****

آزمایشگاه دینامیک و ارتعاشات

آزمایش جاذب

**هدف**

هدف از انجام این آزمایش مشاهده و بررسی اثر جاذب ارتعاشات بر روی یک سیستم بدون مستهلک کننده می باشد.

**مقدمه**

هنگامی که در یک سیستم ارتعاشی با یک درجه آزادی فرکانس تحریک با فرکانس طبیعی سیستم برابر شود پدیده ی تشدید اتفاق می افتد که اگر سیستم فاقد میراکننده باشد دامنه ی ارتعاش بسیار زیاد خواهد بود و می تواند به سیستم آسیب جدی وارد سازد. حالت تشدید را می توان با اضافه کردن یک جرم و فنر کمکی و تشکیل یک سیستم دو درجه آزادی حذف نمود.

**تئوری**

یک سیستم جرم و فنر با مشخصات $k\_{2}$ و $m\_{2}$ که با فرکانس تحریک نیروی محرک هماهنگ باشد بطوری که $ω^{2}={k}/{m}$، به عنوان جاذب ارتعاشات عمل خواهد کرد. سیستم اصلی با مشخصات $k\_{1}$ و $m\_{1}$ با نیروی محرک هارمونیک $F=F\_{0}sin⁡(ωt)$ تحریک می شود. مطابق شکل (1) با اضافه نمودن سیستم $k\_{2}$ و $m\_{2}$ به سیستم اصلی یک سیستم دو درجه آزادی بوجود می آید.



شکل 1: شکل شماتیک سیستم دو درجه آزادی با نیروی محرکه ی هارمونیک

معادلات دیفرانسیل حرکت این سیستم دو درجه آزادی بصورت زیر است:

|  |  |
| --- | --- |
| $$m\_{1}\ddot{x}\_{1}+k\_{2}\left(x\_{1}-x\_{2}\right)+k\_{1}x\_{1}=F\_{0}\sin(\left(ωt\right))$$ | (1) |
| $$m\_{2}\ddot{x}\_{2}+k\_{2}\left(x\_{2}-x\_{1}\right)=0$$ | (2) |

فرض کنیم پاسخ ارتعاشات اجباری به شکل زیر باشد:

|  |
| --- |
| $$x\_{1}=X\_{1}\sin(\left(ωt\right))$$ |
| $$x\_{2}=X\_{2}\sin(\left(ωt\right))$$ |

در این صورت معادلات فوق بر حسب دامنه ها به شکل زیر در می آید:

$$\left[1+\frac{k\_{2}}{k\_{1}}-\left(\frac{ω}{ω\_{11}}\right)^{2}\right]X\_{1}-\left(\frac{k\_{2}}{k\_{1}}\right)X\_{2}=X\_{0}$$

$$\left[1-\left(\frac{ω}{ω\_{22}}\right)^{2}\right]X\_{2}-X\_{1}=0$$

رفتار سیستم با مطالعه دامنه هر یک از جرمها مشخص می شود.

|  |  |
| --- | --- |
| $$\frac{X\_{1}}{X\_{0}}=\frac{\left[1-\left(\frac{ω}{ω\_{22}}\right)^{2}\right]}{\left[1+\frac{k\_{2}}{k\_{1}}-\left(\frac{ω}{ω\_{11}}\right)^{2}\right]\left[1-\left(\frac{ω}{ω\_{22}}\right)^{2}\right]-\frac{k\_{2}}{k\_{1}}}$$ | (3) |
| $$\frac{X\_{2}}{X\_{0}}=\frac{1}{\left[1+\frac{k\_{2}}{k\_{1}}-\left(\frac{ω}{ω\_{11}}\right)^{2}\right]\left[1-\left(\frac{ω}{ω\_{22}}\right)^{2}\right]-\frac{k\_{2}}{k\_{1}}}$$ | (4) |

از معادلات فوق دیده می شود هنگامی که $ω\_{22}=ω$، دامنه ی $X\_{1}$ جرم اصلی $m\_{1}$ برابر صفر می شود و در این صورت دامنه ی ارتعاش جاذب به شکل زیر خواهد بود.

$$X\_{2}=-\left(\frac{k\_{2}}{k\_{1}}\right)X\_{0}=-\frac{F\_{0}}{k\_{2}}$$

که علامت منفی نشان می دهد که $X\_{1}$ با نیروی محرک 180 درجه اختلاف فاز دارد. در واقع $X\_{1}$ در این فرکانس صفر می شود؛ زیرا نیروی اعمال شده $k\_{2}X\_{2}$ که بوسیله ی جاذب به سیستم اصلی $m\_{1}$ وارد می شود مساوی و در خلاف جهت نیروی محرک $F\_{0}$ می باشد و این اساس کار جاذب است.

**شرح دستگاه آزمایش**

سیستم اصلی در این آزمایش تشکیل شده است از یک تیر که در داخل دو تکیه گاه بلبرینگی قرار گرفته و یکی از تکیه گاه ها لولایی و دیگری ساده می باشد. یک موتور دور متغیر به عنوان مولد حرکت ارتعاشی در وسط تیر نصب شده است. سیستم فرعی یک جاذب ارتعاش بوده که به سیستم اصلی اضافه گردیده و می توان آنرا معادل یک تیر یک سر گیردار در نظر گرفت که در پایین موتور نصب شده است. جاذب تشکیل شده از دو جرم مساوی که به تسمه های فنری متصل گردیده اند و با تغییر محل آنها بر روی تسمه ها فرکانس طبیعی آن قابل تغییر است. لذا برای هر فرکانس تحریک موتور می توان وزنه ها را در فاصله ی مناسبی قرار داد تا ارتعاش سیستم اصلی از بین برود.

جرم هر یک از وزنه های جاذب 168 گرم $\left(m\right)$ و جرم هر دو تسمه فنری برابر 5/106 گرم $(2m\_{0})$ و مدول الاستیک آن 206 گیگا پاسکال $\left(E\right)$ می باشد. پهنای هر تسمه 4/11 میلیمتر $(b)$ و ضخامت آن ها 4/1 میلیمتر $(h)$ است.

از رابطه ی مربوط به تیر یک سر گیر دار، فرکانس ارتعاشات جاذب را می توان بصورت زیر نوشت:

|  |  |
| --- | --- |
| $$f=\frac{1}{2π}\sqrt{\frac{3EI}{\left(m+0.236m\_{0}\right)L^{3}}}$$ | (5) |

**روش انجام آزمایش**

دستگاه را روشن کنید و با چرخاندن کلید تنظیم سرعت دور موتور را بتدریج زیاد کنید تا دستگاه به دور بحرانی برسد و در این حالت سرعت بحرانی را یادداشت کنید. جاذب ارتعاش را در زیر موتور قرار داده و سپس دو جرم فرعی را به طور همزمان و متقارن در امتداد تسمه های فنری آنقدر جابجا کنید تا ارتعاش سیستم اصلی از بین برود. حال طول دو جرم فرعی سیستم را اندازه گیری کنید. با اطلاعات بدست آمده می توان فرکانس طبیعی جاذب را از رابطه ی (5) بدست آورد.

**خواسته های آزمایش**

1- طبق مشاهدات، فرکانس بحرانی سیستم چند $rpm$ و چند هرتز $(Hz)$ است.

$$f=19 Hz=1140 rpm$$

 2- فرکانس بحرانی را از رابطه ی داده شده بدست آورده و با مقدار مشاهده شده مقایسه کنید.

$$m=2\*168=336 gr , m\_{0}=106.5 gr , E=206 Gpa , L=0.087 m$$

|  |  |
| --- | --- |
| $$I=\frac{1}{12}b\_{t}h^{3}$$ | (6) |

$$b\_{t}=2\*b=2\*11.4=22.8 mm , h=1.4 mm$$

$$I=\frac{1}{12}\*22.8\*10^{-3}\*\left(1.4\*10^{-3}\right)^{3}=5.2\*10^{-12} m$$

$$f=\frac{1}{2π}\sqrt{\frac{3EI}{\left(m+0.236m\_{0}\right)L^{3}}}=\frac{1}{2π}\sqrt{\frac{3\*206\*10^{9}\*5.2\*10^{-12}}{\left(0.336+0.236\*0.1065\right)\left(0.087\right)^{3}}}=18.5 Hz$$

3- تحقیق کنید رابطه ی داده شده برای فرکانس بحرانی این سیستم چگونه به دست آمده است.

|  |  |
| --- | --- |
| $$f=\frac{1}{2π}ω$$ | (7) |
| $$ω=\sqrt{{k}/{m\_{s}}}$$ | (8) |

برای تیر یک سر گیر دار داریم:

|  |  |
| --- | --- |
| $$k=\frac{3EI}{L^{3}}$$ | (9) |

برای سیستم فرعی شامل وزنه و تسمه ها باید جرم معادل $m\_{s}$ را بدست آورد که جرم تسمه ها را نیز شامل شود. برای تیر یک سر گیر دار با جرم وزنه ی $m$ و جرم تسمه ی $m\_{0}$ داریم:

|  |  |
| --- | --- |
| $$m\_{s}=m+0.263m\_{0}$$ | (10) |

بنابراین با توجه به روابط بالا رابطه ارائه شده (5) حاصل می شود.

4- اگر بر روی میله متصل به تیر دو سر مفصل (سیستم اصلی) وزنه قرار دهیم، فرکانس طبیعی سیستم چه تغییری می کند.

با در نظر گرفتن رابطه ی کلی (8) با افزایش جرم سیستم به نحوی که روی سختی معادل سیستم تاثیر نگذارد فرکانس طبیعی سیستم کاهش می یابد.