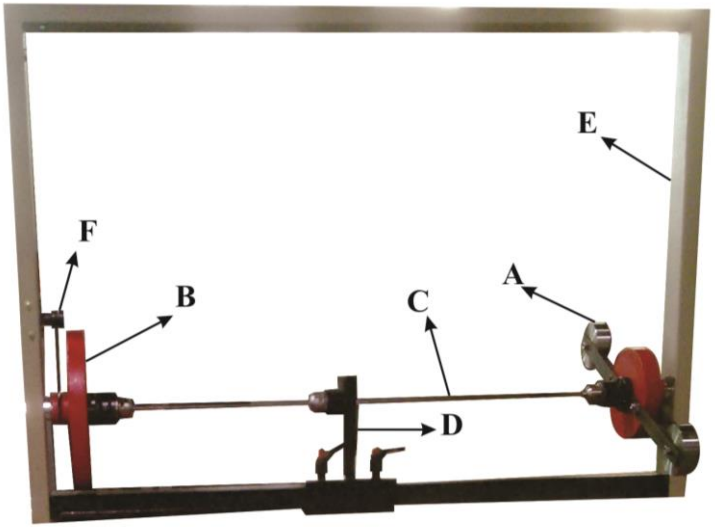
با بستن میله بین دو روتور و دوران روتورها تحت زاویه دوران کوچک (در خلاف جهت یکدیگر)، زمان ۱۰ نوسان را اندازه گیری کرده و پریود نوسانات را تعیین کنید. هنگامیکه سیستم ارتعاشی فوق در مود دوم نوسان می کند، نقطه ای در روی محور وجود دارد که نوسانی ندارد، این نقطه گره نامیده می شود. در هر بار آزمایش، محل تجربی گره را نیز تعیین کنید.

جدول ۲: ارتعاشات پیچشی سیستم دو درجه آزادی

d (mm)	L (mm)	I_1 $(kg.m^2)$	I_2 $(kg.m^2)$	J (m^4)	زمان ۱۰ نوسان (s)	T عملی (s)	T تئوری (s)
8	760						

شرح دستگاه آزمایش

دستگاه آزمایش در شکل ۴ نشان داده شده است. مطابق شکل سیستم پیچشی با یک درجه آزادی از یک چرخ طیارسنگین B که اینرسی سیستم را تامین می‌کند و توسط یک بلبرینگ به قاب E متصل شده است و یک محور C که از یک طرف به دیسک B متصل شده و از طرف دیگر توسط گیره D نگه داشته شده است. گیره D در امتداد پایینی قاب می‌تواند حرکت داشته باشد. به این وسیله طول میله C قابل تغییر است.



شکل ۴: سیستم ارتعاشات پیچشی یک و دو درجه آزادی

محاسبه درصد خطای آزمایشگاهی

نحوه محاسبه درصد خطای آزمایشگاهی از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$\text{درصد خطای آزمایشگاهی} = \frac{\text{مقدار عملی} - \text{مقدار تئوری}}{\text{مقدار تئوری}} \times 100$$

خواسته آزمایش

۱- منحنی تغییرات T^2 بر حسب L را از مرحله اول آزمایش در نرم افزار اکسل رسم نموده، از طریق شیب منحنی مقدار G را بدست آورید.

۲- مقادیر عملی و تئوری دوره نوسان را در جدول شماره ۲ بررسی و مقایسه نمایید.

۳- مقدار ممان اینرسی I_2 را به صورت عملی بدست آورید و با مقدار تئوری مقایسه نمایید.

$$I = \frac{1}{2}mr^2$$

۴- درصد خطا را در مرحله دوم آزمایش محاسبه نمایید.

پیامبر اکرم (ص):

بدترین مردم کسی است که آخرت خود را به دنیای خویش بفروشد و بدتر از او کسی است که آخرت خود را به خاطر دنیای دیگران از دست بدهد و تباه کند.