هوالعلیم

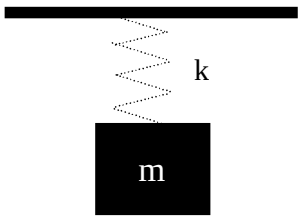
Resonance
By: Arash Eslamdoost

تشدید
نویسنده: آرش اسلام دوست

تا کنون بیشتر از ما سئوال شده که "اگر تشدید[1] بوجود آید چه اتفاقی رخ خواهد داد؟". آیا تا کنون فکر کرده اید که در صورت عدم وجود تشدید چه اتفاقی رخ نمی دهد؟

جواب: در صورت عدم وجود تشدید ما دیگر ساعت پاندولی نداشتیم، امکان صحبت کردن و شنیدن نداشتیم، رادیو، تلویزیون، موبایل، موسیقی و ... نداشتیم!

برای وارد شدن به بحث از سیستم جرم و فنر استفاده می کنیم(شکل (۱)) . اگر یک جرم و فنر جدا از هم داشته باشیم، می توان راجع آن جرم و سختی فنر بطور جداگانه بحث کنیم. اما در صورت ترکیب این دو با هم علاوه بر جرم و سختی فنر خاصیت دیگری هم به وجود خواهد آمد. بدین ترتیب که اگر این جرم و فنر را با یک نیروی خارجی دلخواه تحریک اولیه (در لحظه $t=0$) کنیم شروع به نوسان می کند و فرکانس نوسانات آن مستقل از تحریک خارجی اولیه می باشد. این نوسان نشاندهنده فرکانس طبیعی سیستم جرم و فنر می باشد. در سیستمهای پیچیده اغلب بیش از یک فرکانس طبیعی وجود دارد که علت آن هم دخالت اجزاء مختلف در ساختار چنین سیستمی می باشد.



شکل(۱): سیستم جرم و فنر

رابطه ریاضی حاکم بر این مساله را می توان به صورت زیر استخراج کرد.

اگر به جرم متصل به فنر نیرویی به اندازه F وارد کنیم مشاهده می کنیم که جابجایی در راستای این نیرو بوجود خواهد آمد. میتوان این گفته را بصورت زیر نوشت:

$$F = ma = -kx \quad , \quad a = \ddot{x} \qquad (۱)$$

که در این رابطه k ضریب سختی فنر و $a = \ddot{x}$ شتاب وارده به جرم m می باشد.

[1] Resonance

www.fluid.persianblog.com
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم وصنعت ایران

در نتیجه خواهیم داشت:

$$\ddot{x} = -\frac{k}{m}x \qquad (۲)$$

جواب این معادله دیفرانسیل به صورت زیر می باشد:

$$x = C \sin w_0 t \qquad (۳)$$

با جایگزاری معادله (۲) در معادله (۱) خواهیم داشت:

$$w_0^2 = \frac{k}{m} \qquad (۴)$$

حال اگر نیرویی با فرکانس معین به سیستم اعمال شود معادله (۲) را می توان به صورت زیر نوشت:

$$\ddot{x} = -w_0^2 x + F_0 \sin wt \qquad (۵)$$

ترم دوم سمت راست این معادله بیانگر نیروی دینامیکی وارده به سیستم می باشد.

این معادله دیفرانسیل دارای دو جواب همگن و خصوصی می باشد که حل خصوصی آن بیانگر نوسانات اجباری است که فرکانس w آن با فرکانس برانگیزش یکسان است. می توان فرض کرد که حل خصوصی به صورت زیر است:

$$x = X \sin wt \qquad (۶)$$

که در آن X دامنه نوسان است و می توان آنرا با جایگزاری این رابطه در معادله دیفرانسیل (۵) محاسبه کرد.

$$X = \frac{F_0}{w_0^2 - w^2} \qquad (۷)$$

حال می توان دید که اگر فرکانس تحریک نزدیک فرکانس طبیعی سیستم باشد، مخرج کسر رابطه (۷) به سمت صفر میل می کند و در نتیجه دامنه نوسان به سمت بینهایت میل خواهد کرد. این پدیده را تشدید می گویند.

در حالت کلی می توان گفت که با تحریک یک سیستم با فرکانسی که نزدیک فرکانس طبیعی آن سیستم می باشد به دامنه نوسان بسیار بزرگی می توان رسید، علی رغم اینکه دامنه فرکانس تحریک کوچک باشد.

مثال فیزیکی این پدیده را می توان در تاب بازی مشاهده کرد. ابتدا از حالت سکون شروع می کنیم که شخصی روی تاب سوار می شود. سپس این شخص شروع به تحریک تاب با نوسانات پاهای خود می کند. اگر این نوسانات پا طوری تنظیم شوند که فرکانس آن نزدیک فرکانس طبیعی تاب باشد رفته رفته دامنه نوسانات تاب زیاد می شود. این افزایش دامنه نوسانات می تواند منجر به این شود که تاب ۳۶۰ درجه چرخیده و به جای اول خود برگردد.

حظور پدیده رزونانس را می توان در هنگام نواختن مو سیقی نیز احساس کرد. برای مثال وقتی تار صوتی موجود روی یک آلت موسیقی تحریک می شود، نمی توان گفت که صدای شنیده شده صدای همان تار مرتعش است. بلکه این تار مرتعش باعث تحریک سایر قسمتهای آلت موسیقی (مثلاً هوای محبوس در کاسه تار) می شود و کل این اجزاء با هم شروع به نوسان می کنند و نهایتاً صدایی ناشی از ارتعاش تمام این اجزاء به گوش ما می رسد.

www.fluid.persianblog.com
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم وصنعت ایران

افزایش دامنه نوسانات یک سیستم توسط تحریک اعمال شده از یک عامل خارجی در زندگی روزمره بشر بسیار تاثیرگذار است. بطوریکه بدون وجود این پدیده دیگر ما نمی توانستسم حرف بزنیم، بشنویم، موسیقی بنوازیم، رادیو بسازیم، وسیله ای همانند موبایل داشته باشیم و مثالهای دیگری از این دست. اما اگر این پدیده از کنترل خارج شود می تواند مخرب هم باشد. شاهد این گفته ویرانی پل تاکوما (ایالت واشنگتن، هفتم نوامبر ۱۳۴۰) می باشد که با تحریک اعمال شده از جریان باد فروریخت.

منابع و مراجع:

[۱] جلسه آزمایشگاه هیدرودینامیک، مورخ 1385/8/28

××× **بازنشر الکترونیکی مطلب فوق با ذکر نام وبلاگ بلامانع است.**

××× **بازنشر مکتوب مطالب منوط به اجازه از مدیر وبلاگ می باشد.**

www.fluid.persianblog.com ○
اولین وبلاگ تخصصی در مکانیک سیالات
آزمایشگاه هیدرودینامیک کاربردی دانشگاه علم وصنعت ایران