INTRODUZIONE TECNICA AGLI ANTIVIBRANTI

Le vibrazioni sono fenomeni indesiderati con le quali veniamo a contatto ogni giorno: vibrano il volante ed il cambio della nostra automobile, vibra la struttura della lavatrice quando centrifuga, vibra il pavimento di un'officina o un capannone nelle immediate vicinanze di un grosso macchinario.
Le vibrazioni sono fenomeni nocivi e per questo indesiderati. Nocivi perché influiscono negativamente sul funzionamento degli elementi che le producono (motori, macchinari). Non solo, provocano anche disturbi e disagio a tutto quello che rientra nel loro raggio d'azione: a **persone**, strutture portanti e macchinari. La soluzione a questi inconvenienti sono gli antivibranti.
Gli antivibranti smorzano le vibrazioni e il rumore e basano il loro potere isolante sulle caratteristiche di elasticità e incomprimibilità della gomma.

Per capire esattamente come si comportano gli antivibranti bisognerebbe riferirsi a complessi modelli matematici studiando l'analisi dinamica dei sistemi vibranti (modellizzazione a corpi rigidi, studio della deformabilità distribuita dei vari elementi…).
Spesso però si sfruttano semplificazioni, che permettono di analizzare il problema macroscopicamente, adottando approssimazioni di entità trascurabile, e di capirlo in maniera più immediata.

Frequenza propria

Iniziamo considerando un sistema composto da un corpo di massa M sostenuto da un basamento e collegato superiormente al soffitto tramite una molla (fig. 1a).
Togliendo il basamento dalla parte inferiore del corpo, la forza peso andrà a gravare sulla molla che subirà una deformazione a trazione (Δ = delta).
La differenza di altezza tra la posizione iniziale e quella finale viene chiamata freccia e può essere espressa come:

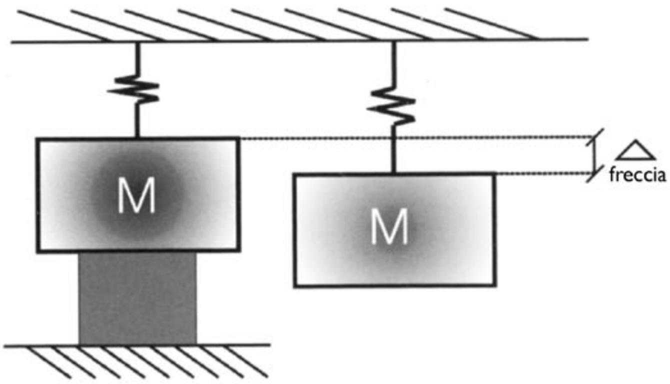


fig.1a Sistema massa-molla soggetto alla forza peso

$$\Delta = \frac{M^* g}{K}$$

con:

Δ = freccia o allungamento [m]
M = massa del corpo [kg]
g = accelerazione di gravità [m / s^2]
K = rigidezza della molla [N / m]

Consideriamo ora la stessa massa sostenuta dal basso da una molla prima scarica e poi soggetta ad una forza di intensità F.

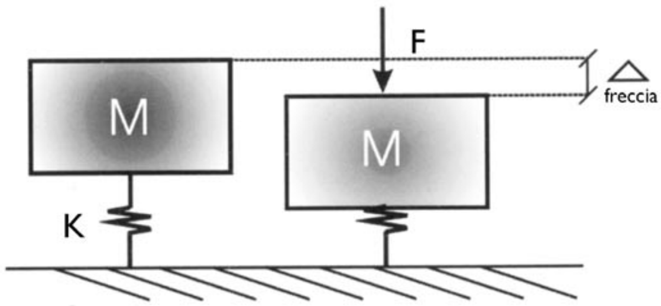


fig.1b Sistema massa-molla

Come nella situazione precedente la molla avrà una deformazione, questa volta di compressione (fig. 1b).

Ipotizziamo ora che la forza F venga tolta ed il sistema sia lasciato libero di oscillare: in una situazione ideale (in assenza di attriti) il sistema inizierà ad oscillare con una frequenza

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{K}{M}}$$

che indica il n° di cicli (oscillazioni) che il sistema compie nell'unità di tempo.
Questa viene anche chiamata frequenza propria e rappresenta la frequenza a cui il sistema oscilla in assenza di forze esterne.

Risonanza

Quando il sistema massa molla appena visto (fig. 1b) viene sottoposto ad una forzante sinusoidale (F = FsinΩt), può essere il caso di un motore alternativo in rotazione a velocità angolare Ω sollecitato dalle sue stesse azioni d'inerzia, inizia ad oscillare alla stessa frequenza del forzamento f pari a:

$$f = \frac{\Omega}{2\pi} \qquad \text{[Hz]}$$

I massimi livelli di oscillazione vengono raggiunti quando la frequenza del forzamento coincide con quella propria del sistema:

$$f = f_0$$

Tale condizione di funzionamento viene detta di risonanza ed è normalmente indesiderata in quanto gli elevati livelli di oscillazione compromettono la funzionalità del sistema e comportano livelli di sollecitazione che ne riducono la vita a fatica. Un'appropriata scelta dell'antivibrante, agendo sulla rigidezza del sistema, risolve questo problema spostando la frequenza propria al di fuori del range di funzionamento della macchina

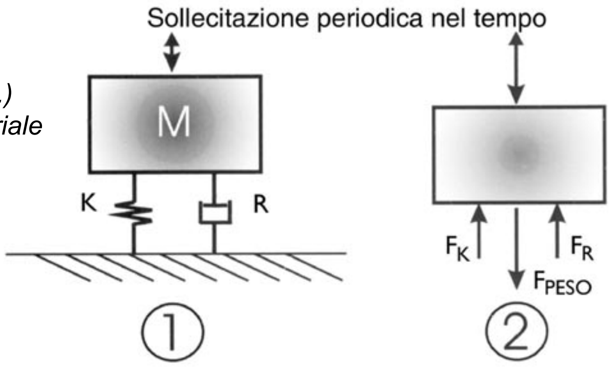
La scelta degli antivibranti adatti

Per evitare situazioni di pericolo è necessario fare in modo che la frequenza propria della macchina si allontani il più possibile dalla frequenza propria dell'antivibrante.
Per far questo si usano uno o più antivibranti (anch'essi con frequenza propria diversa da quella del sistema) che vanno interposti tra il macchinario e l'ambiente circostante.
La scelta dell'antivibrante adatto risulta fondamentale a questo punto. Tramite un'opportuna scelta dell'antivibrante, infatti, si risolvono tutti i problemi relativi alla risonanza e si eliminano i noiosi disturbi causati dalle **vibrazioni**. Inoltre un buon antivibrante abbassa il livello di **rumore** prodotto dal macchinario.
Per scegliere il giusto antivibrante per una specifica applicazione bisogna conoscere le cause che generano le vibrazioni e le forze da esse generate, bisogna conoscere il peso da sostenere, l'ambiente in cui verrà posto, il contatto con agenti corrosivi o particolari.
Bisogna poi identificare il baricentro del macchinario da isolare per poter distribuire simmetricamente rispetto ad esso gli antivibranti.

Un sistema vibrante appoggiato su antivibranti

Il modello più semplice e rappresentativo del funzionamento di un antivibrante è quello rappresentato in figura 1.

fig. 2 Sistema Oscillante massa-molla-smorzatore (1 g.d.l.)
① Rappresentazione grafica - ② Rappresentazione vettoriale



Preso un corpo (di massa M) soggetto ad una sollecitazione periodica nel tempo (per ipotesi sinusoidale), l'azione dell'antivibrante può essere vista come la sovrapposizione degli effetti di una molla (K) e uno smorzatore viscoso (R), che si oppongono alla sollecitazione sia in trazione che in compressione.
Vengono ora elencate delle formule utili nel calcolo delle caratteristiche degli antivibranti. Per comodità si può considerare nullo il valore relativo allo smorzamento: i risultati saranno approssimati ma ugualmente affidabili. Allo stesso modo la massa dell'antivibrante può essere trascurata essendo, generalmente, molto minore rispetto a quella del corpo.
Numericamente il valore di K, caratteristica di rigidezza, si ricava da:

$$K = \frac{M^{*} g}{\Delta} \qquad \text{[N/m]}$$

Inoltre la frequenza propria del sistema si può calcolare come:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{g}{\Delta}} \qquad \text{[Hz]}$$

Utilizzando come unità di misura lineare il millimetro, e non più il metro, si arriva ad una utile approssimazione che mette in relazione la freccia (in millimetri) con la frequenza propria:

$$f_0 = \frac{15{,}7}{\sqrt{\Delta}}$$

$(\pi = 3{,}14 \text{ e } g = 9{,}81 * 1000 \left[\frac{\text{mm}}{\text{S}^2}\right])$

Per trasformare la formula in cicli/minuto basta moltiplicare la frequenza propria per 60.

Lo smorzamento

Questi valori sono stati calcolati tenendo conto di molte approssimazioni, dovute alla complessità delle formule e dei calcoli. Tra gli elementi non considerati per semplificazione c'è il fattore di smorzamento, fondamentale per un antivibrante

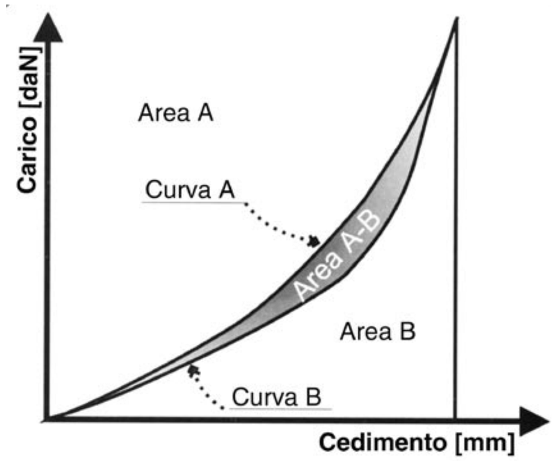


fig. 3 Ciclo d'isteresi

Per comprenderlo possiamo partire dal ciclo di isteresi della gomma: indica chiaramente che dopo aver caricato un pezzo (curva A) ed averlo successivamente scaricato (curva B), la gomma antivibrante riassume le stesse caratteristiche di partenza, senza presentare alcun tipo di deformazione permanente. Questo permette all'antivibrante di ripresentare le medesime caratteristiche meccaniche ad ogni ciclo di carico/scarico, che nel caso di alte frequenze arrivano fino a 70/100 cicli al secondo (Hertz [Hz]).
Inoltre questa curva ci permette di capire l'ordine di grandezza della capacità di smorzare le vibrazioni che possiede un antivibrante:
l'area sottesa alla curva A (area A) rappresenta il lavoro sviluppato nel processo di carico, ed allo stesso modo l'area sottesa alla curva B (area B) rappresenta il lavoro sviluppato nel processo di scarico. La differenza tra le due aree (area A - area B) indica il lavoro di smorzamento dell'antivibrante.
Il rapporto tra il lavoro di smorzamento (area A - area B) e l'area sottesa alla curva A (area A) indica il valore percentuale di smorzamento realizzato in ogni ciclo dall'antivibrante.

$$\frac{(\text{Area A - Area B})}{(\text{Area A})} = 100$$

fig. 4 Smorzamento percentuale

Più alto è lo smorzamento più si ha un buon isolamento: infatti verrà maggiormente ridotta l'ampiezza delle vibrazioni.