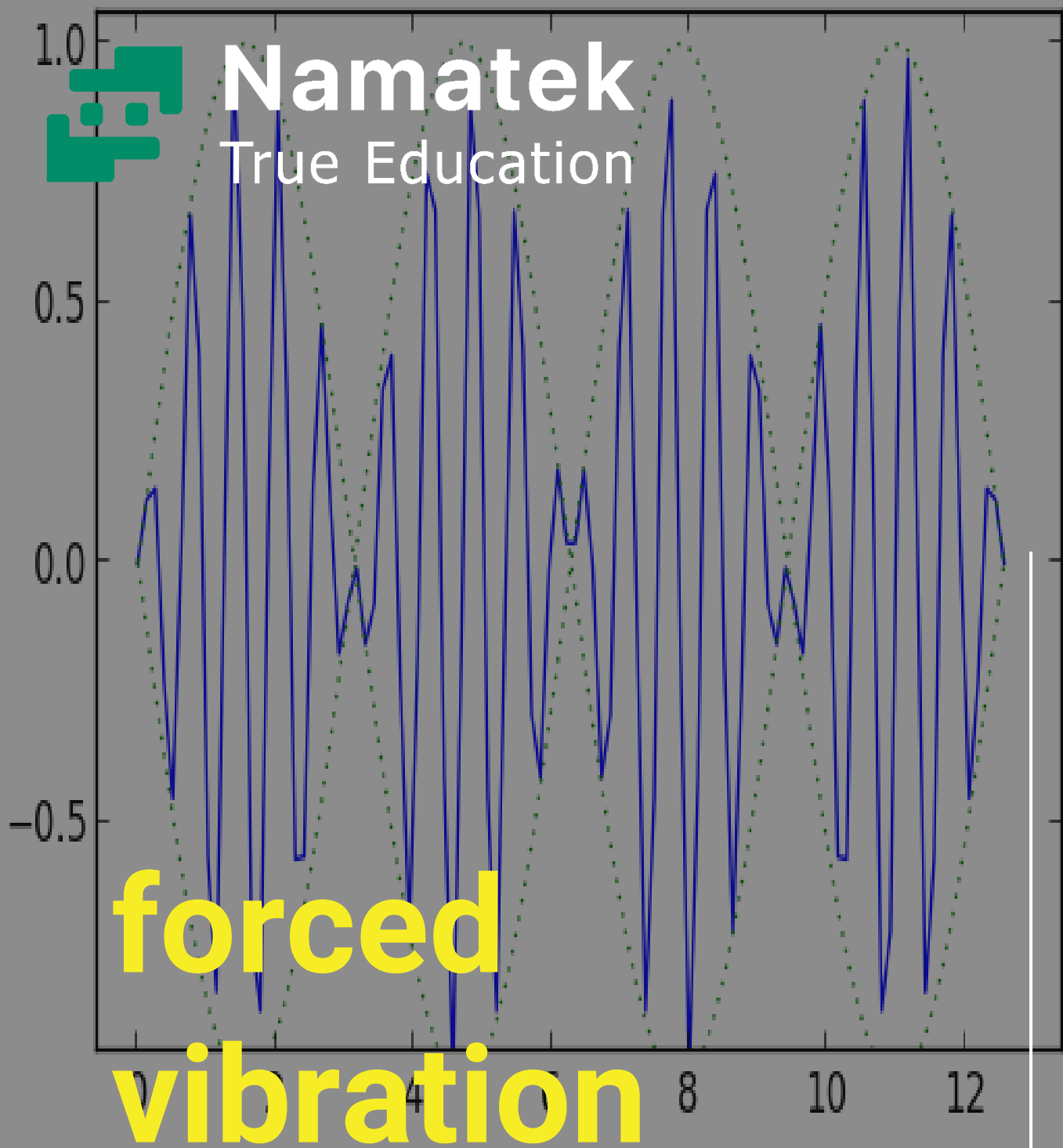




Namatek
True Education



www.namatek.com

ارتعاش اجباری

فهرست مطالب

۱. طبقه بندی عمومی ارتعاشات
۲. ارتعاشات اجباری نامیرا
۳. آشنایی با مولدهای ارتعاش اجباری سازه
۴. چرا باید ارتعاشات اجباری را شناسایی کنیم؟
۵. پدیده رزونانس در ارتعاش اجباری
۶. معادلات ارتعاش اجباری

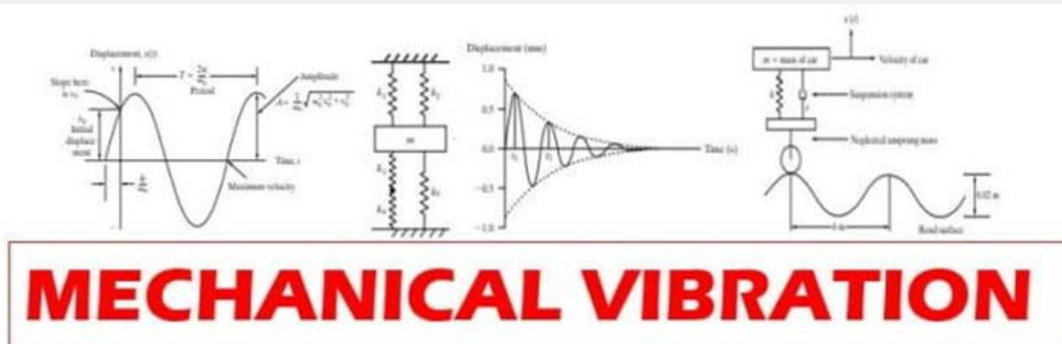
ارتعاشات مکانیکی به طور کلی به دو دسته ارتعاش اجباری و ارتعاش آزاد تقسیم می شوند. منبع این ارتعاشات می تواند به دو شکل متفاوت، ثابت یا متغیر باشد؛ اما اساسا مفهوم ارتعاشات اجباری چیست؟

در این مقاله به بررسی مفهوم ساده ارتعاش اجباری نامیرا در مهندسی مکانیک خواهیم پرداخت. برای آشنایی با این مفهوم فیزیکی تا انتها همراه ما باشید.

#۱ طبقه بندی عمومی ارتعاشات

پیش از آن که به بررسی ارتعاش اجباری بپردازیم، باید با مفهوم ارتعاش مکانیکی و انواع آن آشنا شویم. علم "ارتعاشات مکانیکی" که به لاتین Mechanical Vibration نامیده می شود، عبارت است از بررسی و مطالعه سیستم های نوسانی برای به دست آوردن پاسخی در یک بازه زمانی که به آن دوره تناوب گفته می شود.

یکای مورد استفاده دیگری در رابطه با این موضوع، معکوس دوره تناوب، یعنی فرکانس است که استفاده از هر دوی این یکاها درباره بررسی ارتعاشات مرسوم است.



$$x_f(t) = \frac{\sqrt{r_{12}^2 + r_{22}^2}}{\omega_2} \sin\left(\omega_2 t + \tan^{-1} \frac{\omega_2 r_{12}}{r_{22}}\right)$$

$$x_f(t) = \frac{\sqrt{r_{12}^2 + r_{22}^2}}{\omega_2} \sin\left(\omega_2 t + \tan^{-1} \frac{\omega_2 r_{12}}{r_{22}}\right) \quad \frac{X}{Y} = \left[\frac{1 + (2\zeta r)^2}{(1 - r^2)^2 + (2\zeta r)^2} \right]^{1/2}$$

$$\begin{bmatrix} m_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & m_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & m_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & m_4 \end{bmatrix} \ddot{\mathbf{x}} + \begin{bmatrix} k_1 + k_2 & -k_2 & 0 & 0 \\ -k_2 & k_2 + k_3 & -k_3 & 0 \\ 0 & -k_3 & k_3 + k_4 & -k_4 \\ 0 & 0 & -k_4 & k_4 \end{bmatrix} \mathbf{x} = \mathbf{0}$$

ارتعاشات بر چند دسته استوار هستند:

- ارتعاش آزاد (Free vibration)

در صورتی که نیروهایی برای تحریک خارجی وجود نداشته باشند و هر ارتعاشی که در سیستم اتفاق می افتد تحت تاثیر نیروهای ذاتی سیستم باشد، ارتعاش آزاد نامیده می شود. در این حالت چند فرکانس طبیعی توسط خود سیستم منتشر می شود.

- ارتعاش اجباری (Forced vibration)

در این حالت ارتعاش ها توسط نیروهای خارجی انجام می پذیرند. هر زمان که انرژی خارجی به سیستم وارد شود، سبب ایجاد ارتعاشاتی در آن سیستم می شود که این ارتعاش می تواند به شکل هارمونیک، غیر هارمونیک، تصادفی یا متناوب باشد. این ارتعاش و تحریک اگر به شکل هارمونیک باشد، پاسخ دریافتی نیز هارمونیک خواهد بود و اگر تحریک نامتناوب و تصادفی باشد، پاسخ تحریک گذرا است.

ما در این مقاله به سراغ معرفی این نوع از ارتعاشات مکانیکی می رویم.

- ارتعاش نامیرا (Undamped vibration)

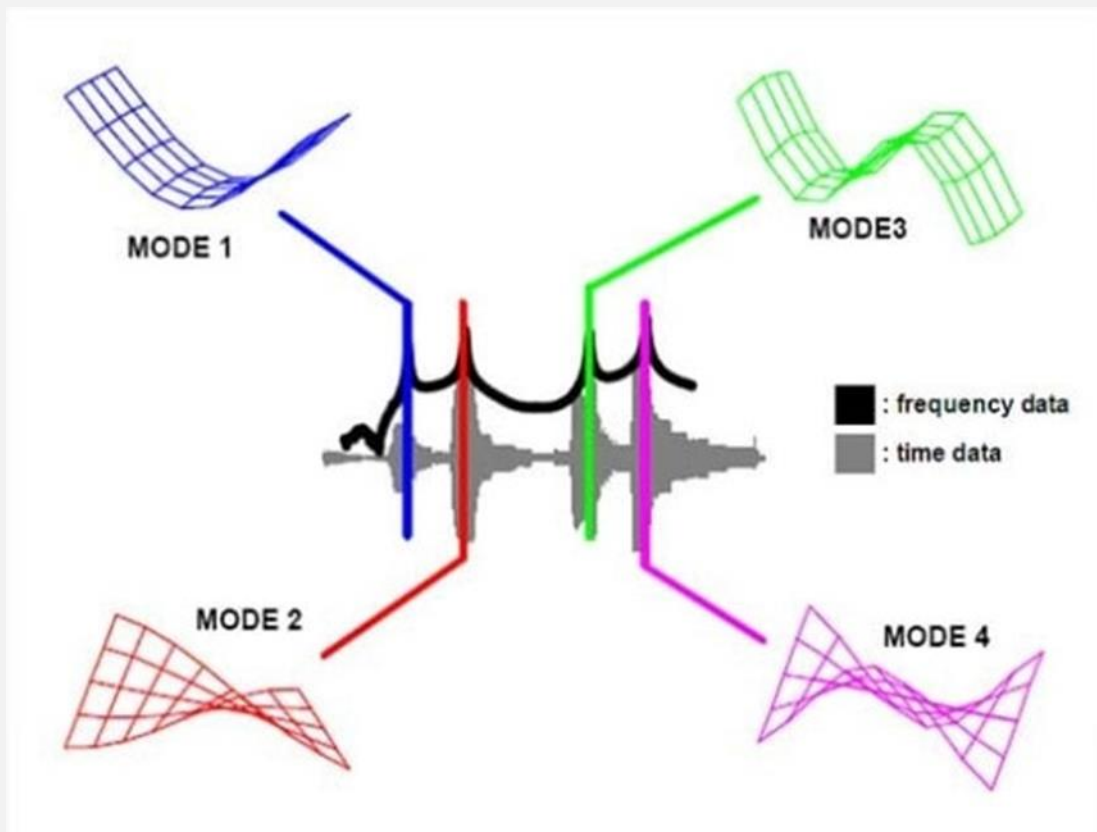
اگر ارتعاش یا تحریک، در اثر اصطکاک یا هر عامل بازدارنده انرژی دیگری در هنگام نوسان از بین نرود، آن ارتعاش نامیرا نامیده می شود.

- ارتعاش میرا (Damped vibration)

اگر بتوان ارتعاش را کنترل کرد و انرژی آن را کاهش داد، ارتعاش میرا خواهد بود.

#۲ ارتعاشات اجباری نامیرا

در ابتدا لازم است بدانیم که تفاوتی ندارد وضعیت میرایی به چه شکل باشد، اعم از فوق میرایی، میرایی بحرانی یا زیر میرایی، در هر صورت ارتعاشات آزاد پس از گذر زمان محدودی از حرکت می ایستند.



برای این که این علم را به آزمایش بگذاریم و میزان مقاومت سازه در مقابل تحرکات یا ارتعاشات اجباری را بسنجیم از مولدهای ارتعاشی کمک گرفته و با استفاده از این دستگاه های آزمایشگاهی که مانند یک موتور برق هستند، اما به تولید ارتعاش می پردازند، به ویژگی های ارتعاشی سازه دست پیدا می کنیم.

این کار با کمک تغییر فرکانس در دستگاه مولد صورت می پذیرد؛ بنابراین در این شرایط ما نمودارهای پاسخ و فرکانسی ترسیم می کنیم تا متوجه شویم هر طبقه از سازه چه میزان ارتعاش اجباری و طبیعی را می تواند متحمل شود.

#۳ آشنایی با مولدهای ارتعاش اجباری سازه

درباره ایجاد ارتعاش اجباری درون سازه به منظور دریافت میزان میرایی آن آشنا شدیم؛ اما این دستگاه چه نام دارد و چگونه عمل می کند؟ دستگاه مولد ارتعاش یا exciter یک نیروی هارمونیک بر سازه اعمال می کند که ما با ثبت پاسخ سازه در حدود این فرکانس ایجاد شده، می توانیم نسبت میرایی و فرکانس طبیعی را از داده های حقیقی به دست آوریم.

این دستگاه ها دو نوع دارند:

۱. مولد ارتعاش دورانی

این دستگاه شامل دو جرم است که در جهت خلاف هم حرکت می کنند؛ اما حول یک محور حرکت می کنند و همین حرکت سبب ایجاد نیرویی می شود که به سازه اعمال می گردد. از ویژگی های این مولد، توانایی تغییر وزنه ها است که این امر سبب تغییر نیروی دورانی و بالطبع تغییر فرکانس می شود.

۲. مولد ارتعاش لغزشی

مولد ارتعاش دورانی برای تولید نیرو با دوره تناوب بالا و فرکانس کم، مناسب نیست. به همین دلیل باید از مولد ارتعاش لغزشی بهره ببریم. ساختار این دستگاه به شکلی است که یک جرم مشخص در طول یک محور حرکت رفت و برگشت انجام می دهد و نیروی لازم برای ارتعاش را ایجاد می کند.

در نهایت باید بدانیم که ما پاسخ سازه به ارتعاش اجباری را فارغ از این که از چه روشی تولید شده است، از طریق منحنی پاسخ فرکانس و یا منحنی تشدید به دست می آوریم. این پاسخ می تواند به اشکال گوناگونی از جمله سرعت، تغییر مکان و یا مشتق این دو یعنی تغییر شتاب باشد.



#۴ چرا باید ارتعاشات اجباری را شناسایی کنیم؟

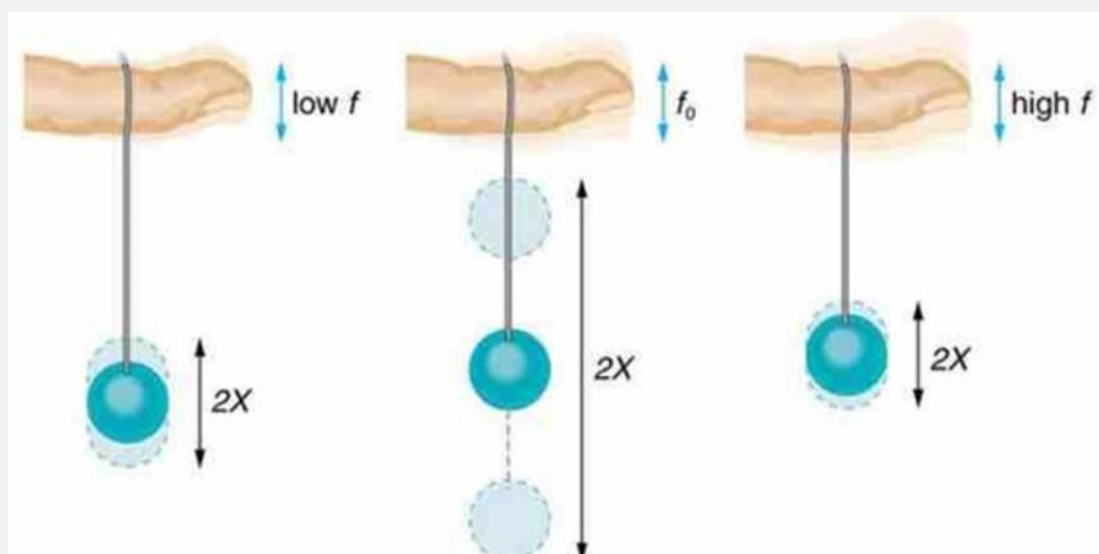
با ارتعاش اجباری، انواع و نحوه تولید آن آشنا شدیم؛ اما ممکن است این سوال در ذهن ما به عنوان یک مخاطب عام و یا حتی مهندس رشته مکانیک شکل بگیرد که اساسا چرا باید این ارتعاشات را شناسایی کنیم؟

آثار مخرب ارتعاشات ممکن است به قیمت جان ساکنان یک سازه تمام شود. به طور مثال زمین لرزه را در نظر بگیرید.

اگر هر سازه ای پیش از این که گواهی پایان کار بگیرد، بتواند در آزمایشات انجام شده مقاومت مناسبی از خود نشان دهد، قطعاً می تواند در مقابل ارتعاشی مانند زلزله مستحکم باشد. این امر با جذب لرزش ها و تحرکات و ارتعاشات اجباری و میرا کردن این ارتعاشات امکان پذیر می شود؛ بنابراین شناخت دامنه ارتعاشات و شناسایی آن ها از اهمیت بالایی برخوردار است.

#۵ پدیده رزونانس در ارتعاش اجباری

پدیده رزونانس یکی از آثار مخرب مکانیکی است که می تواند منجر به از بین رفتن و شکستن سازه های عظیمی از جمله پل های معلق و بال های هواپیما شود؛ اما علت اتفاق افتادن رزونانس چیست؟



اگر در حالتی که ارتعاش اجباری در سازه داریم، فرکانس نیروی محرک که از طریق مولد به وجود آمده، با یکی از فرکانس های طبیعی سیستم که خود به خود وجود دارد، منطبق شود، حالت رزونانس اتفاق خواهد افتاد که این پدیده را با نام تشدید نیز می شناسند.

#۶ معادلات ارتعاش اجباری

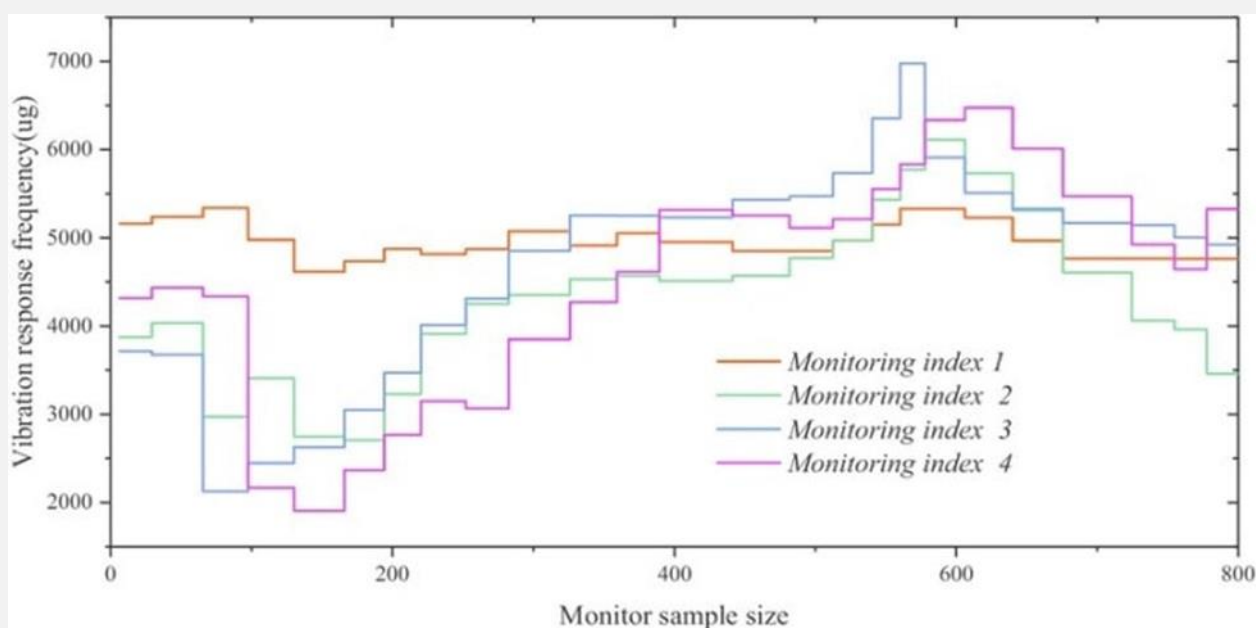
به طور کلی باید دانست که نمی توان از ارتعاشات در مکانیک صحبت کرد و از معادلات آن صرف نظر کرد؛ اما در این مقاله برای سادگی متن از استفاده کردن از معادلات و نام بردن از آن ها چشم پوشی کردیم. هر جسمی در فضا دارای سه درجه آزادی است؛ چرا که می تواند در سه جهت x ، y ، z حرکت کند.

در حالی که جسم صلب در فضا به صورت آزادانه دارای ۶ درجه آزادی است. $(x, y, z, \theta x, \theta y, \theta z)$ به طور کلی تعداد مختصات مستقل یک سیستم برای توصیف حرکت آن را درجه آزادی می گویند. در معادلات ارتعاشی اعم از اجباری و آزاد برای یک سیستم فنر-دمپر (میرا کننده) درجه آزادی ۱ است.

حال این معادلات به دست آمده از سیستم فنر و دمپر، اگر از لحاظ دیفرانسیلی خطی باشند، سیستم ما خطی خواهد بود و اگر معادلات

دیفرانسیل سیستم غیر خطی باشد، پاسخ سیستم نیز به شکل غیر خطی بررسی می گردد.

مهم ترین ویژگی سیستم خطی، پیروی آن از اصل برهم نهی است؛ بدین معنی که اگر دو محرک همزمان به سیستم وارد شوند، پاسخ کلی سیستم مجموعی از پاسخ سیستم به هر کدام از محرک ها است.



سخن آخر

در نهایت باید بدانیم که شناخت ارتعاش های آزاد سیستم و پیدا کردن فرکانس های طبیعی آن امری بسیار حیاتی است و به مقاوم سازی سازه در برابر خطرانی مانند زمین لرزه بسیار کمک خواهد کرد. به همین سبب داشتن علم ارتعاشات اعم از خطی و غیر خطی و هارمونیک و غیره برای هر مهندس مکانیکی از ارزشمندی بالایی برخوردار است.

امید است خواندن این مقاله به شما در فهم آسان مفهوم ارتعاشات مکانیکی و به خصوص ارتعاش اجباری کمک کرده باشد.