



دستور کار دستگاه آزمون ارتعاشات آزاد و اجباری سیستم جرم، فنر و دمپر

شرکت طراحی مهندسی سنتام

تهیه و تنظیم: واحد پشتیبانی

پاییز ۱۳۹۸

www.santamco.com

SANTAM

ENG.DESIGN CO.LTD.

کارخانه: تهران ۵ کیلومتر ه جاده قدیم کرج، خیابان صنایع فلزی ، بلوار ۱۷ شهریور، پرسی گاز شمالی، نبش کوچه وزین، پ ۱۲

صندوق پستی : ۱۳۸۶۵/۴۳۶

تلفن ۶۶۸۱۴۴۹۸-۶۶۸۱۴۴۹۷-۶۶۸۰۶۳۹۷ (+۹۸۲۱):

فاکس: (+۹۸۲۱) ۶۶۸۱۶۵۸۱

پست الکترونیک: info@santamco.com

وب سایت: www.santamco.com

(حق چاپ و کپی برداری محفوظ و مخصوص شرکت سنتام میباشد)

فهرست

مقدمه.....	۴
بخشهای اصلی و شرح دستگاه.....	۴
تئوری نوسانات آزاد.....	۵
آزمایش بدست آوردن ضریب فنر (K).....	۸
آزمایش بدست آوردن جرم موتور و پایه آن بر روی تیر.....	۹
نحوه انجام آزمایش نوسانات آزاد.....	۹
تئوری آزمایش نوسانات اجباری.....	۱۱
نحوه انجام آزمایش نوسانات اجباری.....	۱۲
آزمایش تاخیر فاز.....	۱۳
خواسته های آزمایش بررسی تاخیر فاز.....	۱۳
شرایط نگهداری دستگاه.....	۱۴

مقدمه

بررسی ارتعاشات در طراحی اجزای ماشین عامل مهمی است که هنگام طراحی باید آن را بررسی کرده و طراحی را طوری انجام داد که دامنه ارتعاشات به حداقل برسد.

در این آزمایش به بررسی اثر ضریب استهلاک در ارتعاشات آزاد و تاثیر آن بر دامنه نوسانات و همچنین به زاویه اختلاف فاز در نوسانات اجباری پرداخته خواهد شد.

بخشهای اصلی و شرح دستگاه

بخشهای اصلی با توجه به شکل ۱ بشرح زیر میباشد:

۱- ستون ها

۲- شاسی

۳- محل قرار گیری وزنه ها

۴- محفظه روغن (دمپر)

۵- تیر

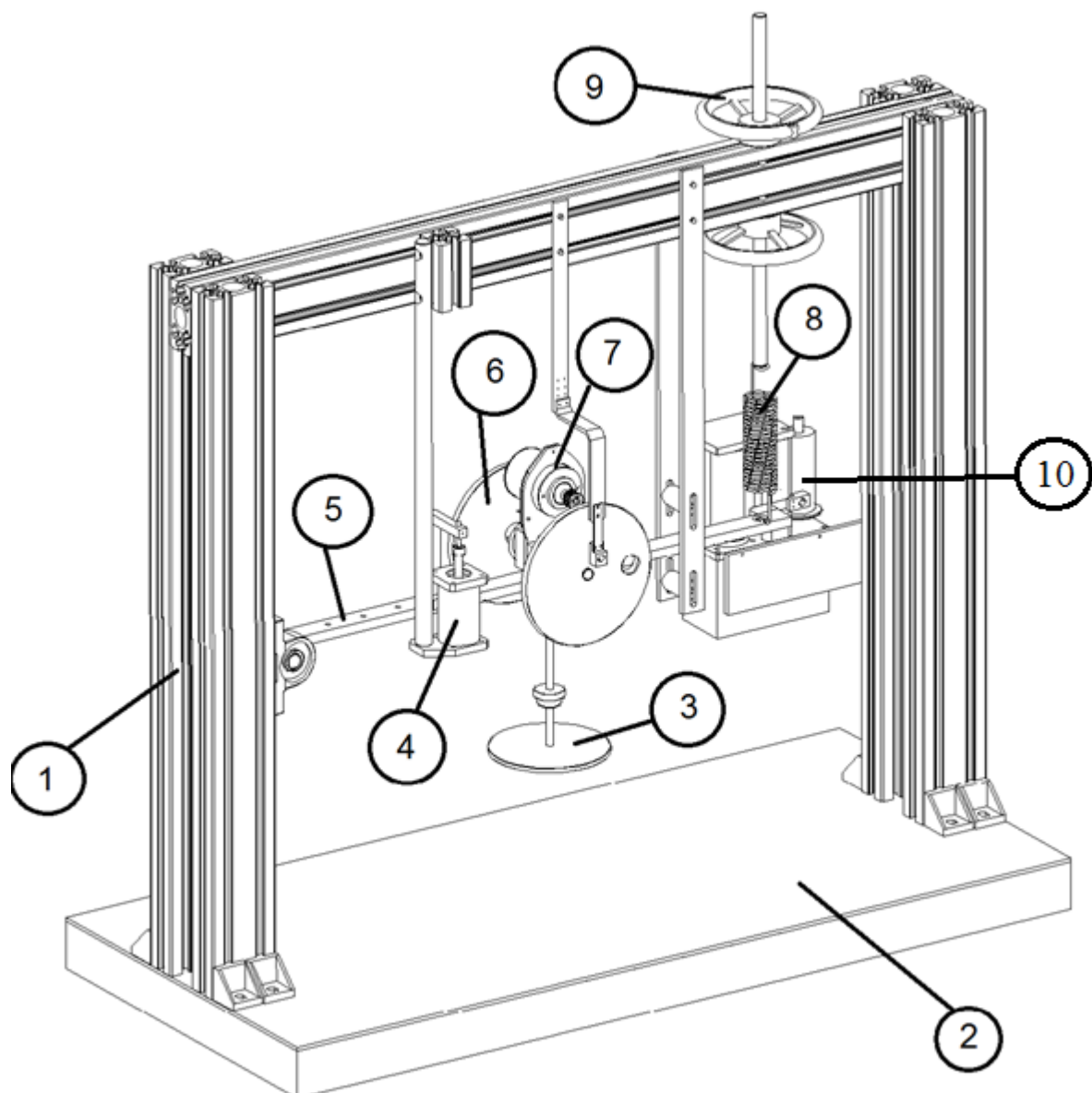
۶- دیسک های نامتوازن

۷- موتور

۸- فنر

۹- تنظیم کننده ارتفاع اولیه سر تیر

۱۰- مجموعه ثبات



شکل ۱: اجزای دستگاه

تئوری نوسانات آزاد

یک سیستم ارتعاشاتی دارای مستهلک کننده از نوع ویسکوز را در نظر بگیرید. چنانچه این سیستم تحت شرایط اولیه مشخص از حالت تعادل رها شود، نوسانات آن میرا خواهد شد. در این آزمایش از یک سیستم جرم، فنر و مستهلک کننده جهت بررسی تاثیر تغییرات ضریب استهلاک ویسکوز بر روی رفتار

نوسانی سیستم استفاده می شود. این سیستم شامل یک تیر است که یک سر آن لولا شده و طرف دیگر آن به یک مستهلک کننده و یک فنر متصل می باشد. برای ساده کردن معادله حاکم این سیستم، آن را با یک سیستم جرم و فنر و دمپر ساده شبیه سازی می نماییم. برای پیدا کردن مقادیر M, K, C معادل، حول تکیه گاه مفصلی تیر گشتاور می گیریم. با فرض نوسانات با دامنه کم، به روابط زیر دست خواهیم یافت:

$$\sum M_0 = I\ddot{\theta} \rightarrow -Kx_3L_3 - C\dot{x}_1L_1 = I\ddot{\theta}$$

$$\tan \theta = \theta = \frac{x}{L}$$

$$I_0 = ML_2^2 + \frac{mL^2}{3}$$

که m جرم میله و M جرم موتور می باشد. با استفاده از روابط تشابه مثلثاتی نیز به رابطه زیر دست خواهیم یافت.

$$\frac{x}{L} = \frac{x_1}{L_1} = \frac{x_3}{L_3}$$

$$C_c = 2I_{eq}\omega_n$$

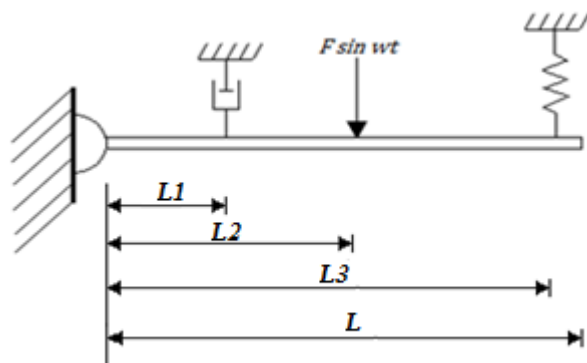
معادله دیفرانسیل حاکم بر نوسانات سیستم به صورت زیر در می آید :

$$\frac{KL_3^2}{L}x + C\frac{L_1^2}{L}\dot{x} + \left(KL_2^2 + \frac{1}{3}mL^2\right)\frac{\ddot{x}}{L} = 0$$

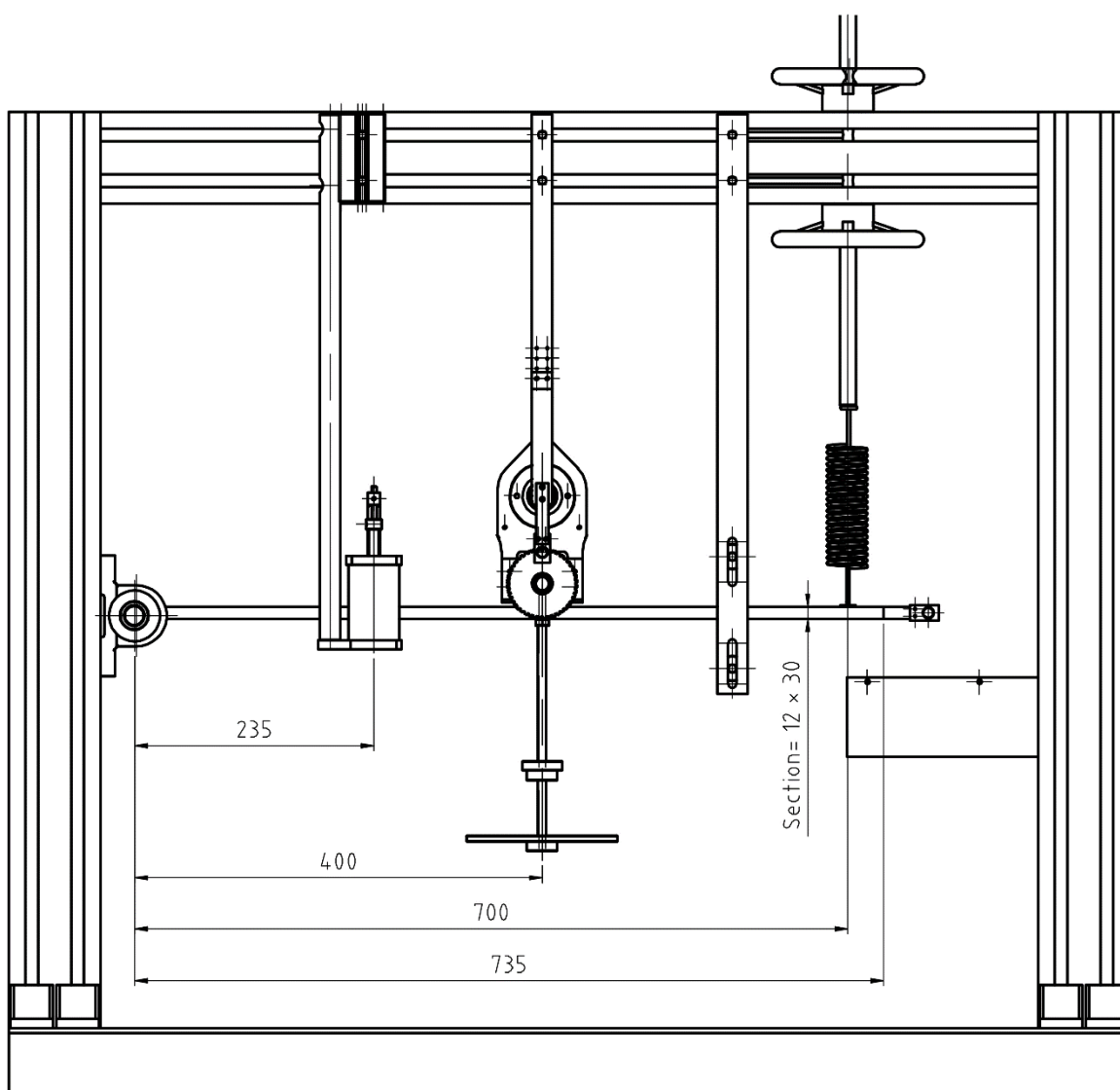
اگر داشته باشیم :

$$M_{eq} = \frac{ML_2^2 + \frac{1}{3}mL^2}{L^2} \quad ; \quad C_{eq} = \frac{C L_1^2}{L^2} \quad ; \quad K_{eq} = K \frac{L_3^2}{L^2}$$

$$M_{eq}\ddot{x} + C_{eq}\dot{x} + K_{eq}x = 0$$



شکل ۲: نمای شماتیک سیستم جرم-فنر-دمپر تحت تاثیر نیروی هارمونیک



شکل ۳: فاصله اجزای دستگاه تا مرکز نوسان تیر

دستگاه شامل یک سیستم ارتعاش کننده است که از یک تیر افقی با مقطع مستطیل شکل تشکیل شده است. یک انتهای آن به بدنه قاب اصلی لولا شده است و انتهای دیگر آن توسط یک فنر به قاب اصلی وصل می شود. برای تراز نمودن تیر از یک فلکه استفاده می شود. موتور محرک ارتعاش روی تیر نصب شده است که در این آزمایش حکم جرم M را دارد. همچنین دمپر بر روی تیر چنان تعبیه شده است که قابل جابجا شدن می باشد. در داخل مستهلک کننده دو صفحه مشبک قرار دارد که با تغییر سطح آن ها می توان نیروی دمپر را کم و زیاد کرد. (اگر سوراخ ها روبروی هم قرار بگیرند، نیروی مستهلک کننده کم و اگر کاملاً مسدود شوند، نیروی مستهلک کننده ماکزیمم می شود). دامنه ارتعاشات نسبت به زمان توسط یک سیستم ثبات ثبت می شود.

آزمایش بدست آوردن ضریب فنر (K)

برای بدست آوردن ضریب فنر باید با وزنه های موجود (m) بر روی تیر بارگذاری کرده و مقدار افزایش طول فنر (x) را با اندازه گیری طول آن در قبل و بعد از بارگذاری بدست آورد سپس با استفاده از محاسبات ضریب فنر (k) بدست می آید.

با توجه به فاصله فنر تا مرکز نوسان ($L_3=700\text{mm}$) و فاصله محل بارگذاری تا مرکز نوسان ($L_2=400\text{mm}$) مقدار نیروی وارد شده بر روی فنر (F) به صورت زیر است:

$$F = \frac{400}{700} \times m \times 9.81$$

$$F = kx \rightarrow k = \frac{F}{x}$$

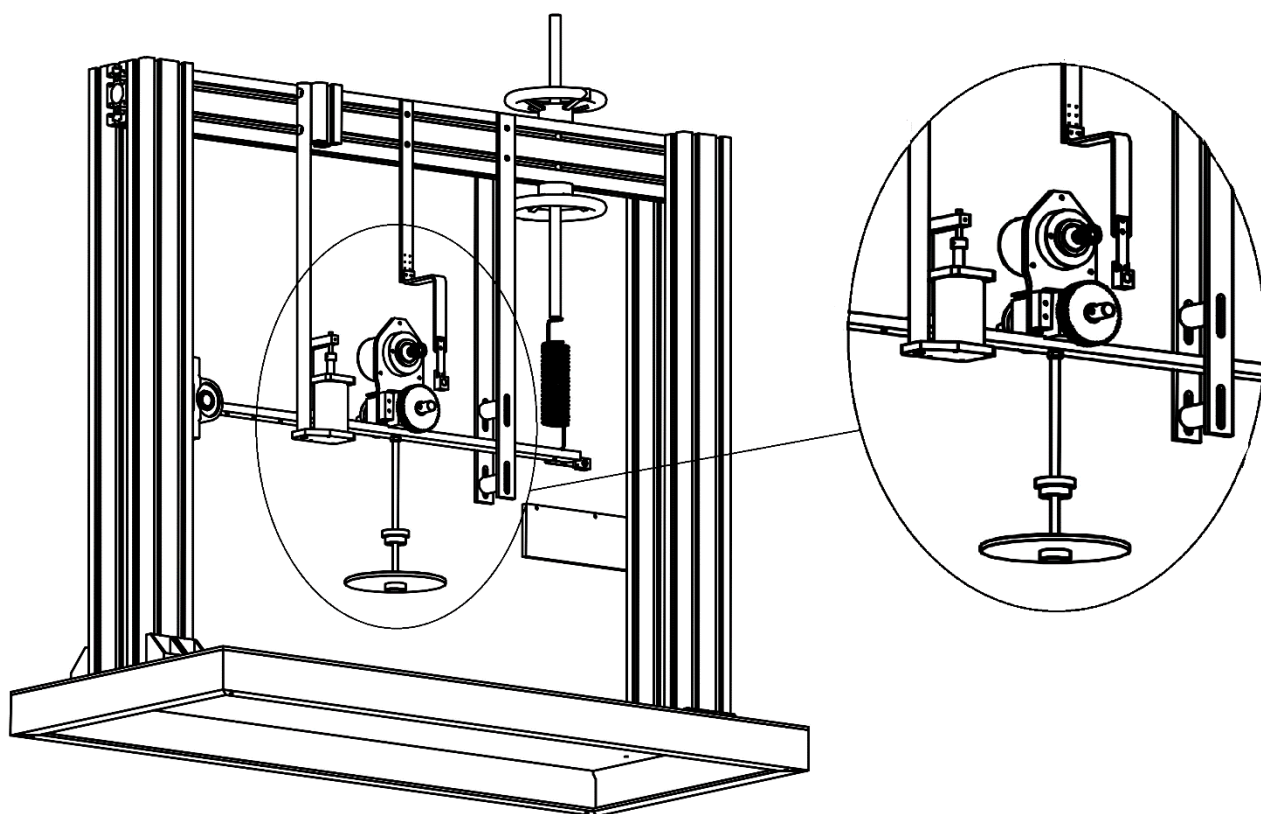
در نتیجه:

$$k = 5.6 \times \frac{m}{x}$$

آزمایش بدست آوردن جرم موتور و پایه آن بر روی تیر

برای بدست آوردن جرم موتور و ضمائم آن (m) ابتدا طول فنر را اندازه گیری کرده و پیچ زیر موتور (قلاب آویز وزنه ها) را باز نموده تا موتور به طور کامل از روی تیر برداشته شود سپس طول فنر در حالت بدون موتور نیز اندازه گیری و مقدار تغییر طول فنر (x) بدست آید و در فرمول زیر جایگذاری شود.

$$m \times 9.81 = k \times x \quad \rightarrow \quad m = \frac{k \times x}{9.81}$$

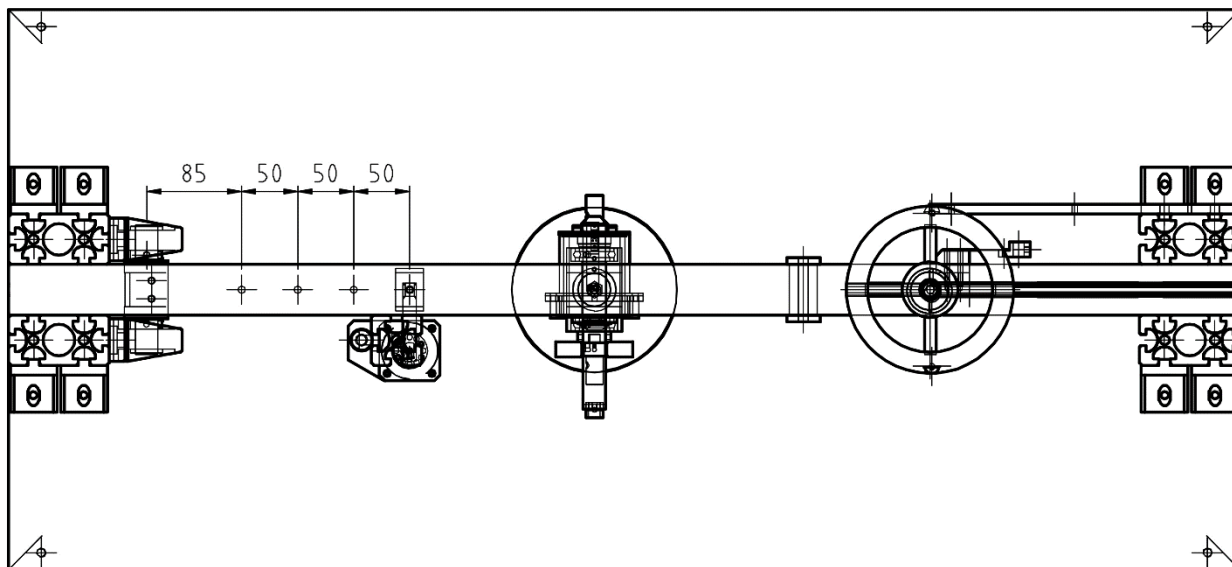


شکل ۴: محل قرارگیری پیچ نگهدارنده موتور و پایه آن

نحوه انجام آزمایش نوسانات آزاد

برای انجام آزمایش ابتدا باید سیستم مستهلک کننده را از دستگاه جدا نموده و تیر را با استفاده از پیچ فلکه تراز نمود. سپس تیر را از حالت تعادل خارج کرده و با اندازه گیری پریود نوسانات، فرکانس

طبیعی سیستم قابل محاسبه است. همچنین، با توجه به سرعت حرکت خطی کاغذ ثبات نیز می توان فرکانس طبیعی سیستم را بدست آورد. حال دمپر را به سیستم اضافه نموده و صفحه های مشبک را چنان تنظیم می نمایم که دارای مینیمم استهلاک باشند. در این حالت، سوراخ های دو صفحه کاملاً بر هم منطبق می شوند. در این حالت برای مقادیر مختلف طول L_1 که فاصله محل اتصال دمپر تا لولا است، جدول زیر را تکمیل نمایید.



شکل ۵: فاصله سوراخ های روی تیر جهت نصب محفظه روغن (دمپر ویسکوز)

مشخصات	$L_1(mm)$	x_n/x_{n+1}	ξ	$T(s)$	$c_{eq}(\frac{Ns}{m})$	$L_1^2(cm^2)$
استهلاک کم	85					
	135					
	185					
	235					
استهلاک زیاد	85					
	135					
	185					
	235					

۱. منحنی نمایش c_{eq} را بر حسب L_1^2 برای دو حالت استهلاک کم و زیاد رسم کرده و با استفاده از شیب منحنی ها مقدار ضریب میرایی را برای هر دو حالت به دست آورید.
۲. با توجه به نتایج بدست آمده ثابت کنید که اگر ξ به صفر نزدیک شود آنگاه داریم:

$$\ln\left(\frac{x_0}{x_n}\right) = 2\pi n\xi$$

تئوری آزمایش نوسانات اجباری

وقتی سیستم تحت یک نیروی نوسانی قرار می گیرد ناچار است با فرکانس نیرو نوسان کند. این نیرو ممکن است ناشی از نامیرایی های ماشین های دوار، نیروهایی که به وسیله ماشین های رفت و برگشتی یا حرکت خود ماشین بوجود می آید، باشد.

برای کاهش دامنه نوسانات از میراکننده ها استفاده می شود، میراکننده ها باعث اختلاف فاز در نوسانات می شوند. در این دستگاه نیز هنگامی که از میراکننده استفاده می شود نوسانات دچار اختلاف فاز نسبت به فرکانس تحریک کننده می گردند.

برای سیستم جرم و دمپر و فنر معادلات حاکم را به صورت زیر می نویسیم:

$$\sum M_0 = I\ddot{\theta} \rightarrow I\ddot{\theta} + cl_1^2\dot{\theta} + kl_3^2\theta = F_0l_2 \sin \omega t$$

در صورتی که ارتعاشات قائم با دامنه کم مدنظر باشند: $x = l\theta$

$$\ddot{x} + \frac{cl_1}{I}\dot{x} + \frac{kl_3}{I}x = \frac{F_0l_2L}{I}\sin \omega t$$

اکنون با جاگذاری مقادیر معادل برای دستگاه خواهیم داشت:

$$\ddot{x} + \frac{C_{eq}}{M_{eq}}\dot{x} + \frac{K_{eq}}{M_{eq}}x = \frac{F_0}{M_{eq}}\sin$$

$$\frac{C_{eq}}{M_{eq}} = \frac{cl_1^2}{I}, \quad \frac{K_{eq}}{M_{eq}} = \frac{Kl_3^2}{I}, \quad \frac{F_0}{M_{eq}} = \frac{F_0l_2L}{I}$$

پس از حل معادله بالا برای نوسانات معادله حل شده دارای دو بخش همگن و خصوصی می باشد.

پاسخ همگن برای معادله بالا به صورت زیر بدست می آید که با گذشت مقدار کاهش یافته و به صفر نزدیک می شود.

$$x_c = Ae^{-\xi w_n t} \sin(w_d t + \varphi) \quad w_d = w_n \sqrt{1 - \xi^2}$$

حل خصوصی نیز به صورت زیر می باشد:

$$x_t = x \sin(wt - \varphi)$$

در عبارت بالا x دامنه و φ زاویه تاخیر فاز بوده و توسط رابطه زیر بدست می آید:

$$x = \frac{F_0}{\sqrt{(K_{eq} - M_{eq}w^2)^2 + (C_{eq}w)^2}}, \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{C_{eq}w}{K_{eq} - M_{eq}w^2}$$

$$x = \frac{\frac{F_0}{K_{eq}}}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\xi r)^2}}, \quad \varphi = \tan^{-1} \frac{2\xi r}{1 - r^2}$$

$$r = \frac{w}{w_0}, \quad \xi = \frac{C}{C_{cr}} = \frac{C}{2\sqrt{K_{eq}M_{eq}}}$$

اگر داشته باشیم:

$$x_0 = \frac{F_0}{K_{eq}}, \quad F_0 = mrw^2$$

آنگاه :

$$\frac{x}{x_0} = \frac{1}{\sqrt{(1 - r^2)^2 + (2\xi r)^2}}$$

که x/x_0 را ضریب بزرگنمایی گویند.

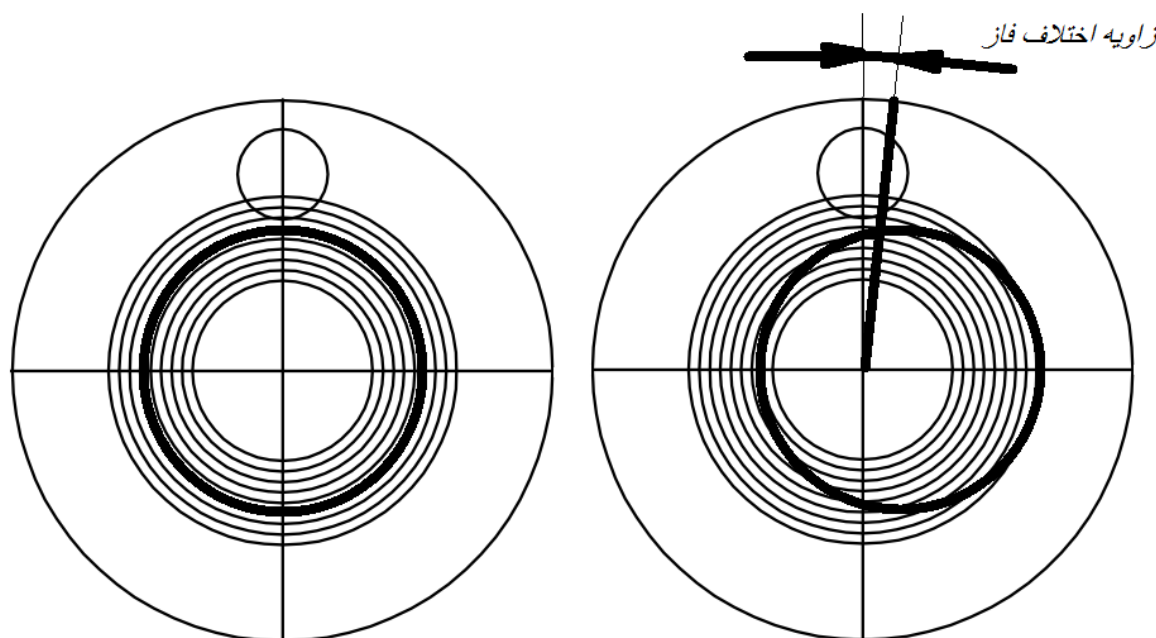
نحوه انجام آزمایش نوسانات اجباری

برای انجام آزمایش ابتدا دمپر را از روی سیستم برداشته تا سیستم دارای استهلاک نباشد، فرکانس طبیعی سیستم را از راه ایجاد تشدید پیدا می کنیم. برای این سرعت موتور را به تدریج افزایش داده تا

به ماکزیمم دامنه ارتعاشی برسد. سرعتی که دستگاه برای موتور نمایش می دهد بر حسب دور در دقیقه می باشد که باید به رادیان بر ثانیه تبدیل شده تا W (فرکانس دیسک نامیزان) بدست آید.

آزمایش تاخیر فاز

میراکننده باعث ایجاد تاخیر فاز در نوسانات تیر نسبت به فاز نوسانات موتور می شود. که برای مشخص کردن این تاخیر فاز ، کاغذی را روی دیسک نوسان کننده می چسبانیم و با قلمی که بر روی دیسک قرار دارد دایره هایی را رسم می نماییم سپس میزان انحراف دایره را نسبت به خط مبنا که از مرکز دایره نامتعادل کننده دیسک و مرکز دیسک می گذرد اندازه گیری می نماییم که این زاویه انحراف در واقع همان میزان اختلاف فاز می باشد.



شکل ۶: نحوه اندازه گیری اختلاف فاز

خواسته های آزمایش بررسی تاخیر فاز

در سرعت های مختلف موتور (۹۵۰ و ۱۰۰۰ و ۱۱۵۰ و ۱۲۵۰) مقادیر W ، r و مقادیر تجربی و تئوری تاخیر فاز را بدست آورید.

شرایط نگهداری دستگاه

درجه حرارت مناسب (15°C تا 40°C)

رطوبت 90° تا 10° بدون تقطیر

حتماً در جای مسقف قرار گیرد و از بارش باران و برف محافظت شده باشد .

عدم وجود گرد و غبار

عدم تابش مستقیم نور خورشید

عدم رطوبت زیاد و محیط خورنده

عدم وجود باد