

Vibrazioni trasmesse all'uomo

Vibrazioni Mano-Braccio

Vibrazioni Corpo-Intero

Roma
30/11/2011

Ing. Cambiaggio Piertoni
mail: cambiaggio@aesse-misure.it Cell. 3482336245

Introduzione

Definizione: *Una vibrazione può definirsi come un movimento oscillatorio di un corpo o di una parte di esso o, più semplicemente, di una particella intorno ad una posizione di equilibrio.*

- **Le vibrazioni si presentano ogni volta che una forza esterna agisce su un sistema meccanico e quindi sono frequentemente riscontrabili nei macchinari quando questi sono in funzione.**
- **Le vibrazioni possono avere caratteristiche completamente diverse in relazione al tipo di sorgente che le ha generate, o per una stessa sorgente avere un andamento mutevole nel tempo.**

Oscillazioni Forzate di tipo Armonico

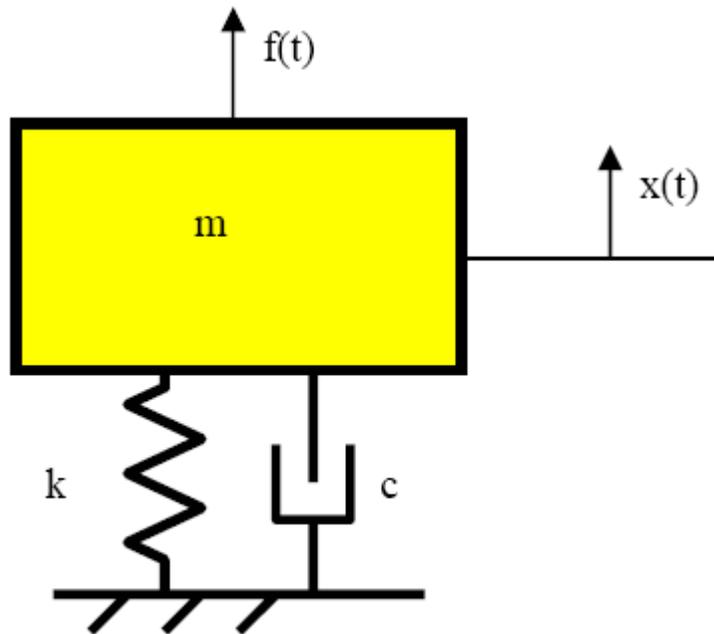


Figura 1.7

Sistema massa/molla

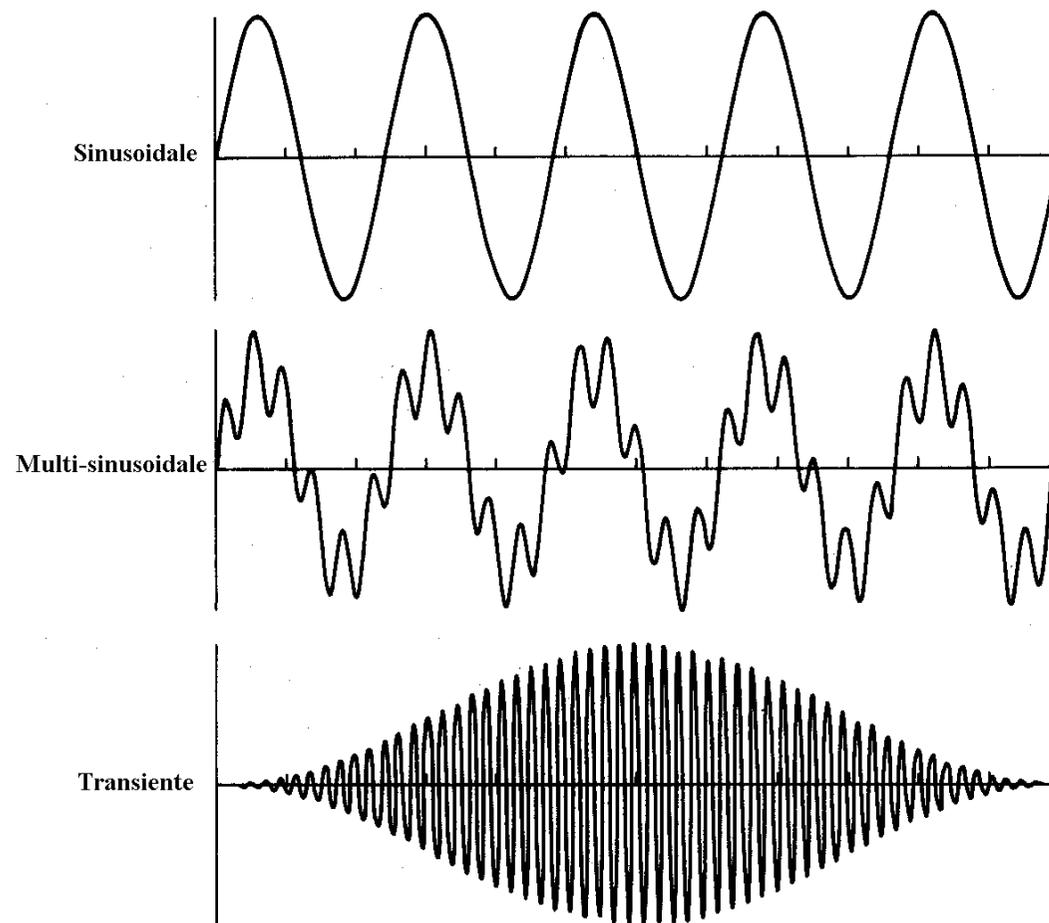
Equazione del moto:

$$Mx'' + cx' + kx = F(t)$$

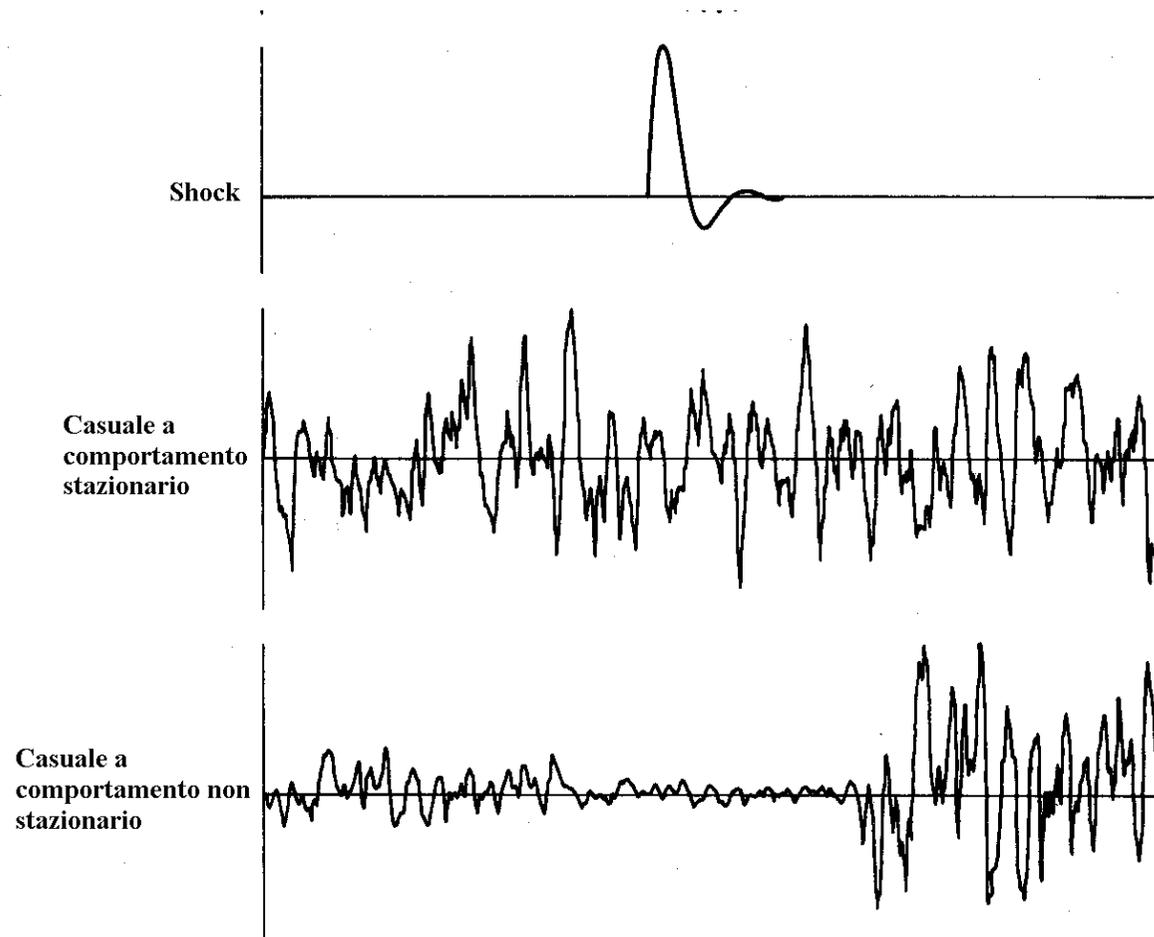
Soluzione:

$$X(t) = |X| \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

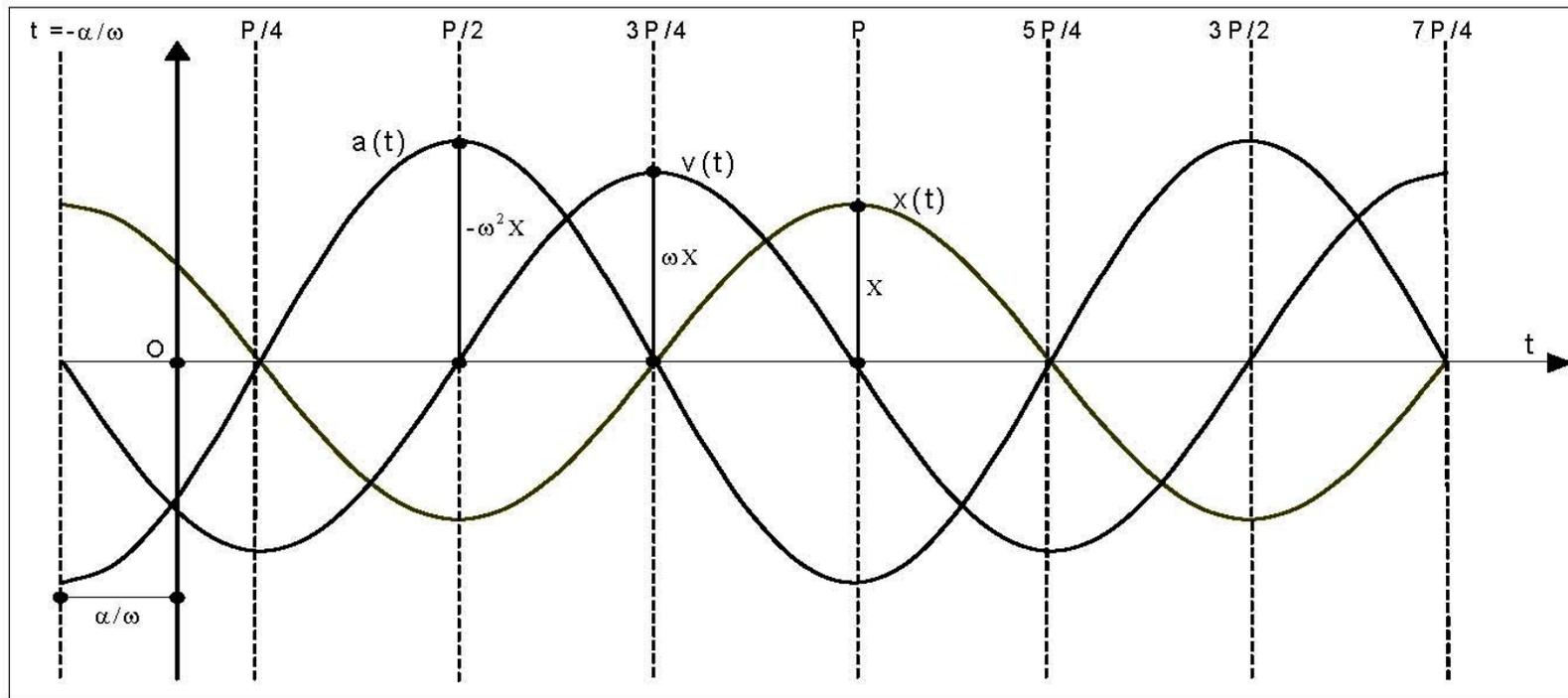
Tipologie di Vibrazioni



Tipologie di Vibrazioni



Moto Armonico Semplice



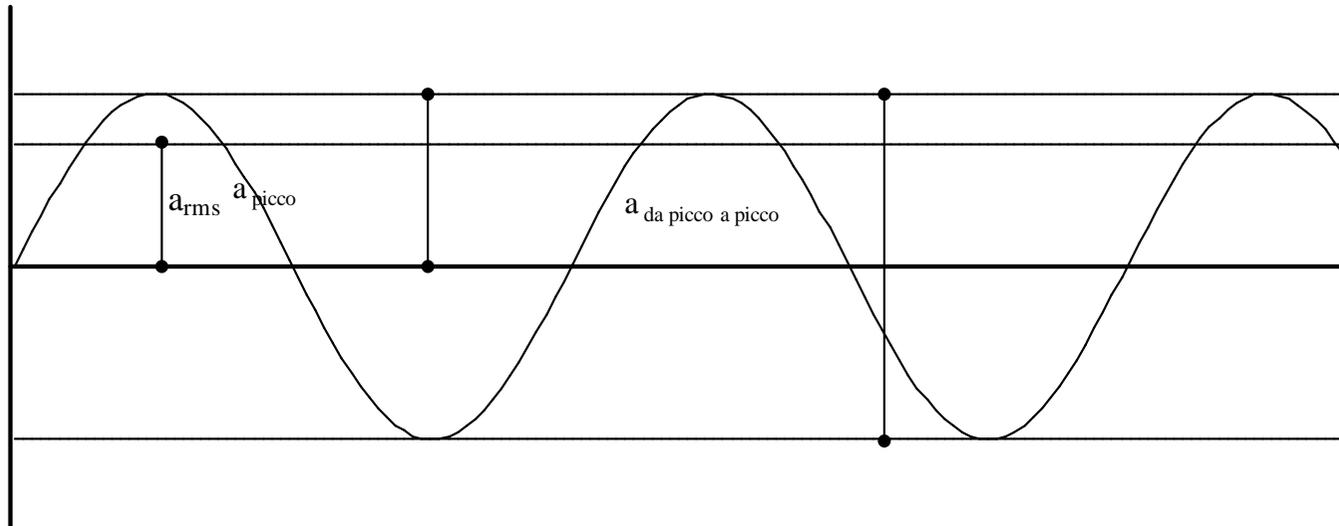
$$x(t) = X \cdot \cos(\omega \cdot t + \alpha) \quad a(t) = dv/dt = -\omega^2 \cdot X \cdot \cos(\omega \cdot t + \alpha)$$

$$v(t) = -\omega \cdot X \cdot \text{sen}(\omega \cdot t + \alpha)$$

Misura dell'Intensità di una Vibrazione

Valore Medio $\left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \cdot \int_{t_1}^{t_2} a(t) dt$

**Valore Efficace
o rms** $a_{\text{rms}} = \sqrt{\left(\frac{1}{t_2 - t_1} \right) \cdot \int_{t_1}^{t_2} a(t)^2 dt}$



In relazione ai possibili effetti sulla salute, schematicamente, si considerano come vibrazioni trasmesse al corpo intero:

Vibrazioni con frequenza medio-bassa (da 0,5Hz fino a 80 Hz)

Sorgenti di Vibrazione:

Mezzi di trasporto o di movimentazione, quali ruspe, pale meccaniche, trattori, macchine agricole, autobus, carrelli elevatori, camion, imbarcazioni, ecc.,

DECRETO LEGISLATIVO 81/08

- Il livello di esposizione si valuta mediante il calcolo del valore dell'esposizione giornaliera normalizzato alle 8 ore A (8).

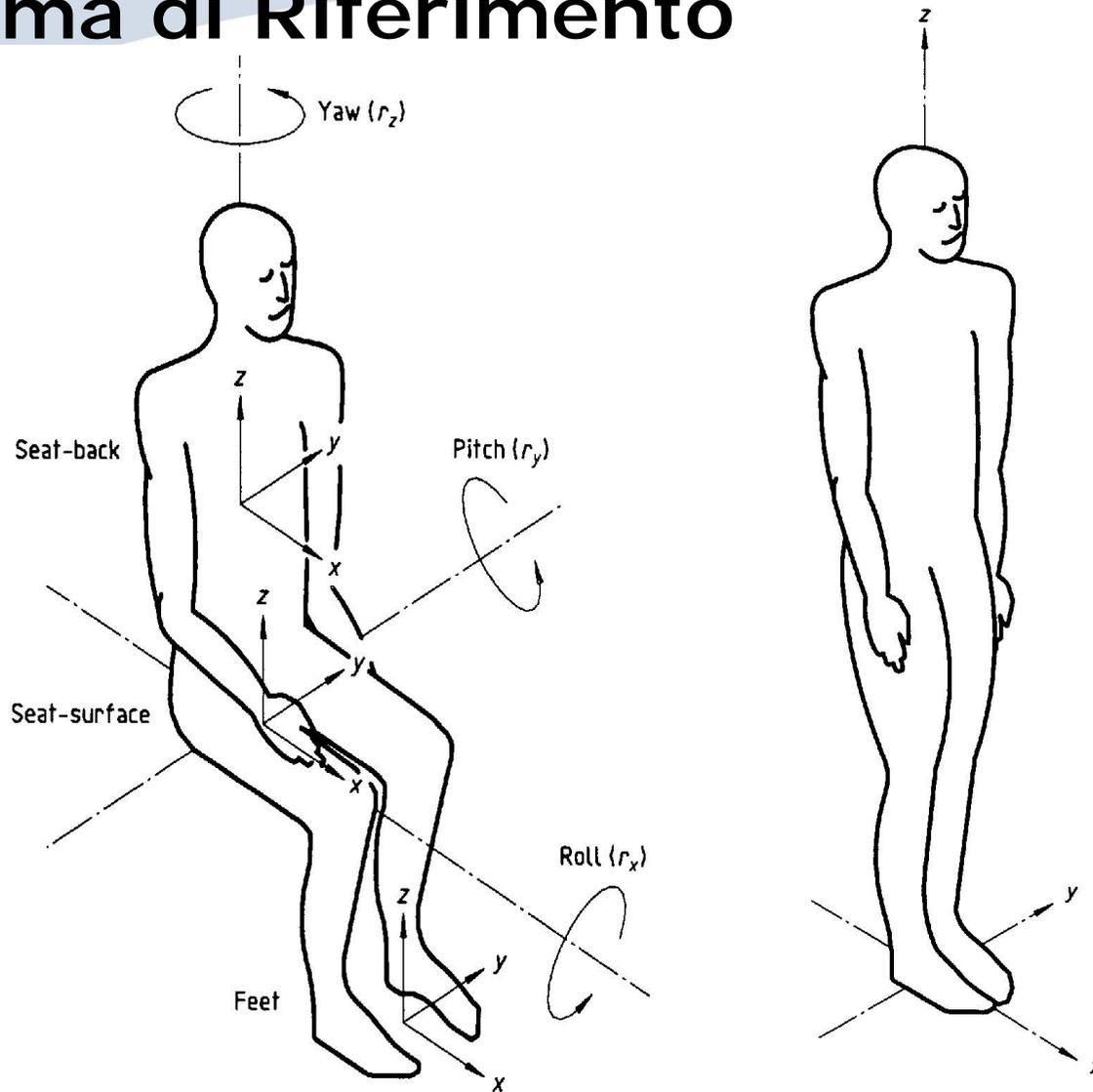
Vibrazioni trasmesse al corpo intero

Vibrazioni trasmesse al corpo intero	
Livello d'azione giornaliero di esposizione $A(8) = 0,5 \text{ m/s}^2$	Valore limite giornaliero di esposizione $A(8) = 1,0 \text{ m/s}^2$

Per riferire l'esposizione alle 8 ore lavorative si adotta il “Principio dell'Uguale Energia”

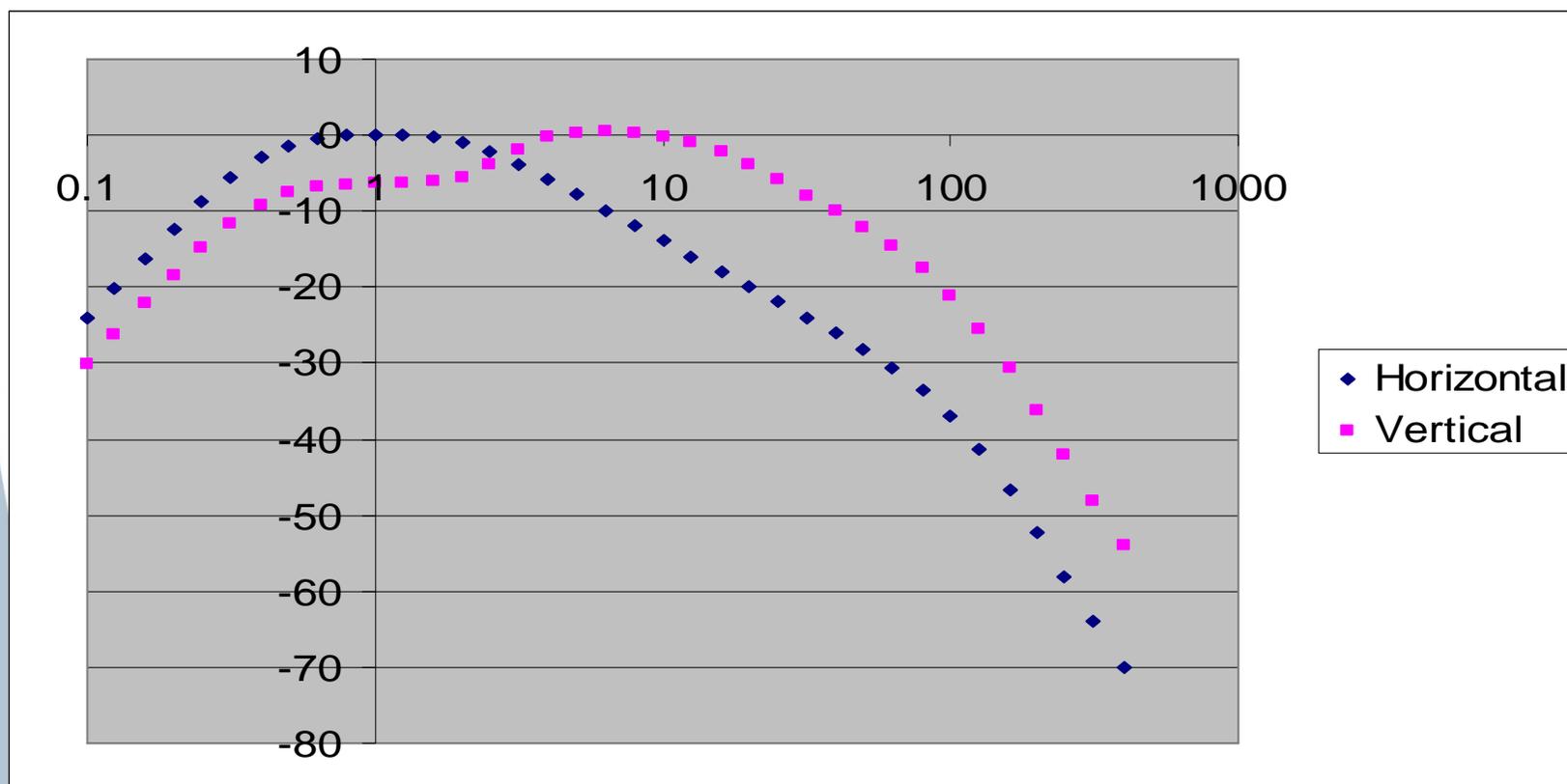
$$a_1^2 \cdot T_1 = a_2^2 \cdot T_2$$

Sistema di Riferimento



PONDERAZIONI

W_k per l'asse Z, **W_d** per gli assi X e Y, **W_c** per l'asse X
nelle misure sullo schienale



DECRETO LEGISLATIVO 81/08

VALUTAZIONE CON MISURAZIONI

L'esposizione si valuta in base al valore di $A(8)$ calcolata come il più alto dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali ($1,4a_{wx}$, $1,4a_{wy}$, a_{wz} conformemente alla norma ISO 2631-1 (1997)).

$$A(8) = a_{wz} \sqrt{\frac{T_e}{8}} = \frac{1}{8} \int_0^{T_e} a_{wz}^2(t) dt = \left[\frac{1}{8} \sum_{i=1}^N a_{wz,i}^2 T_i \right]^{1/2} \left(\frac{m}{s^2} \right)$$

DECRETO LEGISLATIVO 81/08

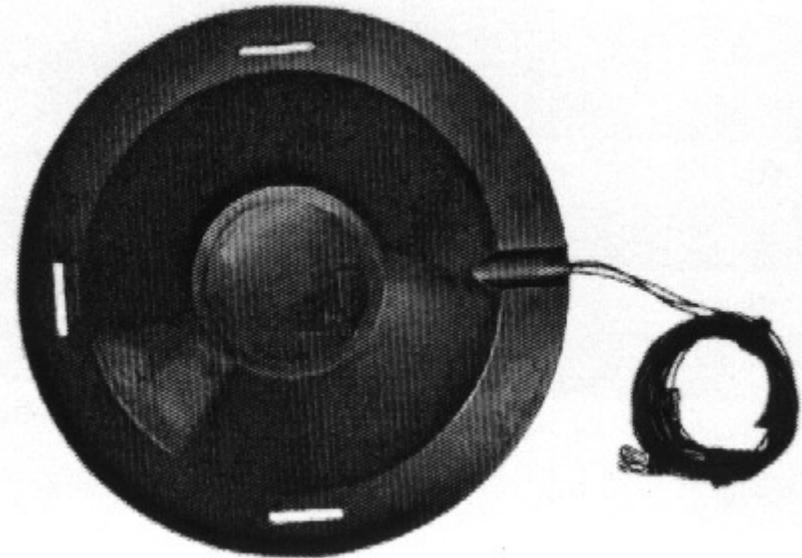
Errori nella Valutazione Senza Misurazioni

Gli errori che si commettono nella valutazione senza misurazione sono legati ai seguenti fattori:

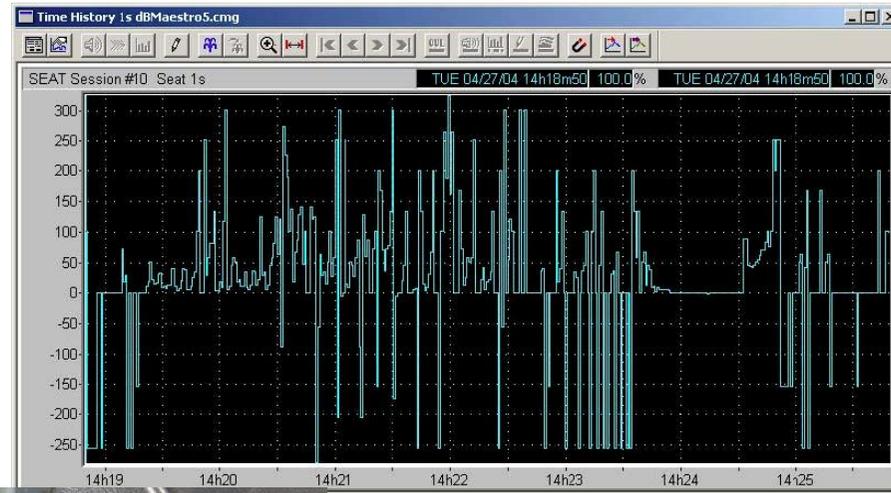
- Tipologia di terreno
- Velocità del veicolo
- Condizioni generali del veicolo (ammortizzatori)
- Tipologia Sedile e sue caratteristiche di trasmissibilità della vibrazione

Adattatore per misure corpo intero

- Il più diffuso adattatore per corpo intero l'adattatore per sedile che ingloba al suo interno un accelerometro triassiale.
- Con la possibilità di aver un 4° canale disponibile è molto interessante valutare il rapporto che esiste tra l'accelerazione misurata sul sedile e quella sul pavimento secondo l'asse z.



Valutazione della Trasmissibilità della Vibrazione Attraverso il Sedile



Procedura di Misura

Per eseguire una misura che sia rappresentativa occorre tenere presente dei seguenti fattori:

- L'adattatore a cuscino va fissato sul sedile del conducente con la terna di assi di riferimento orientata secondo la ISO 2631;
- L'adattatore non deve subire movimenti relativi rispetto al sedile, se necessario va fissato rigidamente ad esso
- Occorre individuare il ciclo di attività del mezzo, suddividere le fasi che lo compongono, stimare i tempi di ciascuna fase

Procedura di Misura

- Per ciascuna fase occorrerà valutare l'accelerazione trasmessa; questa procedura servirà a individuare le fasi che determinano un contributo più gravoso all'esposizione. Sulla base di queste informazioni potranno essere adottate misure di riduzione dell'esposizione.
- In generale è preferibile acquisire un maggior numero di campioni di breve durata piuttosto che un minor numero di campioni di lunga durata, e ciò per minimizzare l'effetto di possibili fattori interferenti sul segnale acquisito e garantire una migliore precisione della valutazione

Vibrazioni Mano-braccio

- Il livello di esposizione si valuta mediante il calcolo del valore dell'esposizione giornaliera normalizzato alle 8 ore A (8).

Vibrazioni trasmesse al sistema mano-braccio

Livello d'azione giornaliero
di esposizione A(8) = 2,5
m/s²

Valore limite giornaliero di
esposizione
A(8) = 5 m/s²

Per riferire l'esposizione alle 8 ore lavorative si adotta il
“Principio dell'Uguale Energia”

$$a_1^2 \cdot T_1 = a_2^2 \cdot T_2$$

Vibrazioni Mano-braccio

Valutazione delle Vibrazioni Mano-Braccio Senza Misurazioni

- Non si tiene conto delle caratteristiche soggettive dell'Operatore: in particolare della Forza con la quale conduce l'utensile: la **forza di pressione** è un elemento che condiziona l'esposizione
- Attrezzi di Costruttori diversi generano vibrazioni di entità differente; le vibrazioni prodotte de uno stesso utensile variano nel tempo in base alla sua usura e allo **stato di manutenzione**
- Le vibrazioni generate da un attrezzo sono notevolmente influenzate dal tipo di lavorazione, dal **materiale in lavorazione**, dal tipo di punta-utensile

Vibrazioni Mano-braccio

VALUTAZIONE NEDIANTE MISURA: MANO-BRACCIO

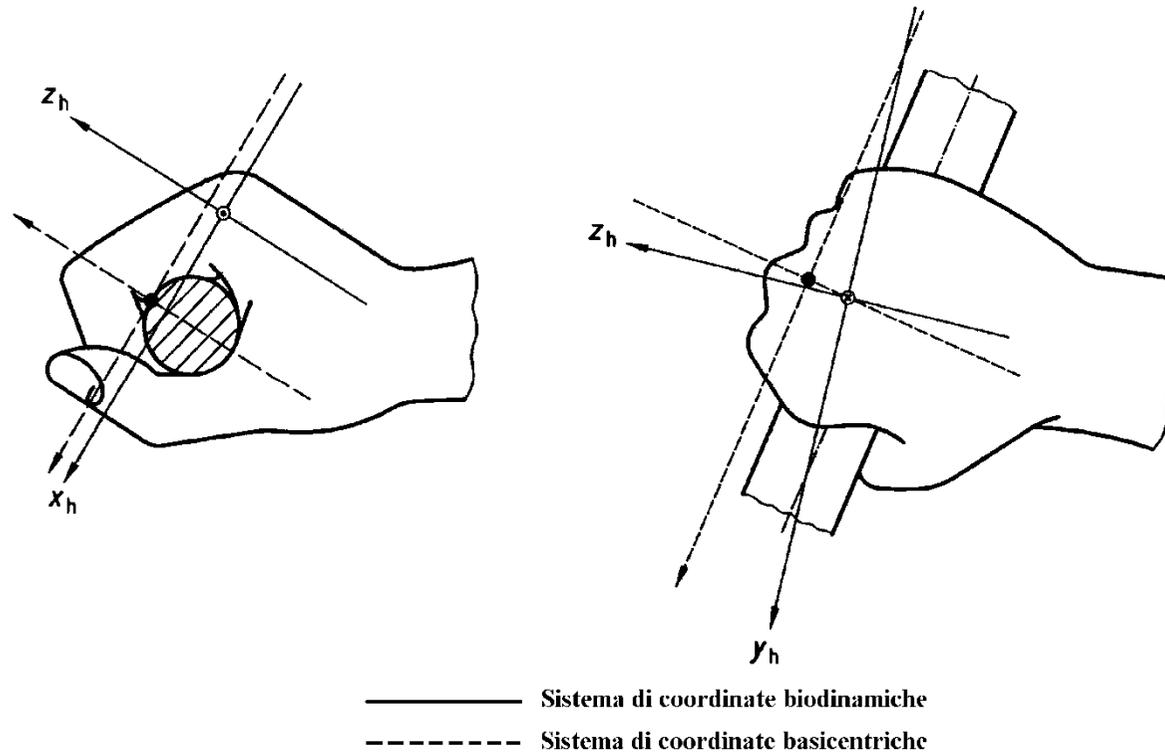
Il livello di esposizione di A (8), si calcola dalla somma dei valori quadratici medi delle accelerazioni ponderate in frequenza, determinati sui tre assi ortogonali (a_{hw_x} , a_{hw_y} , a_{hw_z}) conformemente alla norma ISO 5349-1 (2001).

$$A(8) = a_{hw} \cdot \sqrt{\frac{Te}{8}} \quad a_{hw} = \sqrt{\frac{1}{t_2 - t_1} \cdot \int_{t_1}^{t_2} [a_{hw}(t)]^2 \cdot dt}$$

Vibrazioni Mano-braccio

VALUTAZIONE NEDIANTE MISURA: MANO-BRACCIO

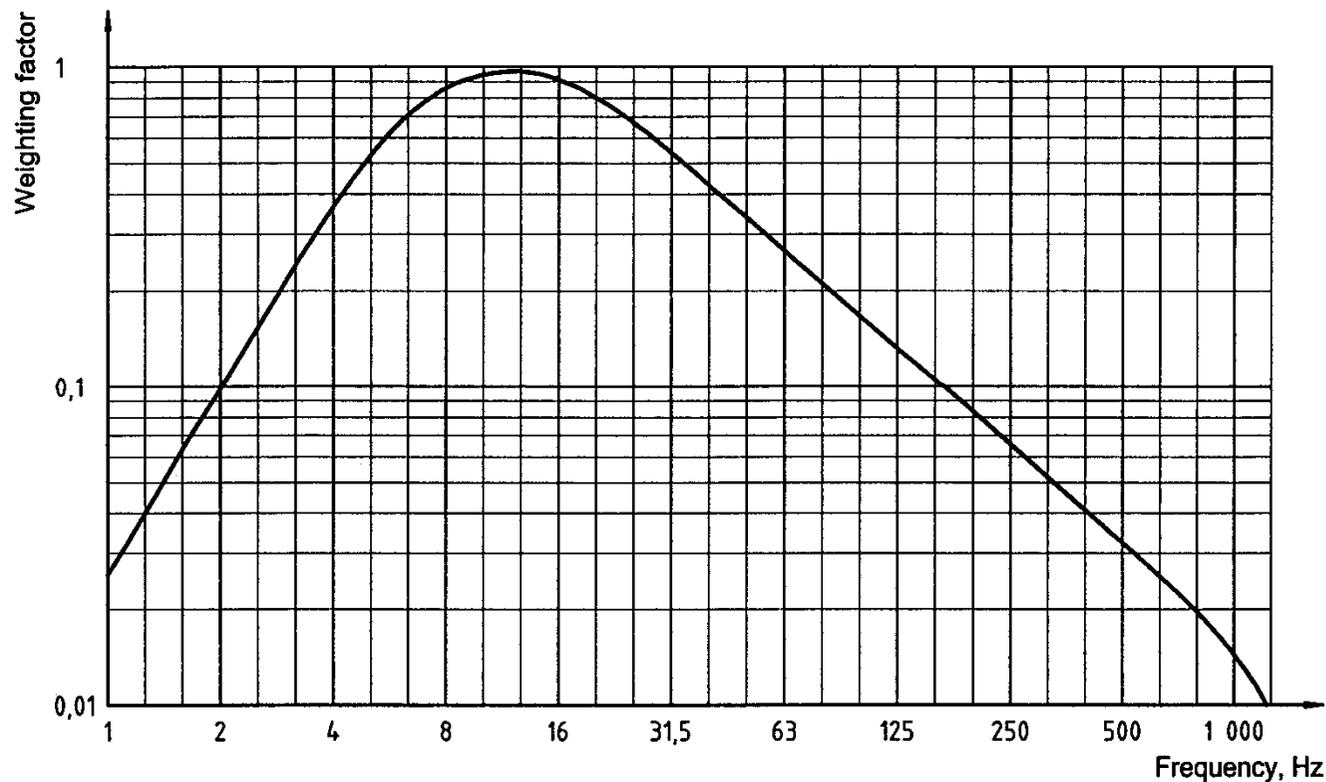
La vibrazione trasmessa al sistema mano-braccio va misurata nelle tre direzioni di un sistema di riferimento di coordinate ortogonali



Vibrazioni Mano-braccio

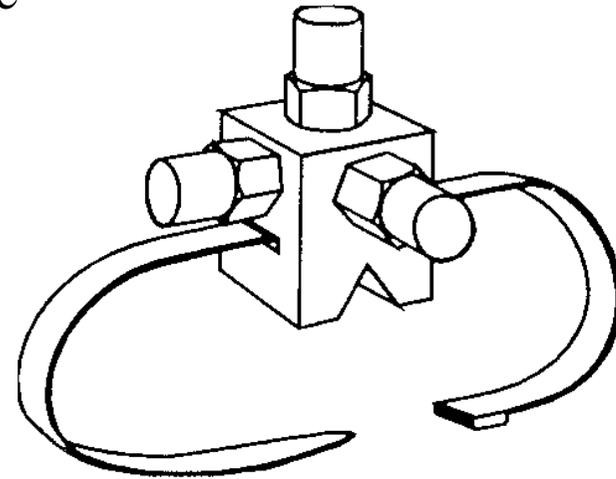
VALUTAZIONE NEDIANTE MISURA: MANO-BRACCIO

La sensibilità del nostro organismo alle vibrazioni varia con la frequenza, è pertanto necessario ponderare il segnale acquisito.

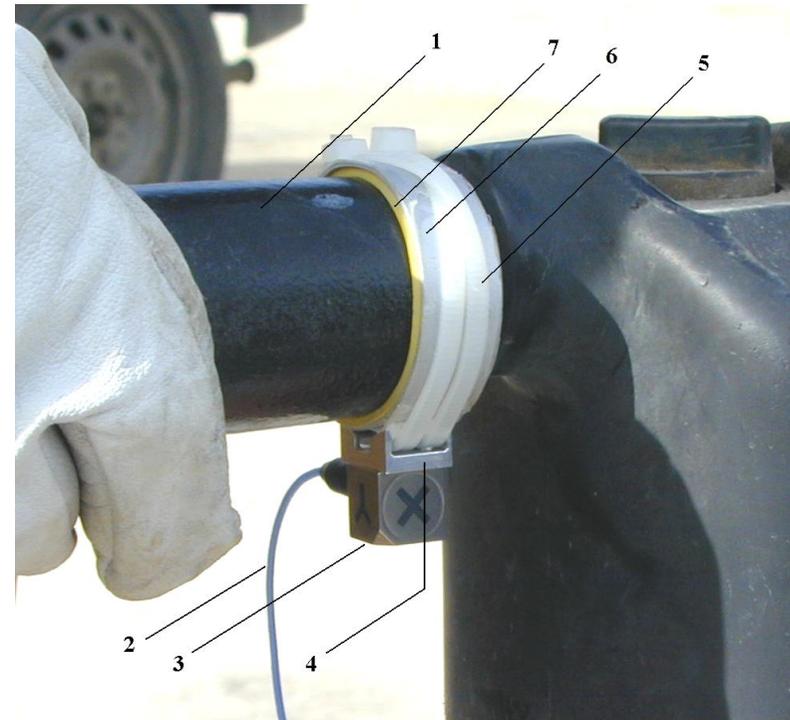
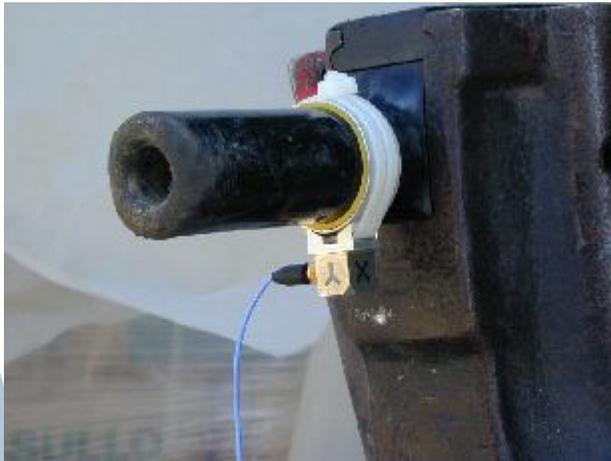


Montaggio dell'accelerometro

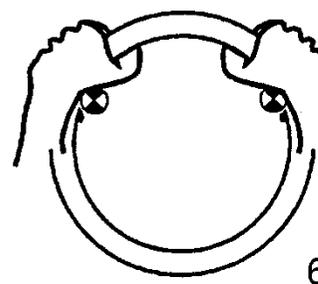
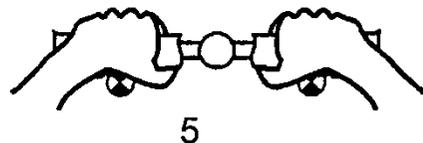
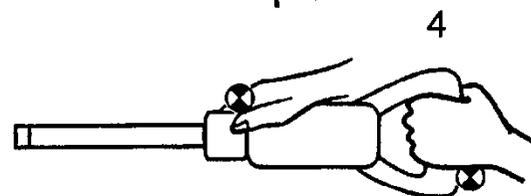
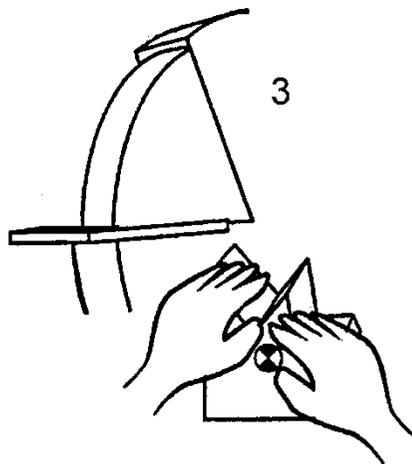
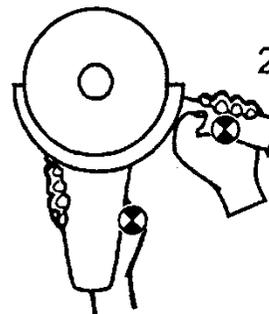
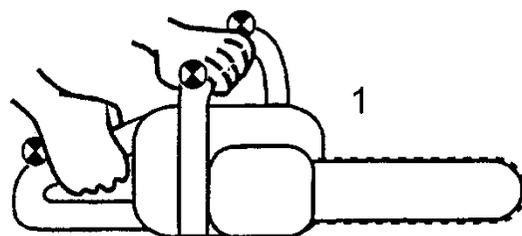
- Saldamente fissati sull'impugnatura dell'utensile
- In stretta prossimità della posizione assunta dalle mani dell'operatore, nelle ordinarie condizioni operative
- L'accelerometro andrebbe preferibilmente posizionato nella zona centrale dell'impugnatura, dove può essere rilevata la misura più rappresentativa della vibrazione
- In maniera che la presenza non influenzi le modalità di prensione e lavorazione normalmente adottate dall'operatore.



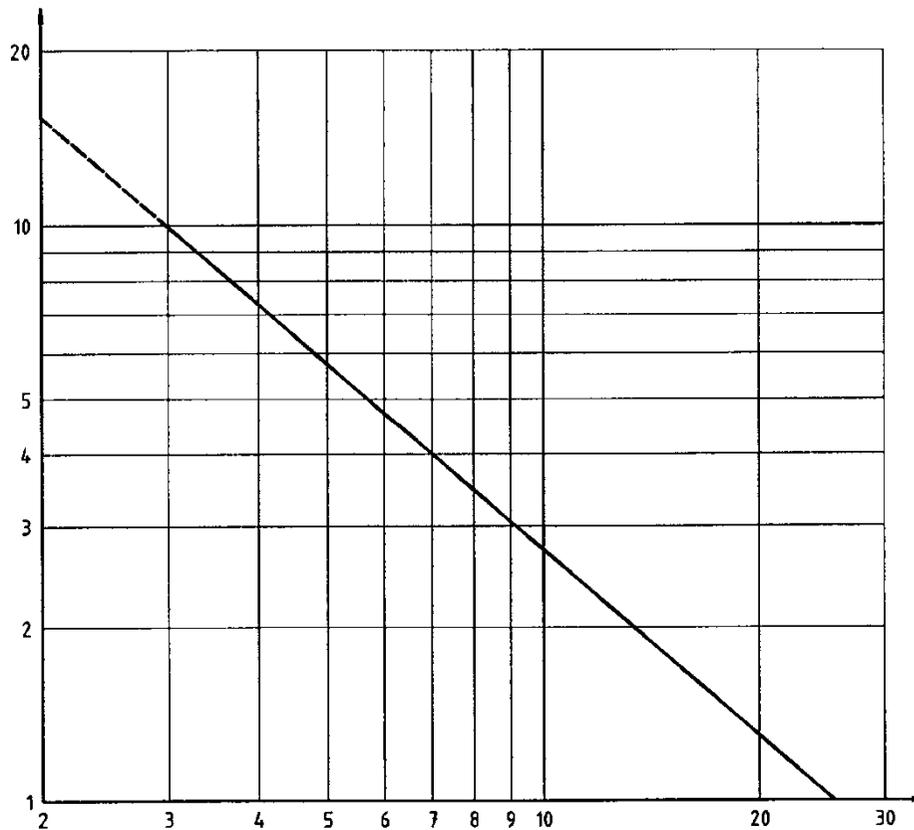
Montaggio



Esempi di montaggio



I potenziali danni a carico del sistema mano-braccio sono rappresentati principalmente da lesioni vascolari, neurologiche e muscolo-scheletriche. L'insieme di tali lesioni è definito "*Sindrome da vibrazioni mano-braccio*".



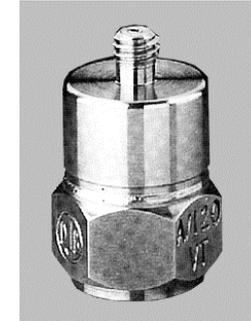
Accelerazione equivalente riferita alle 8 ore che determina il fenomeno di Raynaud nel 10 % dei soggetti esposti in funzione del numero di anni di esposizione.

Catena di misura per misure di vibrazioni sul corpo umano

- Trasduttore: accelerometro
- Cavo accelerometrico
- Calibratore per accelerometri / shaker
- Filtro di ponderazione
- Analizzatore/vibrometro/registratore
- Software di elaborazione



***Trasduttore:
L'accelerometro***



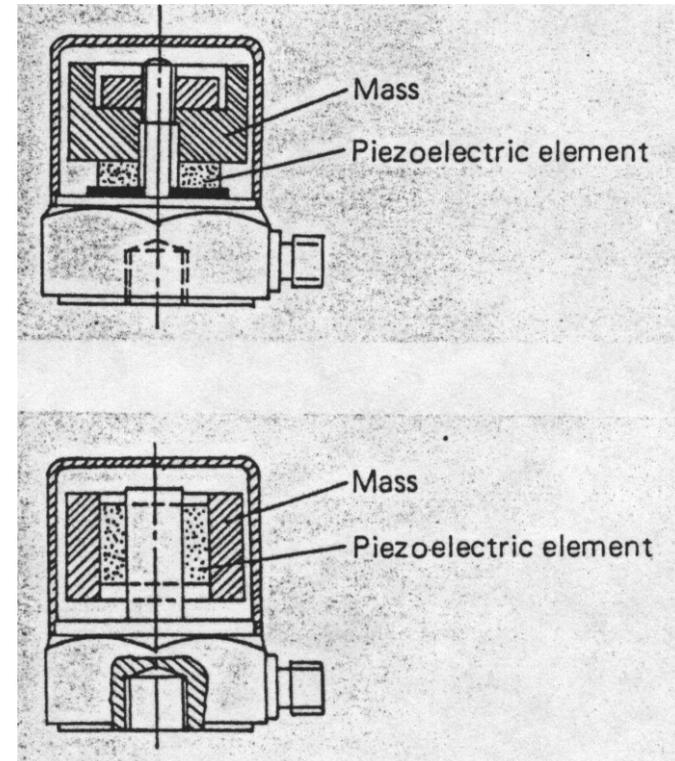
Dispositivo atto a trasformare le grandezze meccaniche in grandezze elettriche che possano essere interpretate da uno strumento di misura.

L'accelerometro è il trasduttore che misura le vibrazioni

Accelerometro Piezoelettrico

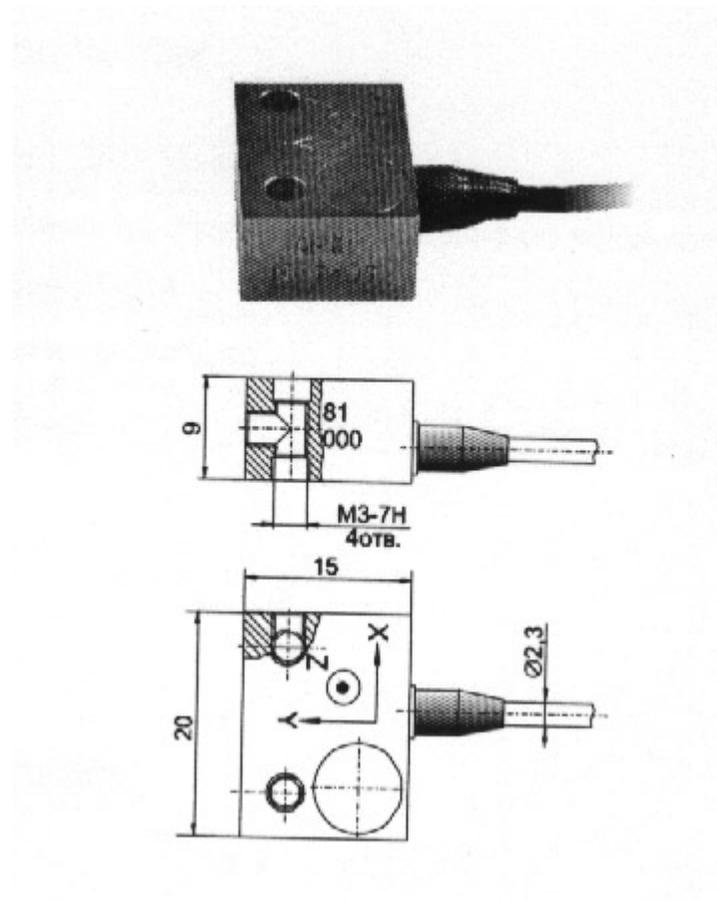
E' l'accelerometro più utilizzato:

- Gamma di frequenza e dinamica molto estese
- Eccellente linearità
- Ottima stabilità nel tempo delle caratteristiche
- Robustezza
- Affidabilità
- Assenza di parti mobili usurabili
- Indipendenza da sorgenti di alimentazione
- Delimitato inferiormente solo dal rumore dei cavi e dei preamplificatori



Accelerometro Triassiale

- Misura nelle direzioni X, Y, Z contemporaneamente



Sensibilità

- Rapporto tra sollecitazione in ingresso e segnale in uscita
- La sensibilità maggiore è perpendicolarmente alla base di appoggio
- Influisce sul livello misurabile
- Sensibilità alta: livelli bassi
- Sensibilità bassa: livelli alti



Influenza della massa

- Non dovrebbe mai superare il 5% della massa dell'oggetto
- Aumenta la massa del sistema vibrante influenzandone le proprietà meccaniche.

Caratteristiche generali adattatori per misure sul corpo umano

- Risposta in frequenza dell'adattatore: lineare da 5 Hz fin sopra i 1500 Hz.
- Carico minimo per la mano.
- Deve essere situato nel punto più vicino possibile a quello dove l'energia delle vibrazioni è trasmessa alla mano.
- Non deve mai sottostimare l'energia trasmessa alla mano.
- Non deve consentire un uso difforme dal normale dell'utensile



Calibratore per accelerometri

- L'accelerometro deve essere verificato attraverso un segnale di riferimento
- L'uso del calibratore si auspica prima di effettuare una serie di misure
- E' indispensabile assolvere a questa operazione qualora si faccia uso di un registratore magnetico.
- Segnale 1m/s² -10m/s²
- Frequenza 159.2 Hz o multifrequenza



Il vibrometro palmare a comunicazione wireless (bluetooth)

- Accelerometro triassiale di piccole dimensioni per misure su sistema mano-braccio
- Adattatori per mano-braccio
- Accelerometro triassiale inglobato nell'adattatore per sedile
- Cavo accelerometrico
- Strumento di misura con acquisizione dei valori RMS e di Picco sui tre assi in accelerazione per ogni canale
- Accelerazione equivalente e max
- Pesature secondo le ISO citate



Il vibrometro palmare a comunicazione wireless (bluetooth)

- Misure di controllo
- Maneggevole e compatto
- Registrazione della storia temporale
- Registrazione del livello integrato nel tempo di misura
- Visualizzazione dei dati in tempo reale su PC o pocket PC o tablet
- Velocità nell'esecuzione delle misure
- Dati facilmente accessibili senza ulteriori analisi in post-processo
- Potenziale analisi completa dei dati acquisiti con software relativo
- Quarto canale opzionale



Il vibrometro palmare a comunicazione wireless (bluetooth)

Sensore di avvio sull'adattatore a cuscino

Per semplificare il processo di misura e segnalare un eventuale distacco dell'operatore durante la misura è stato inserito un interruttore di avvio all'interno dell'adattatore a cuscino

Trasduttori TEDS (Transducer Electronic Data Sheet)

I nuovi trasduttori TEDS di VIB008 contengono in formato elettronico al loro interno, tutte le informazioni riguardanti la tipologia e la sensibilità e le comunicano automaticamente allo strumento nel momento della connessione, senza bisogno di entrare nei menù di configurazione.



Il vibrometro palmare a comunicazione wireless (bluetooth)

Calibrazione con metodo gravitazionale (UNI EN ISO 8041)

La strumentazione deve essere calibrata prima e dopo ogni serie di misure con un calibratore dedicato..

Grazie alla nuova tecnologia con Vib008 questo è semplice e veloce utilizzando il metodo gravitazionale.

