



دستور کار دستگاه آزمون ارتعاش آزاد

SVT-10D

شرکت طراحی مهندسی سنتام

تهیه و تنظیم: واحد پشتیبانی

پاییز ۱۳۹۴

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 : (+۹۸۲۱) ۶۶۸۰۶۳۹۷-۶۶۸۱۴۴۹۷-۶۶۸۱۴۴

فاکس : (+۹۸۲۱) ۶۶۸۱۶۵۸۱

پست الکترونیک : info@santamco.com

وب سایت : www.santamco.com

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

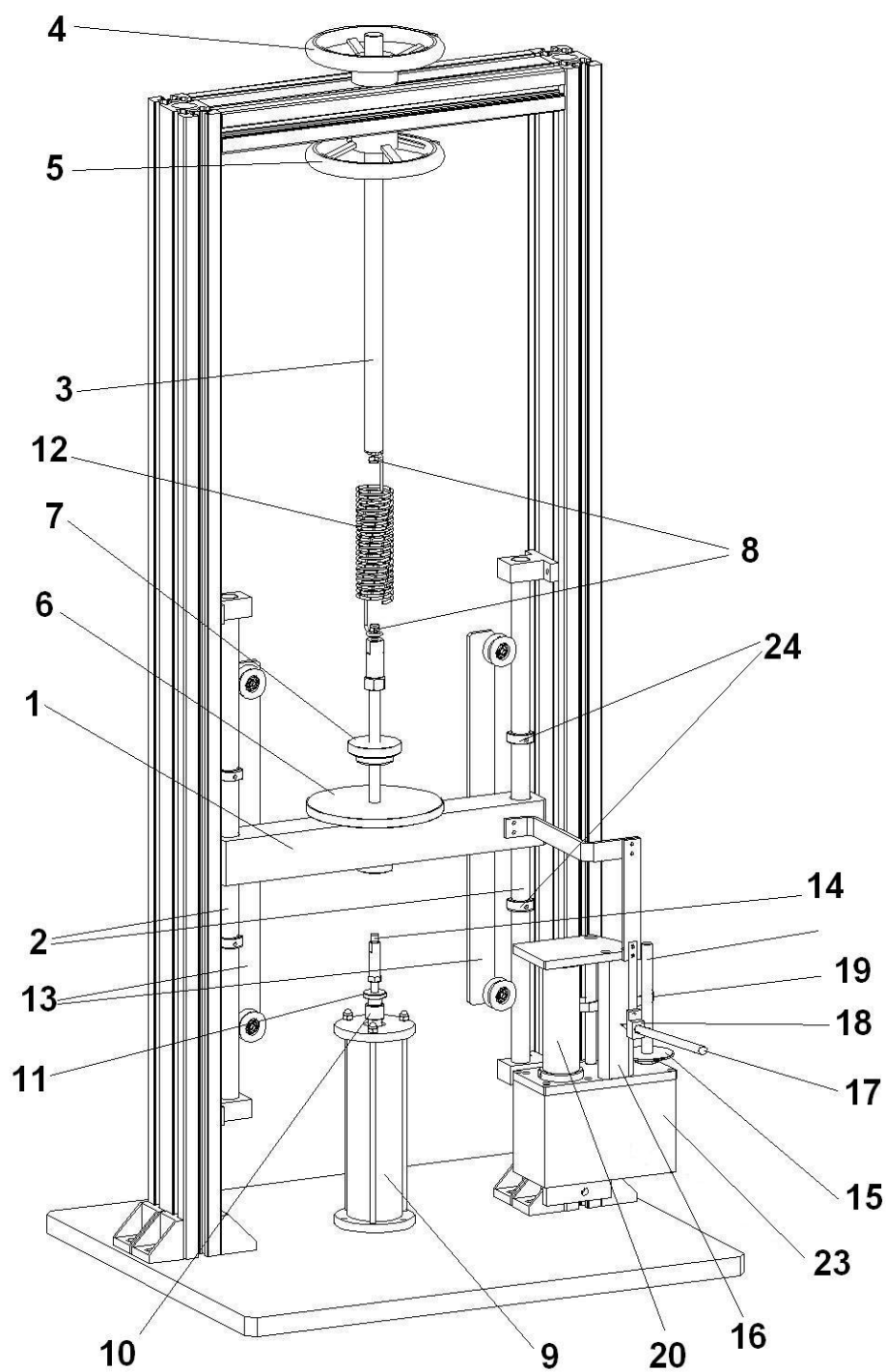
(فهرست)

بخشهای اصلی دستگاه		۴
مشخصات محاسباتی دستگاه		۶
آزمایش نخست		۷
آزمایش دوم		۱۰
آزمایش سوم		۱۵
آزمایش چهارم		۱۸

بخشهای اصلی و شرح دستگاه

بخشهای اصلی با توجه به شکل ۱ بشرح زیر میباشد:

- ۱-بلوک نوسان کننده
- ۲-راهنمای کناری
- ۳-میله تنظیم نمونه
- ۴-فلکه بالا
- ۵-فلکه پایینی
- ۶-نشیمنگاه وزنه
- ۷-محکم کننده وزنه
- ۸-پیچ اتصال فنر
- ۹-سیلندر دمپر
- ۱۰-پیستون دمپر
- ۱۱-پیچ تنظیم دمپر
- ۱۲-فنر
- ۱۳- راهنمای بلوک
- ۱۴-مهره ی اتصال دمپر
- ۱۵-نشیمنگاه توپی کاغذ
- ۱۶-میز رسم گراف
- ۱۷-مداد
- ۱۸-نگهدارنده مداد
- ۱۹-فنر توپی کاغذ
- ۲۰-غلطک کاغذ
- ۲۱-کلید برق غلطک کاغذ
- ۲۲-مهره اتصال دمپر به بلوک
- ۲۳-جعبه برق



شکل ۱

مشخصات محاسباتی دستگاه

۱-جرم بلوک بدون دمپر = 4.6 Kg

۲-جرم بلوک به همراه دمپر = 4.85 Kg

۳-ویسکوزیته سینماتیکی روغن دمپر = 46 Cst

۴-دانسیتة روغن دمپر = 820 Kg/m^3

۵-سرعت چرخش غلطک کاغذ = 10 rev/min

۶-قطر غلطک کاغذ = 40 mm

۷-ضخامت پیستون = 6mm

۸-قطر پیستون = 39 mm

۹-لقی بین دیواره سیلندر و پیستون = 5.5 mm

آزمایش نخست:

تئوری آزمون

در فنرهای رابطه کلی بین نیرو و جابجایی بصورت خطی و بشرح پایین میباشد که این نسبت خطی K با نامهای متفاوتی مانند ضریب هوک یا سختی فنر (Stiffness) بیان میگردد. در این رابطه F نیرو بر حسب (N) و x جابجایی فنر بر حسب (mm) میباشد.

$$F = K * x \quad (a)$$

با توجه به آنکه در این آزمون از فنر مارپیچ ساده شده است بنابراین از فرمول دیگری میتوان سختی فنر را بر اساس مشخصات فیزیکی بدست آورد. که پارامترهای آن بترتیب K سختی فنر بر حسب (N/mm)، پارامتر d قطر مفتول فنر بر حسب (mm)، پارامتر N تعداد حلقه ی فنر، پارامتر D قطر متوسط حلقه فنر بر حسب (mm) و G مدول برشی بر حسب (Mpa):

$$K = \frac{G * d^4}{8 * N * D^3} \quad (b)$$

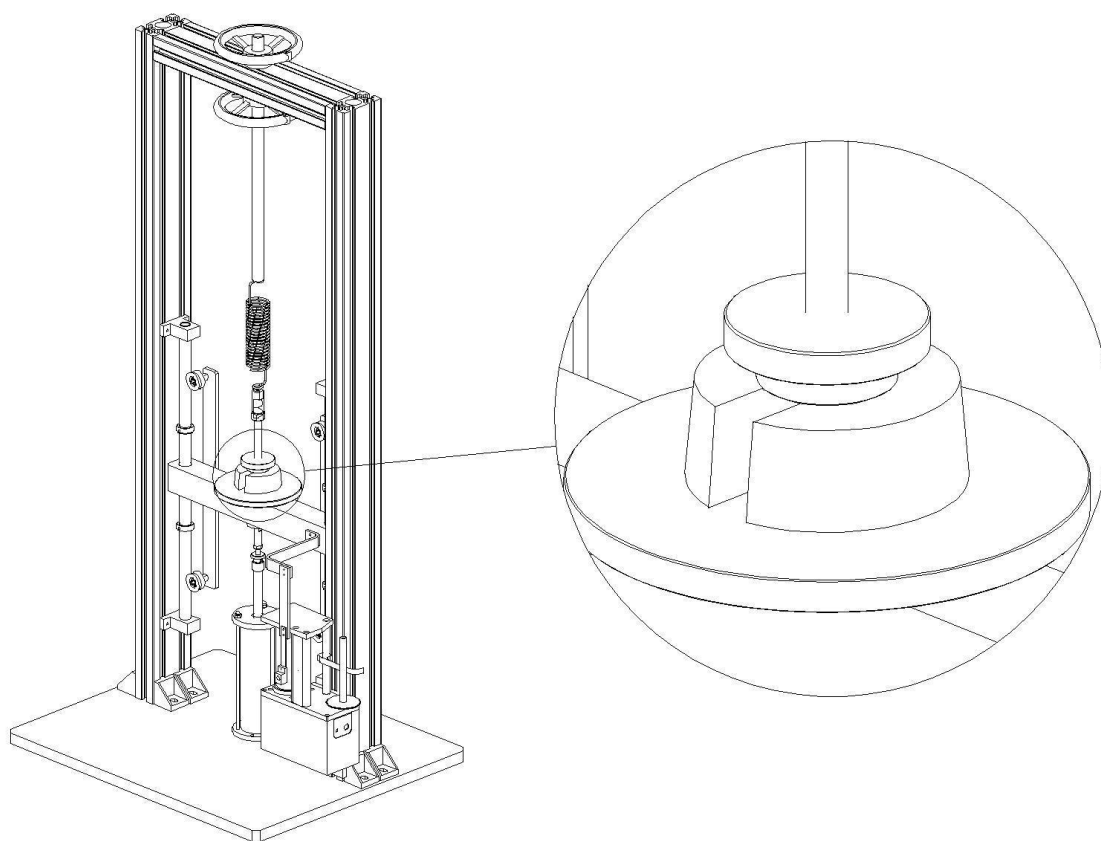
نکته: برای بدست آوردن دقیق K از رابطه بالا نیاز به اندازه گیری قطر مفتول فنر و قطر بیرونی فنر با استفاده از کولیس میباشد.

روش انجام آزمون:

پیش از انجام آزمون میبایست بکمک مهره اتصال بخش دمپر از بلوک نوسان کننده جدا شده تا آزمون بدون دمپر انجام شود. برای بدست آوردن K بصورت عملی لازم است نخست به ترتیب وزنه هایی مطابق جدول زیر با جرم مشخص بصورت استاتیکی بر روی بلوک قرار داده شود و سپس از روی میزان جابجایی مجموعه بلوک ضریب K محاسب گردد.

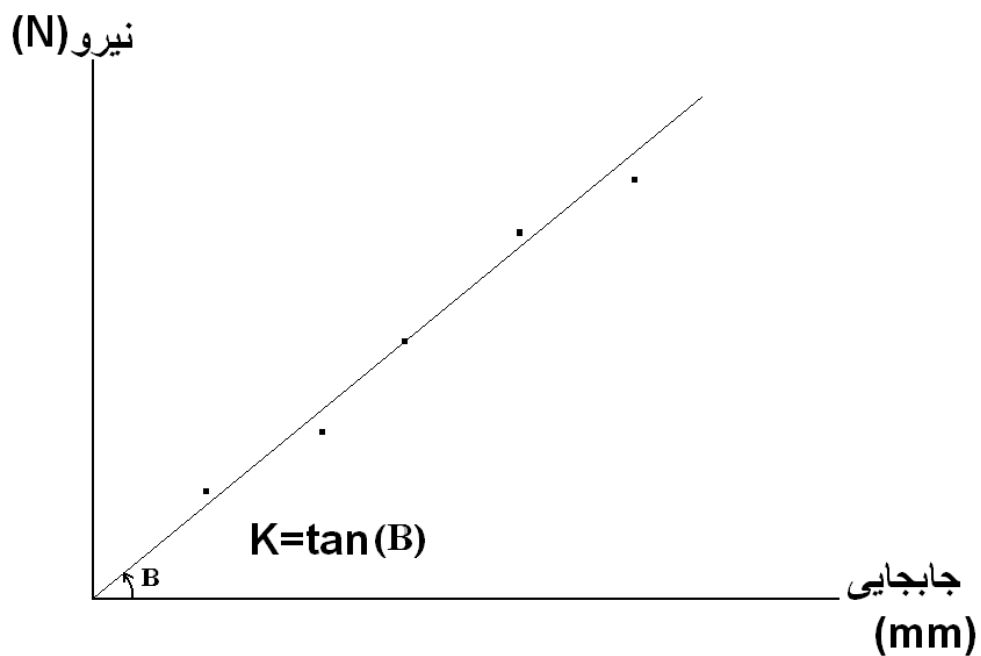
بنابراین برای انجام این فرآیند نخست بکمک فلکه بالا و پایین مجموعه بلوک به همراه فنر در موقعیت میانی کورس تنظیم میشود تا در هنگام قرار دادن وزنه ها بلوک دستگاه به پایان کورس حرکت خود

نرسد. وزنه آزمون میبایست بر روی نشیمنگاه بلوک قرار داده ی شود و پس از گذاردن وزنه ،قطعه محکم کننده جهت مهار نمونه بر روی آن بسته میشود (شکل ۲). برای اندازه گیری درست جابجایی نیاز است بکمک عمق سنج کولیس تغییر ارتفاع در دو سمت بلوک (چپ و راست) اندازه گیری شود و در نهایت مقدار متوسط به عنوان جابجایی ناشی از گذاردن وزنه در جدول نتایج نوشته می شود. بهمین ترتیب نتیجه اندازه گیری جابجایی برای تمامی وزنه ها در جدول زیر گزارش میگردد. در پایان نقاط جدول بر روی یک گراف رسم میشود تا با استفاده از روش رگرسیون شیب این گراف به عنوان سختی عملی فنر بدست آید (شکل ۳).



شکل ۲

M(kg)	F(N)	X(mm)	K تئوری	K عملی
۱				
۱.۵				
۲				
۲.۵				
۳				
۳.۵				
۴				



شکل ۳

پرسشها:

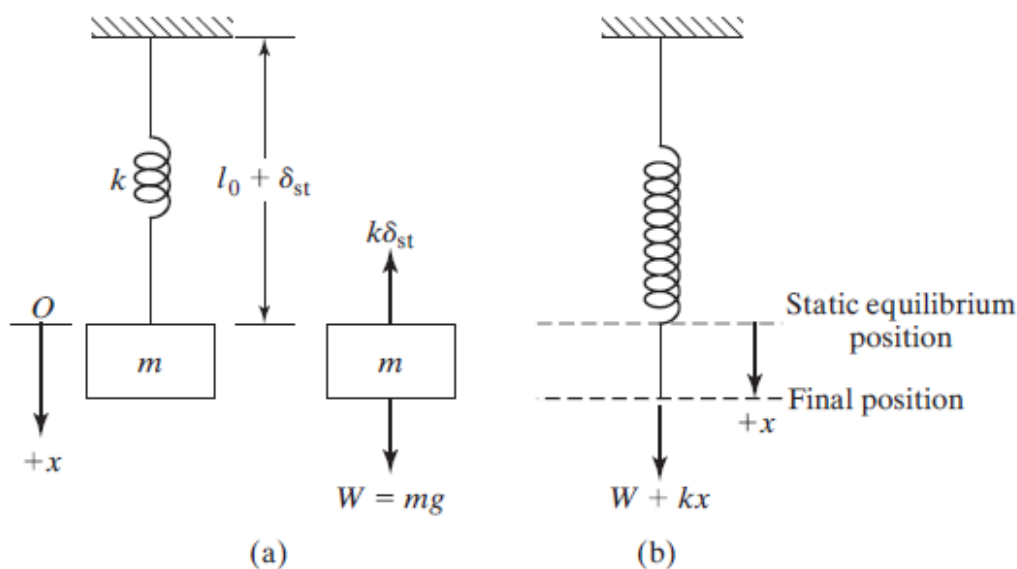
۱- در صد خطا و اختلاف میان نتایج K تئوری و تجربی با توجه به گزارش جدول چقدر میباشد؟

۲- مقدار K تجربی و تئوری برای فنر بلند تر چقدر میباشد و نتیجه آن با فنر قبلی مقایسه گردد.

آزمایش دوم: بررسی رابطه فرکانس طبیعی با جرم

تئوری آزمون

در این آزمون هدف بررسی ارتعاشات آزاد بدون ویسکوز سیستم جرم فنر میباشد. که دانشجو با محاسبه ی پارامترهایی مانند فرکانس طبیعی و دوره تناوب به تحلیل این گونه سیستمها میپردازد. که روابط آن بشرح پایین میباشد و پارامترها شامل بترتیب K سختی فنر بر حسب (N/mm) و m جرم نوسان کننده به (Kg) :



شکل ۴

باتوجه به شکل ۴ خواهیم داشت:

$$mg = K\delta_{st} \quad (c)$$

$$m\ddot{x} = -k(x + \delta_{st}) + mg \quad (d)$$

از دومعادله بالا معادله دیفرانسیل زیر نتیجه میگردد.

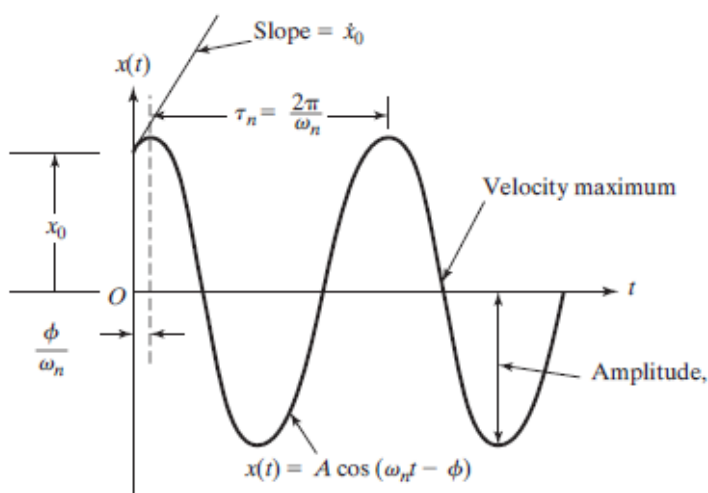
$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad (e)$$

که در آن ω_n فرکانس طبیعی سیستم میباشد.

$$\omega_n = \sqrt{\frac{K}{m}} \quad (f)$$

$$T_n = \frac{2\pi}{\omega_n} \quad (g)$$

در این نوع نوسان گراف مربوطه بشرط عدم وجود اصطکاک کاملاً هارمونیک بوده و مطابق تصویر پایین میباشد.



شکل ۵

روش انجام آزمون:

برای بررسی اثر اینرسی سیستم بر پاسخ سیستم و فرکانس طبیعی لازم است مانند آزمون پیشین دمپر از بلوک جدا شود. در این مرحله پس از قرار دادن جرم بر روی نشیمنگاه وزنه و مهار کردن وزنه با قطعه محکم کننده میبایست سیستم رسم گراف نیز برای کامل شدن آزمون تنظیم گردد. لازم بذکر است با قرار دادن وزنه ها موقعیت ابتدایی نوسان بلوک مقداری پایین آمده و از میانه کورس نوسان خارج میشود لذا با استفاده از فلکه بالا و پایین مجموعه بلوک و متعلقات بالا کشیده میشود تا بلوک دوباره در موقعیت میانه کورس جهت نوسان کامل قرار گیرد.

به منظور رسم گراف نوسان در اینجا نیاز است یک عدد تویی کاغذ درون نشیمنگاه کاغذ قرار گیرد سپس زبانه کاغذ از روی میز گراف عبور داده میشود و با نوار چسب به سطح غلطک کاغذ چسبانده میشود. با این کار هنگام روشن شدن موتور کاغذ بدور غلطک پیچیده شده و با یک سرعت خطی یکنواخت نسبت به میز جابجا میشود. برای آنکه گراف نوسان رسم شود نیاز است که یک مداد بر روی بخش مداد گیر درست روبروی میز رسم دستگاه بسته شود.

برای انجام این کار نخست تیغه فنری مداد گیر کمی بکمک دست از سطح کاغذ دور شده و سپس پیچ مداد گیر بر روی مداد بسته میشود تا پس از رها کردن تیغه کمی فشار جهت تماس پیوسته مداد با سطح کاغذ بوجود آید. برای آغاز آزمون کلید موتور غلطک کاغذ زده میشود تا غلطک نوار کاغذ را به حرکت در آورد سپس با دست بلوک نوسان کننده به همراه وزنه به سوی پایین کشیده میشود و رها میگردد. در نتیجه پس از رها سازی بلوک، مداد دستگاه شروع به رسم گراف مینماید و بدلیل وجود اصطکاک پس از چند نوسان بلوک متوقف شده و گراف مربوطه به آن جرم پایان میابد.

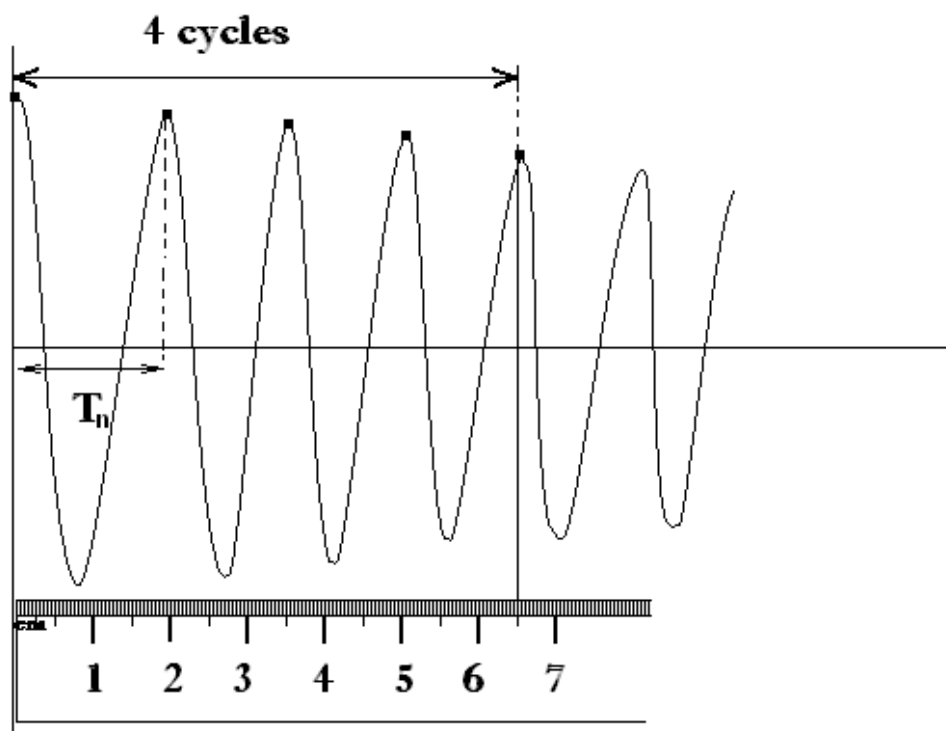
روش محاسبه فرکانس طبیعی تجربی:

با توجه به آنکه سرعت دورانی غلطک کاغذ ۱۰ دور بر دقیقه و قطر غلطک کاغذ ۴۰ میلیمتر میباشد. بنابراین سرعت خطی کاغذ میشود:

$$V = 2\pi * r * \omega \rightarrow V = 6.28 * 20 * 10/60 \rightarrow V = 20.93 \left(\frac{mm}{s}\right)$$

که در رابطه بالا r شعاع غلطک کاغذ به (mm) ، ω سرعت دورانی غلطک کاغذ (Rev/s) ، V سرعت خطی (mm/s) میباشد. در این شرایط هر 20.93 میلیمتر بر روی کاغذ گراف معرف 1 ثانیه از آزمون میباشد. بنابراین با شمارش تعداد نوسانات از روی کاغذ و اندازه گیری محور افقی گراف به میلیمتر میتوان فرکانس طبیعی را محاسبه نمود.

به عنوان مثال: یک وزنه مشخص بر روی بلوک قرار داده و با تحریک سیستم گرافی مطابق شکل ۶ رسم میگردد.



شکل ۶

همانطور که از شکل مشخص میباشد اندازه 4 سیکل بر روی کاغذ گراف معادل 65 میلیمتر میباشد. با توجه به آنکه هر 20.93 میلیمتر معادل یک ثانیه لذا دوره تناوب و فرکانس طبیعی تجربی برابر است با:

$$T_n = \frac{65}{20.93} = 3.1s$$

$$\omega_n = \frac{2\pi}{3.1s} = 2.025$$

پس از محاسبه فرکانس طبیعی تجربی برای هر جرم این مقادیر با مقادیر تئوری مقایسه شده و بصورت جدول پایین گزارش میگردد .

M(kg)	ω_n تجربی	ω_n تئوری
۱		
۱.۵		
۲		
۲.۵		
۳		
۳.۵		
۴		

پرسش ها

۱- درصد خطا میان فرکانس طبیعی تئوری و تجربی چقدر میباشد.

۲- دلایل اختلاف مقادیر تئوری و تجربی در چیست؟

۳- چرا با آنکه سیستم دمپر ندارد دچار افت دامنه میشود؟

آزمایش سوم: بررسی رابطه فرکانس طبیعی با سختی فنر

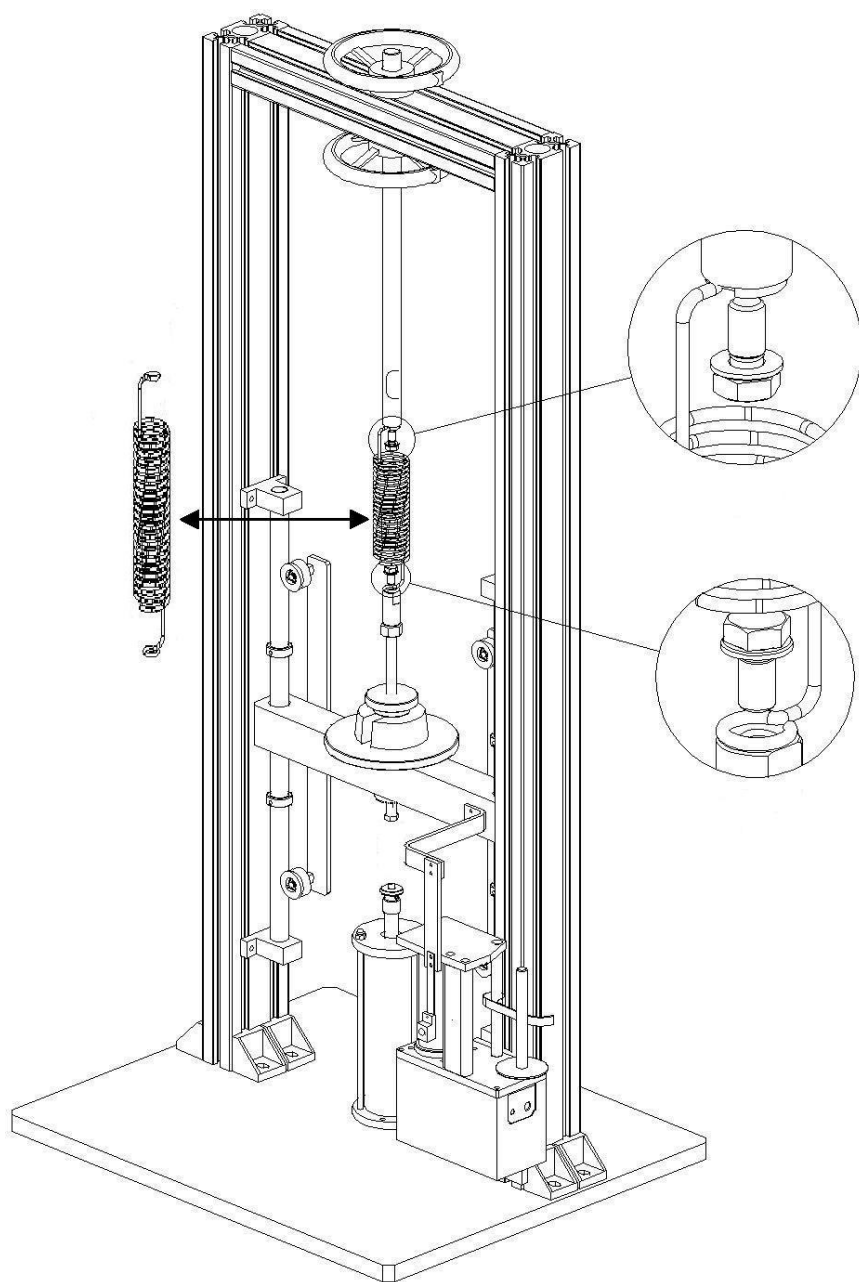
تئوری آزمون

روابط تئوری این آزمون کاملاً مانند آزمون دوم میباشد .

روش انجام آزمون:

برای بررسی اثر سختی فنر بر پاسخ سیستم و فرکانس طبیعی لازم است مانند آزمون پیشین دمپر از بلوک جدا شود . مقدار جرم در این آزمایش ثابت میباشد و تغییرات تنها بر روی فنر سیستم نوسان کننده اعمال میگردد .

برای انجام این آزمایش نخست یک وزنه ثابت مثلاً (۲ کیلو گرم) در نظر گرفته میشود در مرحله بعد سیستم رسم گراف درست مانند توضیحات مرحله قبل آماده میشود. برای تعویض فنر مطابق شکل ۷ دو عدد مهره مورد نظر باز شده و فنر از بلوک نوسان کننده جدا شود. به لحاظ ایمنی در هنگام باز کردن فنر میبایست با یک دست وزن بلوک نوسان کننده مهار شود تا با باز شدن فنر بلوک و متعلقات به دمپر دستگاه برخورد ننماید. سپس با قرار دادن وزنه ها موقعیت ابتدایی نوسان بلوک مقداری تغییر کرده و بنابراین بلوک از میانه کورس نوسان خارج میشود. برای جبران این قضیه با استفاده از فلکه بالا و پایین مجموعه بلوک و متعلقات بالا کشیده میشود تا بلوک دوباره در موقعیت میانه کورس جهت نوسان کامل قرار گیرد. همچنین برای رسم گراف لبه کاغذ به سطح غلطک مربوطه چسبانده میشود و موتور غلطک روشن میگردد. حال بلوک به همراه مداد با دست به سمت پایین جابجا شده و رها میگردد در نتیجه گراف بر روی کاغذ رسم میگردد و دو باره مانند محاسبات بالا فرکانس طبیعی برای هر فنر از گراف استخراج میگردد و در جدول پایین تنظیم میشود.



شکل ۷

$K(N/mm)$	ω_n تجربی	ω_n تئوری

پرسش ها

۱- درصد خطا میان فرکانس طبیعی تئوری و تجربی چقدر میباشد.

۲- دلایل اختلاف مقادیر تئوری و تجربی در چیست؟

آزمایش چهارم

تئوری

در ارتعاشات آزاد با استهلاک ویسکوز انرژی در هر سیکل از سیستم خارج شده تا در نهایت نوسانگر از حرکت بایستد. بدین منظور میبایست به معادلات ارتعاش ویسکوز پارامتر $F=-cV$ اضافه گردد. بنابراین خواهیم داشت:

$$m\ddot{x} = -c\dot{x} - kx \quad (h)$$

که در نتیجه معادله دیفرانسیل زیر بدست می آید:

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = 0 \quad (i)$$

و حل کلی آن بصورت زیر میباشد:

$$x(t) = C_1 e^{\left\{\frac{-c}{2m} + \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}\right\}t} + C_2 e^{\left\{\frac{-c}{2m} - \sqrt{\left(\frac{c}{2m}\right)^2 - \frac{k}{m}}\right\}t} \quad (j)$$

برای بررسی بهتر معادله بالا نیاز به تعریف C_c به عنوان ضریب بحرانی دمپینگ و ξ نسبت دمپینگ میباشد:

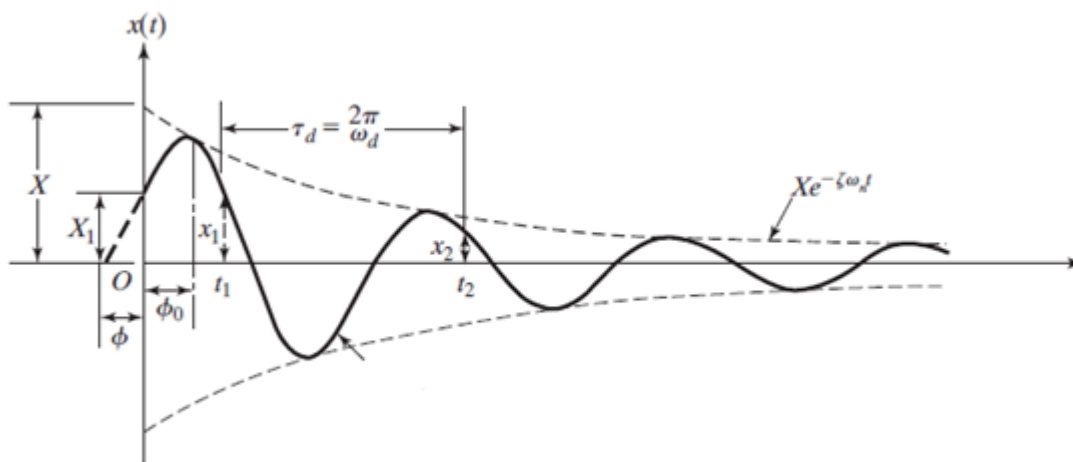
$$C_c = 2\sqrt{km} \quad (k)$$

$$\xi = \frac{C}{C_c} \quad (l)$$

با توجه به آنکه آزمایش برای حالت $\xi \geq 1$ میباشد ، خواهیم داشت:

$$x(t) = X e^{-\xi \omega_n t} \cos(\sqrt{1 - \xi^2} \omega_n t - \Phi) \quad (o)$$

و گراف مربوطه مطابق شکل ۸ میباشد که در این رابطه فرکانس میرایی بصورت $\omega_d = \sqrt{1 - \xi^2} \omega_n$ تعریف میگردد .

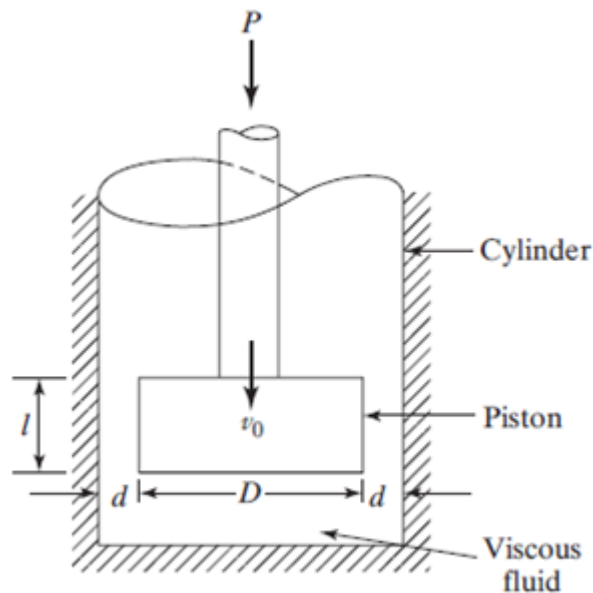


شکل ۸

در این حالت برای دامنه های گراف خواهیم داشت:

$$\delta = \ln \frac{x_1}{x_2} = \frac{2\pi}{\omega_d} * \frac{C}{2m} \quad (q)$$

برای محاسبه ضریب دمپینگ دمپر ساده (حالت سوراخ بسته) بصورت تئوری میتوان از رابطه پایین استفاده نمود که همانطور در شکل ۹ میبینید D قطر پیستون، l ضخامت پیستون و d لقی بین سیلندر و پیستون میباشد.



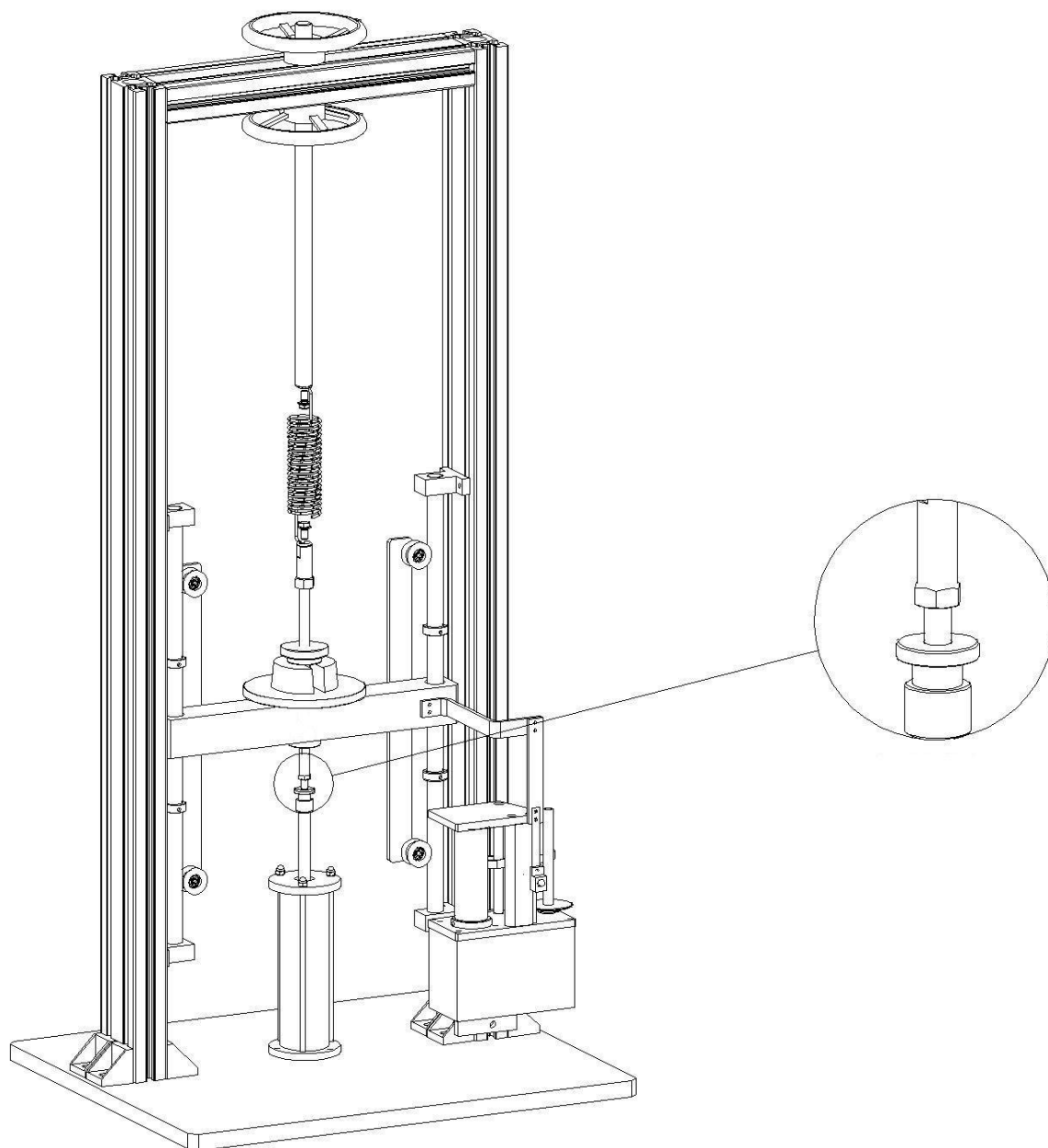
شکل ۹

$$C = \mu \left[\frac{3\pi D^3 L}{4d^3} \left(1 + \frac{2d}{D} \right) \right] \quad (r)$$

روش انجام آزمون

هدف از این آزمون بدست آوردن ضریب دمپر با استفاده از نسبت دامنه گراف در حالت ویسکوز میباشد. برای آغاز کار بخش دمپر دستگاه بکمک مهره اتصال دمپراز پایین به بلوک نوسان کننده وصل میگردد (مطابق شکل ۱۰) و ضمناً میبایست حالت دمپر با استفاده از پیچ تنظیم دمپر بر روی حالت سوراخها بسته یا باز قرار میگیرد که لازم بذکر است در هر حالت ضریب دمپینگ مقدار مشخصی میباشد. جرم مشخصی مانند (۱ کیلو گرم) بر روی نشیمنگاه وزنه نصب و با قطعه محکم کننده در جای خود بر روی بلوک ثابت میگردد و همچنین میبایست بلوک نوسان کننده در موقعیت میانی کورس خود

با استفاده از فلکه بالا و پایین قرار گیرد . به منظور رسم گراف لازم است توپی کاغذ درون نشیمنگاه کاغذ قرار گرفته و کاغذ کم کم از توپی باز شود و در انتها زبانه کاغذ پس از عبور از روی میز رسم به سطح غلطک کاغذ چسبانده میشود .



شکل ۱۰

در مرحله بعد موتور غلطک کاغذ با زدن کلید مستقر بر روی جعبه برق روشن شده و شروع به جمع کردن کاغذ مینماید سپس در این شرایط بلوک نوسان کننده به سمت پایین جابجا شده و رها میگردد. در نتیجه بلوک نوسان کننده بدلیل اضافه شدن بخش دمپر در تعداد سیکل کمتر متوقف میگردد. هنگامی که تغییرات دامنه نوسان ثابت شد حرکت دورانی غلطک کاغذ با زدن دکمه مربوطه متوقف شده و اپراتور با بریدن کاغذ گراف آن را از بخش رسم گراف بیرون میآورد.

برای بدست آوردن نسبت دامنه $\frac{x_1}{x_2}$ گراف نیاز است با استفاده از خط کش دامنه اول x_1 و دوم x_2 مطابق شکل از روی گراف بدست آمده اندازه گیری شود. همچنین مقدار

فرکانس میرایی ω_d تجربی میبایست از روی گراف مانند روش محاسبه ω_n در دو آزمایش قبلی بدست آید تا در نهایت با جایگذاری در رابطه شماره مقدار C تجربی بدست میآید.

لازم بذکر است بدلیل وجود هوا و اصطکاک در محیط میبایست مقدار کاهش دامنه در حالت بدون ویسکوز از دامنه گراف در حالت با ویسکوز لحاظ شود. در پایان میبایست مقدار C تئوری (فرمول (I)) با C عملی (در حالت سوراخ بسته پیستون) مطابق جدول پایین مقایسه شوند.

در حالت سوراخ پیستون بسته					
M(kg)	K(N/mm)	x_1 (mm)	x_2 (mm)	C تجربی	C عملی

پرسشها

۱- اختلاف و در صد خطا مقدار تئوری C و عملی C چقدر میباشد؟

۲- دلایل تفاوت نتایج را ذکر کنید؟

۳- رابطه ای تئوری برای حالت سوراخ باز پیستون 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