تخامد (تخميد) الأمواج الصوتية

Damping of Sound Waves

مقدمة (Introduction):

يتحدث هذا الفصل عن ظاهرة التخميد متضمناً تعريف التخميد ومن ثم ذكر تأثيره وأنواعه.

1.5 التخميد (Damping)

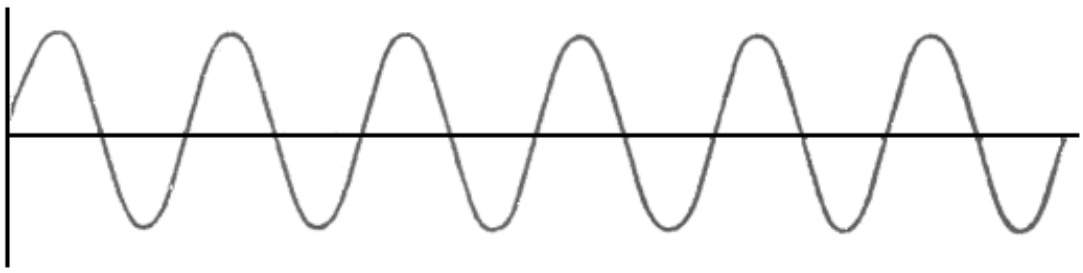
كما تعلمنا سابقاً، أن أي حركة تكرر نفسها على فترات زمنية متساوية تسمى بالحركة الدورية. أما إذا تحرك جسيم في حركة دورية ذهابًا وإيابًا على نفس المسار، فإننا نسمي الحركة بالاهتزاز.

بشكل عام، جميع الهزازات التي تعاملنا معها هي هزازات مثالية. أي لا يوجد احتكاك أو تخميد. في العالم الحقيقي، بالطبع، الأشياء دائمًا ما تتخامد. عليك أن تستمر في دفع الطفل على الأرجوحة أو أنها تستمر في التخامد حتى تقف. أن سيارتك لا تستمر في الاهتزاز بعد المرور عبر حفرة في الطريق. والشوكة الرنانة لا تهتز إلى الأبد بل تنخفض شدتها على مدى فترة طويلة نسبياً (قل حوالي نصف دقيقة). حيث تفقد الشوكة الرنانة الطاقة كحرارة (سواء داخلياً نتيجة لفقدان الحرارة أثناء التشوه المادي أو خارجياً نتيجة الاحتكاك بالهواء). وبالتالي المباني والجسور والساعات والأصوات والأطفال، أي كل الهزازات الحقيقية تتخامد. العديد من هذه الأجسام المهتزة لا تتحرك ذهابًا وإياباً خلال زمن محدد بحدود ثابتة، لأن قوى الاحتكاك تبدد طاقة الحركة. وهكذا يتوقف النواس عن الاهتزاز بعد مرور بعض الزمن.

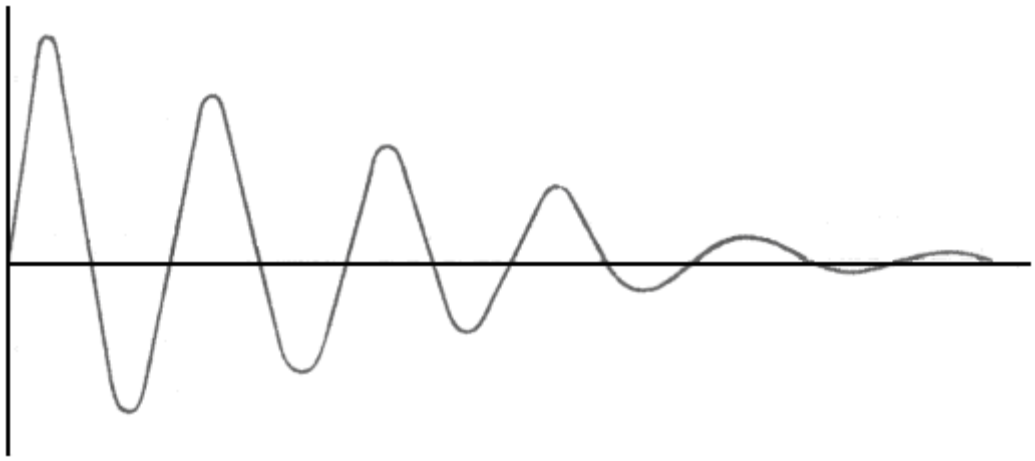
في أي جملة مهتزة حقيقية، تتناقص سعة الاهتزاز بمرور الزمن حتى تتوقف تماماً في النهاية. يدعى هذا التأثير بالتخامد (التخميد)، وذلك بشكل عام بسبب مقاومة الهواء أو الاحتكاك الداخلي. أي تتبدد الطاقة إلى طاقة حرارية بمرور الزمن. حيث يستخدم مصطلح التبديد ليعني تحويل الطاقة الميكانيكية إلى شكل آخر من أشكال الطاقة، وبالتالي، مما يؤدي في النهاية لإزالة الطاقة الميكانيكية من الجملة المهتزة.

كما هو معروف، فإن الموجة الجيبية هي شكل موجة تم إنشاؤها بواسطة جملة تتميز بحركة توافقية بسيطة (simple harmonic motion). حيث يحدد شكلُ الموجة (waveform) الصوتية طبيعة الصوت وتواتره الأساسي وتوافقياته التي يتركب منها ويحدّد تغير انزياح نقاط الجسم المهتز بدلالة الزمن والموضع.

أن الجملة المثالية والتي تتحرك بحركة توافقية بسيطة هي الجملة التي لا تفقد أي طاقة (أو تتجدد طاقتها من خارج الجملة) كما هو واضح في الشكل 1.5. يمكن أيضاً تسمية مثل هذا الشكل الموجي بالشكل الموجي المستمر حيث يستمر إلى ما لانهاية دون أن تتناقص شدته إلى درجة الصفر. بينما يُعرف الشكل الموجي المخمّد بالشكل الموجي غير المستمر (الشكل 2.5).



الشكل 1.5: يعبّر عن الجملة المثالية والتي تتحرك بحركة توافقية بسيطة حيث تستمر في الاهتزاز إلى ما لانهاية دون أن تتناقص شدتها إلى درجة الصفر.

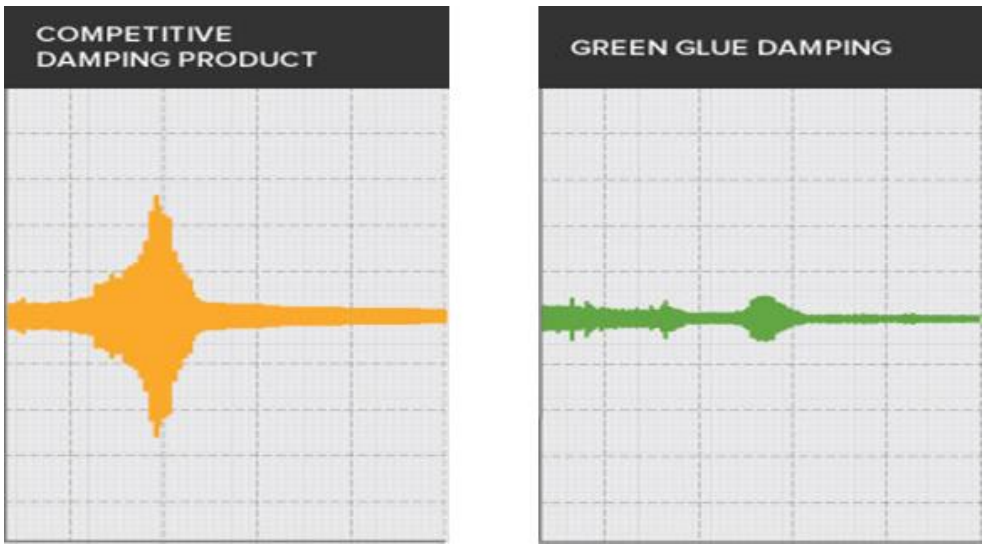


الشكل 2.5: يعبّر عن الشكل الموجي المخمّد والذي يعرف أيضاً بالشكل الموجي غير المستمر.

التخميد هو أحد الجوانب الأساسية لمنع الضوضاء في هيكل جدار جديد أو قديم. ببساطة، التخميد يتعلق بتقليل أو التخلص من الطاقة المخزنة الناتجة عن الصوت. إذا قمت بوضع جدار بين غرفتين ولم يكن هناك أي تخميد (عملية عزل) للجدار، فسينتشر الصوت من الغرفة الأولى ببساطة عبر الحائط ويدخل الغرفة المجاورة كصوت. إذا كنت ترغب في عزل هذا الصوت، فأنت تريد أفضل تخميد يمكنك العثور عليه. حيث يعمل التخميد أولاً عن طريق تقليل الاهتزاز الناجم عن الصوت، والمعروف باسم الصدى (التجاوب)، ثم عن طريق تبديد هذا الاهتزاز أثناء انتقاله عبر هيكل مثل الجدار.

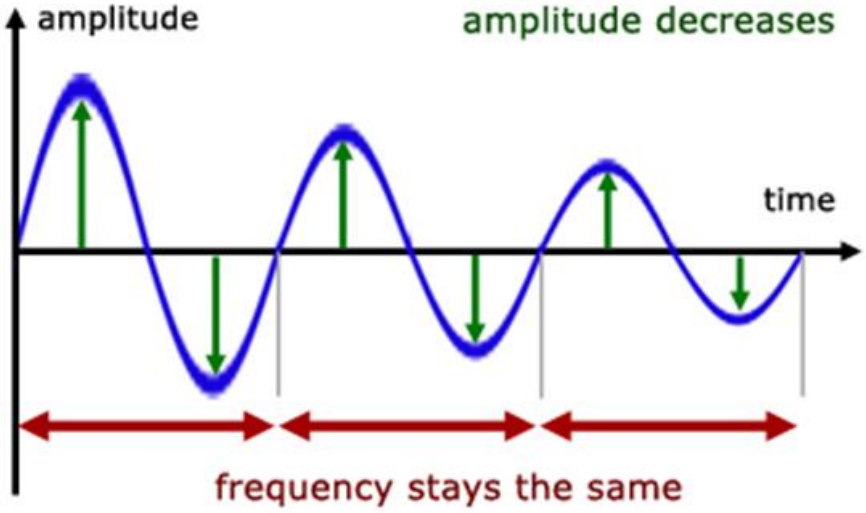
2.5 آثار التخميد (Effects of Damping)

في معظم التواترات، توفر كتلة الجدار مقاومة للصوت الذي يحمله الهواء، وكلما كان الجدار أثقل كلما كان من الصعب على الصوت أن يقوم بهز سطح الجدار. ومع ذلك، عند بعض التواترات، من الصعب منع الصوت من التسبب بعملية اهتزاز للأسطح. تسمى هذه التواترات بنقاط الطنين (التجاوب). إذا كان هيكل البناء منخفض التخميد، فيمكن أن ينتقل اهتزاز الصوت عبره لمسافات كبيرة. في الواقع، يعد التخميد السيئ لمواد البناء الشائعة مثل الحوائط الجافة أو الخشب مسؤولاً إلى حد كبير عن مشاكل الضوضاء التي يواجهها أصحاب المنازل. يوضح الشكل 3.5 مدى فعالية مركب Green Glue Noiseproofing في تخميد هيكل الجدار وذلك عن طريق تقليل نقل الطاقة للضوضاء بين غرفة وأخرى.



الشكل 3.5: يوضح مدى فعالية مركب Green Glue Noiseproofing في تخميد هيكل الجدار وذلك عن طريق تقليل نقل الطاقة للضوضاء بين غرفة وأخرى.

يؤدي التخميد في جملة مهتزة إلى نقصان في سعة وطاقة الجملة ولكن التواتر لا يتغير كما هو واضح في الشكل 4.5.



الشكل 4.5: يؤدي التخميد في جملة مهتزة إلى نقصان في سعة وطاقة الجملة ولكن التواتر لا يتغير.

لا يمكننا حذف قوة الاحتكاك من الحركة الدورية للجسم، ولكن يمكننا إلغاء تأثير التخميد عن طريق تغذية الجملة المهتزة بالطاقة لتعويض الطاقة التي تبددها قوة الاحتكاك. فعلى سبيل المثال، يستخدم النواس (البندول) المهتز في ساعة الحائط الطاقة المشتقة من سقوط الثقل الذي يسحب سلسلة الساعة لتزويد البندول بطاقة خارجية.

3.5 أنواع التخميد (Types of Damping)

بشكل عام هناك نوعان من التخميد:

1. **التخميد الخارجي (External damping):** وهو عبارة عن فقدان الطاقة للتغلب على قوى الاحتكاك أو مقاومة الهواء.
2. **التخميد الداخلي (Internal damping):** هو فقدان الطاقة بسبب تمدد وضغط الجزيئات في الجملة.

كما يمكن أن يتلاشى شكل الموجة المخمّد بسرعة أو ببطء. يُقال إن الشكل الموجي الذي يتلاشى بسرعة يكون مخمّداً بشدة لأنه يفقد الطاقة بسرعة. أما الشكل الموجي الذي يتلاشى ببطء فيكون مخمّداً بشكل ضعيف لأنه يفقد الطاقة ببطء. من الواضح أن المصطلح المخمّد بشكل ضعيف والمخمد بشدة هو مصطلح نسبي.

عند مقارنة الشوكة الرنانة بأصوات الكلام، يُقال إن الشوكة الرنانة ضعيفة التخميد لأنها تتلاشى ببطء شديد بالنسبة إلى كل من النبضات المزمارية التي تولدها الطيات الصوتية أثناء النطق (تتلاشى النبضات المزمارية في جزء من الثانية).

التخميد ليس مجرد خاصية للجمل التي تولد موجة جيبية غير مستمرة. ولكن التخميد هو سمة من سمات الجمل التي تنتج أصواتاً ذات أنماط طيفية معقدة للغاية.

فمثلاً إذا ضربت قبضتك على طاولة خشبية، فسوف ينتج عنها "دوي" يتلاشى بسرعة كبيرة. وأيضاً يمتلك "الانفجار" طيفاً دورياً أو عشوائيًا شديد التعقيد يتلاشى في أقل من ثانية، وبالتالي فإن الصوت والجملة التي تصدره يكونان أكثر تخميداً من الشوكة الرنانة والصوت الذي تصدره.

لاحظ أنه من الشائع الإشارة إلى كل من الصوت والجملة التي تولده على أنه يمتلك درجة معينة من التخميد. حيث يقلل التخميد الصوتي من صدى الألواح وضوضاء الطريق ويضمن الأداء الأمثل لنظام الصوت لديك.

لقد قدم Rockford Fosgate نوعين من التخميد الذي يعمل على تهدئة الجزء الداخلي من سيارتك ويقلل من الضوضاء الأرضية حتى تسمع المزيد من الصوت من نظام الصوت الخاص بك.

يمكن تطبيق التخميد الصوتي على أي سطح قد يصدر صدى أو خشخشة. حيث يقلل من:

- صدى الألواح
- ضوضاء الطريق
- الخشخيشات
- الضوضاء الأرضية...

**********نهاية الفصل الخامس**********