

## MANUALE APPLICATIVO

### Adash 4900 – Vibrio III

#### APPLICAZIONI:

- Diagnostica macchine rotanti
- Diagnostica cuscinetti
- Verifica lubrificazione
- Attività di service
- Controllo qualità

#### CARATTERISTICHE:

- Analisi di spettro FFT
- Analisi della forma d'onda
- Valutazione del regime rotazionale (RPM)
- Diagnostica automatica delle condizioni della macchina e dei cuscinetti
- Misura delle vibrazioni in accelerazione (g) e velocità (mm/s) come valori RMS o Picco
- Misura in bande di frequenza per la diagnostica dei cuscinetti
- Display a colori
- Visualizzazione contemporanea di due differenti tipi di misura
- Accelerometri piezoelettrici di alta qualità con sensibilità di 100mV/g
- Possibilità di connettere delle cuffie per "ascoltare le vibrazioni"
- Controllo semplice tramite tre tasti
- Indicazione di sensore e cavo guasti



## **INDICE:**

<b>Perché eseguire una diagnostica vibrazionale</b>	<b>3</b>
<b>La diagnostica vibrazionale</b>	<b>4</b>
Regole fondamentali	4
Posizioni di misura	5
Ascoltare le vibrazioni	5
Misure in accelerazione ed in velocità	6
<b>Interpretare i risultati delle misure</b>	<b>7</b>
SCREEN No. 1	7
SCREEN No. 2	8
SCREEN No. 3 – Sbilanciamento	8
SCREEN No. 4 – individuazione di allentamenti meccanici	9
SCREEN No. 5	10
SCREEN No. 6	11

# Perchè eseguire una diagnostica vibrazionale

Perché eseguire una diagnostica vibrazionale?

Vediamo l'esempio di un'azienda agricola che effettua una revisione di diverse macchine ogni inverno. La scelta della macchina è soggettiva, dipende dall'opinione dell'operatore, e qualche volta è più o meno casuale. Le revisioni delle macchine sono molto costose, e per questo, solo una parte del macchinario è scelta. Le limitazioni di questo metodo sono immediatamente evidenti. Prima di tutto c'è ancora una possibilità di un inatteso guasto alla macchina, in particolare su quelle che non sono state sottoposte a manutenzione. Viceversa risulta evidente che alcuni macchinari possono essere stati riparati inutilmente, in quanto non esiste alcun metodo oggettivo per determinare se l'intervento sia necessario o meno. È chiaro che se fosse possibile scoprire le reali condizioni di queste macchine, solo quelle che necessitano di reali riparazioni verrebbero sottoposte a manutenzione. **La soluzione ideale per determinare lo stato dei macchinari è la diagnosi delle vibrazioni.** Che cosa è necessario? Nella prima fase solo uno strumento capace di un'esatta misura delle vibrazioni, consentendo in tal modo la determinazione delle reali condizioni operative della macchina. Nel caso di un guasto imminente siamo così in grado di individuare la causa del problema anticipatamente e di pianificare una riparazione.

Quando stiamo decidendo di acquistare uno strumento, dobbiamo sempre chiederci qual'è quello migliore per le nostre esigenze. È uno strumento con una grande quantità di funzioni, tra le quali software specializzati per l'elaborazione di dati, oppure è uno strumento più semplice, più facile da utilizzare, ma che integra tutto ciò di cui abbiamo bisogno?

L'A4900 – Vibrio III è uno strumento semplice ed economico. Nonostante la sua semplicità, è dotato di un sensore di vibrazione con attacco magnetico di elevata qualità che consente misure affidabili, ripetibili e che lo fissa nettamente al disopra di tutti gli strumenti di misura a pressione manuale.

L'A4900 – Vibrio III contiene tutte le funzioni di base, ossia misura delle condizioni dei cuscinetti, verifica della lubrificazioni e diagnostica delle cause di guasto tipiche delle macchine rotanti (disallineamenti, sbilanciamenti, allentamenti meccanici, risonanze). È possibile inoltre collegare allo strumento delle cuffie acustiche, per poter ascoltare un segnale di vibrazione, che risulta estremamente importante quando si voglia diagnosticare la condizione di una trasmissione o di un cuscinetto volvente a bassa velocità. Grazie a queste caratteristiche lo strumento è in grado di effettuare precise misure delle vibrazioni delle macchine e determinarne la condizione.

Non solo le piccole realtà dovrebbero approfittare di questo strumento. L'A4900 – Vibrio III può essere utilizzato come strumento di misura supplementare anche nelle grandi aziende. Grazie alla sua semplicità può essere utilizzato come equipaggiamento standard per tecnici e personale di manutenzione.

## **Diagnostica vibrazionale – stop alle revisioni generali**

La diagnostica vibrazionale permette di monitorare continuamente le condizioni di esercizio di tutti i macchinari. I guasti imminenti possono essere notificati in anticipo ed in questo modo è possibile pianificare esattamente specifiche manutenzioni. Invece di effettuare delle costose revisioni generali sarà possibile mantenere le macchine in buone condizioni, eseguendo solo le riparazioni effettivamente necessarie.

# Il compito della diagnostica vibrazionale

Questo capitolo fornisce brevi indicazioni sulle attività necessarie per eseguire la diagnostica vibrazionale. Prendiamo in considerazione una serie di regole di base, che consentono l'avvio di regolari operazioni di diagnostica nel più breve tempo possibile, usando l'A4900 Vibrio III.

L'A4900 Vibrio III è uno strumento dedicato principalmente all'esecuzione di misure di vibrazioni ripetibili, al fine di verificare la condizione di una macchina rotante. Un prerequisito necessario per il successo di questo controllo è la conoscenza dei valori di riferimento. Questi possono essere rilevati nel momento in cui la macchina è operante in una condizione di normale funzionamento. Questa condizione è generalmente soddisfatta appena dopo l'installazione di una macchina o dopo la sua manutenzione. È anche possibile eseguire una più approfondita analisi delle vibrazioni tramite strumenti più efficienti e sulla base dei risultati ottenuti, valutare l'effettivo stato operativo della macchina anche senza conoscere lo storico dei valori.

Quando parliamo di diagnostica vibrazionale, intendiamo misure regolari (di solito ogni 2-4 settimane), i cui obiettivi sono principalmente:

- Ricerca dei cambiamenti nello stato operativo della macchina
- Determinazione delle cause del cambiamento
- Manutenzione predittiva
- Controllo dell'esito della manutenzione (compresa la revisione della parte riparata per confermare l'analisi fatta)

La diagnostica delle vibrazioni delle macchine assolve due compiti fondamentali:

- Diagnostica dello stato meccanico della macchina (sbilanciamento, disallineamento, allentamento meccanico, ecc.)
- Diagnostica dello stato dei cuscinetti ad elementi volventi

## Regole fondamentali

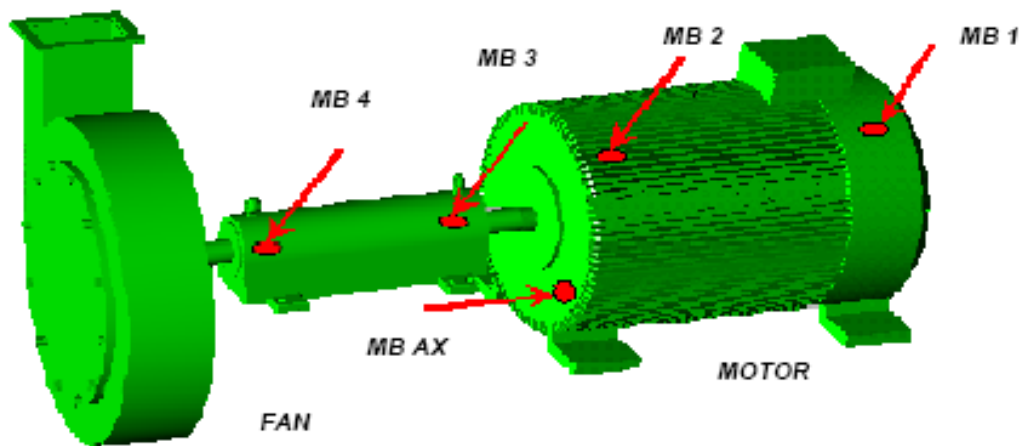
- 1. Se i valori misurati delle vibrazioni aumentano gradualmente nel tempo questo è un indice di cambiamento - peggioramento della condizione operativa della macchina.**
- 2. Se i valori misurati non cambiano, la macchina lavora in condizioni di funzionamento normale.**  
Questo non significa necessariamente che questa condizione sia buona. Ad esempio, nel caso in cui un cuscinetto sia stato installato in modo non corretto, il valore della vibrazione potrebbe non essere immediatamente elevato. Questo valore potrebbe essere stabile per qualche tempo, ma poi variare rapidamente fino alla distruzione del cuscinetto. In questo caso il periodo di servizio del cuscinetto non è prevedibile a priori.
- 3. L'affidabilità della diagnostica non può mai essere al 100%.**  
Ci sono difetti che si sviluppano nel breve tempo difficilmente diagnosticabili. I difetti che sono causati dalla fatica dei materiali possono svilupparsi solo in pochi secondi (cricche o rotture). La validità della diagnostica è in primo luogo legata ad una riduzione nei costi di manutenzione e un calo significativo dei guasti imprevisti.
- 4. L'utilizzo delle soglie di riferimento normative è possibile solo per le tipologie di macchine standard.**  
Non è possibile definire semplicemente i valori di limite delle vibrazioni in generale per una vasta gamma di macchine. Tuttavia è possibile creare uno standard per tipologie di macchina (ad esempio le turbine), e questi standard sono un potente strumento diagnostico. Generalmente gli standard hanno carattere di raccomandazione su come definire i valori limite.

5. **Abbreviazione degli intervalli di tempo tra le misure significa più efficacia preventiva sui guasti inaspettati**

## Posizioni di misura

La posizione di misura deve consentire misure ripetibili a parità di condizioni operative (per esempio uguale regime rotazionale).

È importante rendersi conto in quale direzione è stato attaccato il sensore e la posizione scelta per ogni misura ed analisi. Pertanto è importante determinare le posizioni di misura della macchina. Un'assieme tipico, con indicati i punti di misura, può essere rappresentato in questo modo:



Per la misura nella direzione radiale, andiamo a posizionare il sensore perpendicolarmente all'asse di rotazione, per la misurazione assiale lungo l'asse. La misura radiale può di solito essere eseguita orizzontalmente, verticalmente o in altra angolazione. Il punto di misura ha bisogno di essere preparato per fare la misura. La migliore soluzione è quella di realizzare delle piazzole su cui appoggiare il sensore ( si veda il capitolo Preparazione della posizione di misura ).

## Ascoltare le vibrazioni con la cuffia acustica

Un utente può collegare le cuffie al sistema Adash 4900 - Vibrio III, in quanto l'ascolto del segnale consente, in alcuni casi, con maggiore facilità di identificare il tipo di problema. Si può pensare che si tratti di un metodo arcaico, che non ha un posto nel mondo degli analizzatori digitali. È vero il contrario. Analisi delle trasmissioni, o dei cuscinetti a bassa velocità (ad esempio nelle cartiere) risulta essere migliore tramite il metodo dell'ascolto. L'ascolto può essere facilmente fatto da una qualsiasi persona della manutenzione, senza un'approfondita conoscenza della diagnostica. Se vi è un difetto sui cuscinetti, quindi un distinto suono è udibile in cuffia. Se il cuscinetto è OK, allora si può sentire solo un debole rumore.

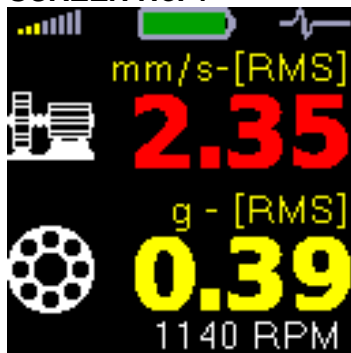
## Velocità di vibrazione vs. accelerazione

Il personale di manutenzione è solito misurare solo le vibrazioni in mm/s (velocità) e non le vibrazioni in g (accelerazione –  $1\text{ g} = 9.81\text{ m/s}^2$ ). Questa è una tradizione che proviene del passato, quando l'equipaggiamento usato era abilitato solo alla misura della velocità di vibrazione ed è il motivo per cui CSN, ISO e altre norme utilizzano i riferimenti alle misure di velocità. La misura della velocità di vibrazione è adatta alla diagnostica solo dei problemi a bassa frequenza (sbilanciamento, disallineamento, allentamenti meccanici). I difetti dei cuscinetti non sono riconoscibili utilizzando le misure a bassa frequenza. Se il valore di velocità di vibrazione aumenta a causa di un difetto del cuscinetto, il difetto stesso è già grave e c'è un forte pericolo di guasto della macchina. La misura in velocità non fornisce con sufficiente anticipo l'allarme di guasto di un cuscinetto a rotolamento.

## Utilizzo dei risultati delle misure

Lo strumento mostra i risultati delle misure su più schermi separati. Descriviamo le norme base per il loro uso .

### SCREEN No. 1



**- Simbolo della macchina:** questa linea mostra il valore efficace della vibrazione in mm/s (RMS) tra 10 – 1000 Hz. Normalmente l'aumento del livello di questo valore può connesso alle seguenti problematiche:

- Squilibrio di parti in rotazione ( girante, giunto, albero, rotore, ecc...)
- Disallineamento
- Allentamenti meccanici
- Giochi meccanici
- Usura



**- simbolo del cuscinetto:** questa linea mostra il valore efficace della vibrazione in g (RMS), che è sintomo di un cattivo stato del cuscinetto. Questa condizione può manifestarsi a causa di:

- Usura del cuscinetto
- Scarsa lubrificazione
- Errata installazione
- Abrasione sul cuscinetto.

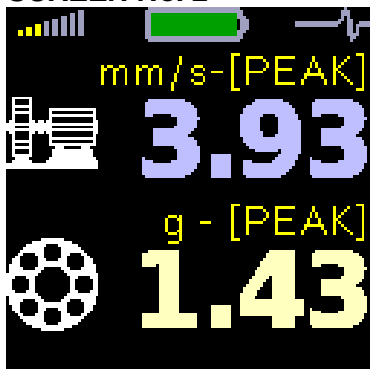
**Velocità di rotazione:** sulla parte inferiore dello schermo viene visualizzata la velocità di rotazione della macchina. RPM significa giri al minuto. Lo strumento stima in modo automatico il regime rotazionale della macchina utilizzando la frequenza del picco più elevato nello spettro, che assume essere quella fondamentale. Questa funzione non ha sempre successo perché la frequenza del picco più elevato nello spettro potrebbe non coincidere con quella del regime rotazionale. Quando il valore del regime rotazionale viene correttamente stimato allora i dati di vibrazione della macchina e dei cuscinetti hanno colori corrispondenti alla loro condizione operativa:

-**verde:** **Accettabile**, stato operativo ok,

-**giallo:** **Accettabile**, stato operativo peggiorato, prevedere manutenzione,

-**rosso:** **Inaccettabile**, stato operativo ulteriormente peggiorato, inoltre il funzionamento della macchina è molto rischioso.

### SCREEN No. 2



In questa seconda schermata sono mostrati i valori di vibrazione di picco (PEAK), cioè i massimi, che mostrano l'incidenza degli eventi shock di breve durata sul fenomeno, in particolare nei casi di incipiente difetto dei cuscinetti, come:

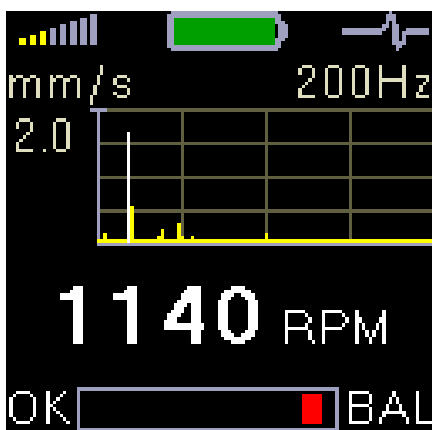
- microcricche sulle piste del cuscinetto
- particolato metallico presente sulla superficie del cuscinetto
- rotture

Gli shock causati da questi difetti sono presenti anche nei valori di vibrazione RMS. Tuttavia, il massimo valore di tali shock risulta essere parzialmente "nascosto". Questo accade perché l'RMS è un valore medio calcolato nel periodo di osservazione del fenomeno. Se un singolo Shock compare in questo periodo, anche se di livello molto elevato, la sua breve durata e quindi un basso contenuto energetico determina un contributo minimo nella valutazione del livello RMS.

Questo significa che durante l'aumento del difetto di questo cuscinetto che provoca lo shock, il valore di picco di questo shock sarà visibilmente in aumento, mentre il valore effettivo in RMS aumenterà solo lentamente. Questo modo ci permetterà di scoprire il difetto iniziale del cuscinetto molto prima che questo possa causare seri danni, tramite il monitoraggio dei valori di picco.

### SCREEN No. 3-rilevazione dello squilibrio

Le prime due schermate sono principalmente intese per visualizzare in modo immediato l'intensità della vibrazione e lo stato dei cuscinetti. I numeri esprimono valori globali di vibrazione che non ci consentono di trovare una esatta causa del problema.



Questa videata consente di confermare o meno, tramite lo spettro, la presenza di uno dei problemi più comuni, lo sbilanciamento di una parte rotante della macchina. Lo sbilanciamento causa vibrazioni con un'energia concentrata alla frequenza di rotazione della macchina.



La frequenza di rotazione è data dai RPM espressi in Hz.

$$f_{rev} = \text{RPM}/60$$

Esempio: nel caso in cui una macchina giri a 1500rpm la  $f_{rev} = 25\text{Hz}$

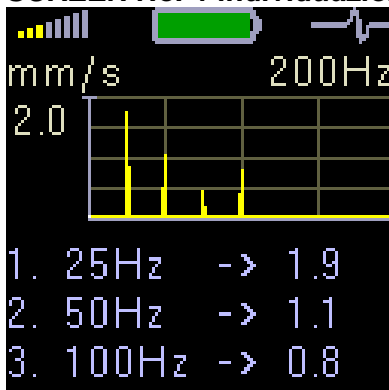
Il grafico nella parte superiore dello schermo indica se la vibrazione alla frequenza fondamentale è dominante o meno. L'asse X mostra le frequenze da 0 a 200Hz, l'asse Y i livelli in velocità di vibrazione mm/s.

Per semplicità, nella parte bassa dello schermo è visualizzata una banda orizzontale, con cursore che mostra la necessità o meno di bilanciare il rotore. La sua posizione (sinistra, destra o al centro) ed il colore sono importanti. Il colore corrisponde allo stato totale della macchina. La posizione invece mostra la quota di sbilanciamento nel totale delle vibrazioni. Se è sulla parte destra, la causa principale delle elevate vibrazioni è lo sbilanciamento. Se è sulla sinistra allora la quota di sbilanciamento nel totale delle vibrazioni è piccola, quindi è necessario ricercare un'altra causa. Per esempio, se l'indicatore è verde, il valore delle vibrazioni è basso, e anche se tutte le vibrazioni sono causate dallo sbilanciamento (vale a dire che il cursore è sulla parte destra), non abbiamo la necessità di intervenire in alcun modo.

Per esempio:

- se l'indicatore è verde, le condizioni della macchina sono OK, e non abbiamo bisogno di intervenire
- se l'indicatore è rosso ed è sulla parte destra della barra (vicini a BAL), allora le condizioni della macchina richiedono un intervento (ROSSO), e deve esser bilanciata (indicatore sulla parte destra)
- se l'indicatore è rosso ed è sulla parte sinistra della barra, allora le condizioni della macchina richiedono un intervento (ROSSO), comunque la causa non è lo sbilanciamento (indicatore sulla parte sinistra).

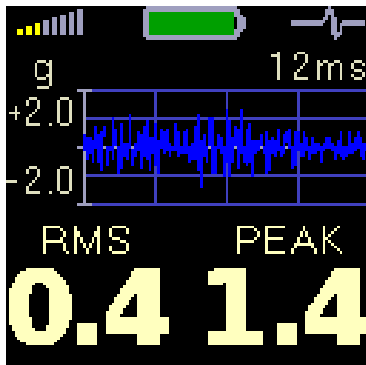
#### **SCREEN No. 4-individuazione di allentamenti meccanici**



Questa schermata è importante nell'individuazione di altre cause di guasto come i disallineamenti o gli allentamenti meccanici. Il grafico mostra uno spettro fino a 200 Hz, in velocità di vibrazione mm/s. Un'indicazione numerica dei tre picchi più elevati è visualizzata nella parte inferiore dello schermo. Le cause più comuni di questo difetto sono:

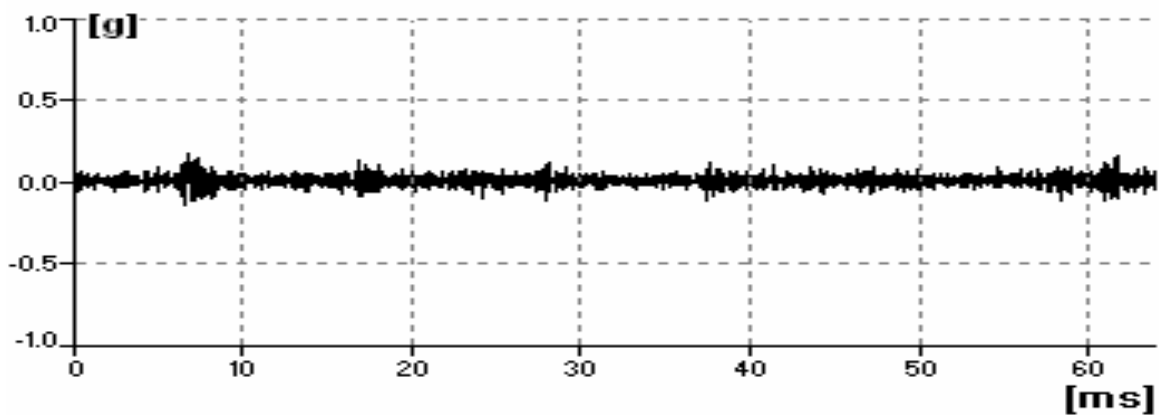
- flange deboli, allentamento dei bulloni di ancoraggio, rotture dei telai e delle saldature
- gioco tra le sedi delle parti rotanti, problemi non relazionabili agli allentamenti meccanici
- albero storto

### SCREEN No.5



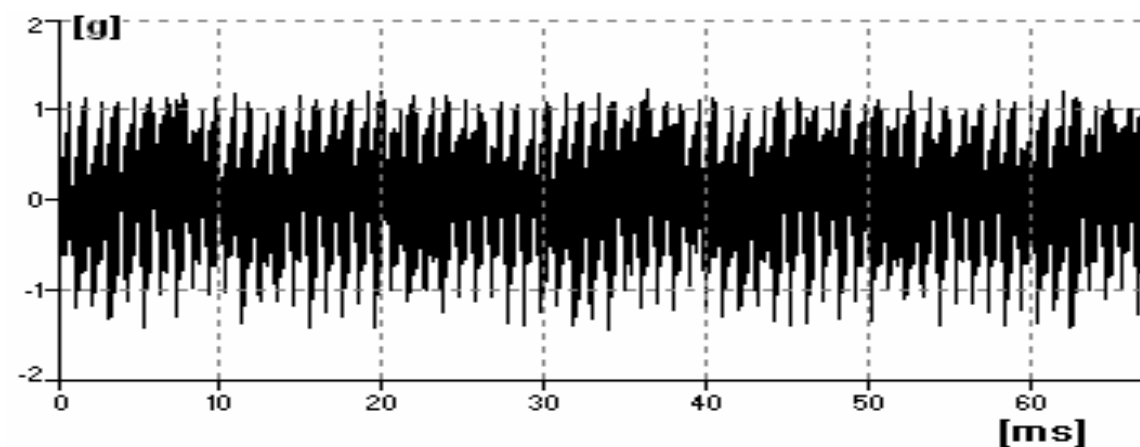
Questa schermata mostra un blocco di dati temporali relativi alle vibrazioni di un cuscinetto. Il valore energetico totale (RMS) e il valore massimo raggiunto (PEAK) dalle vibrazioni sono sulla parte inferiore. Per semplificare il lavoro con questa schermata, abbiamo presentato tre forme base di dati temporali, che sono indicatori dello stato di un cuscinetto:

#### -Cuscinetto integro:



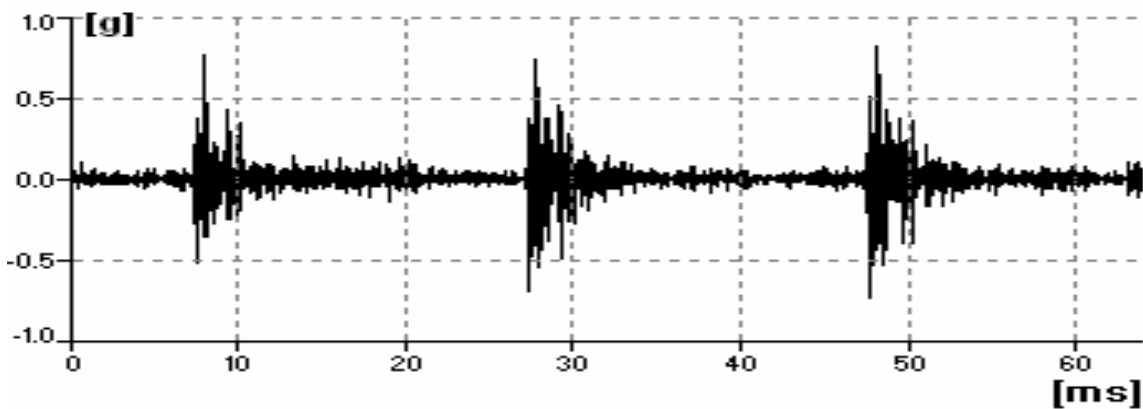
Questo cuscinetto genera solo un rumore con bassa ampiezza, la cui forma d'onda è costante.

#### -Cuscinetto integro – Mal lubrificato:



In questo caso la forma d'onda è ancora costante, comunque, l'ampiezza del segnale è molto più alta che nel caso precedente.

**-Cuscinetto danneggiato:**



Ci sono impulsi chiaramente visibili causati dagli urti tra gli elementi volventi e le cricche presenti sulle piste del cuscinetto. Gli impulsi si ripetono regolarmente.

#### SCREEN No.6



Nel caso di monitoraggio dello stato operativo delle parti della macchina che hanno una costruzione più sofisticata (come le trasmissioni) il problema sta nella differenziazione delle forzanti delle singole componenti (cuscinetto, riduttore, ecc...) che hanno tipicamente aree di frequenza caratteristiche. Queste aree sono **intervalli di frequenza** e sono visualizzate nella parte sinistra dello schermo dello strumento.

La schermata No.6 mostra i valori di misura della frequenza nelle tre aree:

**0.5 – 16 kHz** : l'intero intervallo di frequenza che comprende la gran parte delle cause di guasto.

**1.5 – 16 kHz** : nell'intervallo da 1,5 a 16 kHz possiamo trovare le frequenze d'ingranamento della maggior parte delle trasmissioni.

**5 – 16 kHz** : questo intervallo è tipico dei difetti dei cuscinetti..

**Attenzione:** si prega di notare che gli intervalli si sovrappongono. Esse hanno tutte il limite di frequenza superiore pari a 16 kHz.

Cosa significa per l'analisi ?

I seguenti esempi dovrebbero aiutare a capire il loro significato:

- **I valori rilevati nei tre intervalli sono uguali:**  
Tutta l'energia vibrazionale è concentrata nell'ultimo intervallo.
- **Nei primi due intervalli i valori sono uguali , nell'ultimo il valore è più basso:**  
L' energia vibrazionale è concentrata nell'intervallo 1.5 – 5 kHz.
- **Il primo intervallo ha il valore più elevato:**  
L' energia vibrazionale è concentrata nell'intervallo 0.5 - 1.5 kHz.

### Esempio.

Verifichiamo la procedura di analisi di un segnale ottenuto da una trasmissione, con regime rotazionale 25Hz (1500 rpm) e con una ruota con 65 denti. La cosiddetta frequenza d'ingranamento può essere ottenuta semplicemente moltiplicando la frequenza di rotazione dell'albero ( Hz ) per il numero di denti.

$$f_z = f_{rev} * Z$$

$f_z$  = frequenza d'ingranamento

$f_{rev}$  = frequenza di rotazione

Z = numero di denti

Nel nostro esempio la frequenza d'ingranamento è 1625 Hz (circa 1.6 kHz )

Quali sono le possibilità?



#### Condizione 1:

La trasmissione è ok e la frequenza d'ingranamento di 1,6 kHz aumenta leggermente le vibrazioni nei primi due intervalli di frequenza.



#### Condizione 2:

I livelli sono simili nei tre intervalli. Questo può indicare problemi legati ai cuscinetti.



**Condizione 3:**

Mentre nell'ultimo intervallo il valore di vibrazione è veramente basso, nei primi due il valore è molto alto.

C'è una probabilità molto elevata che la ruota sia difettosa.

- usura dei denti
- cambio dell'angolo di attacco come conseguenza di una sbagliata correzione
- errata distanza reciproca tra pignone e corona
- disallineamento

Tutti questi fenomeni aumentano le vibrazioni alla frequenza d'ingranamento.



**Condizione 4:**

L'ultima videata mostra la problematica connessa alle cause di guasto tipiche delle macchine rotanti come : sbilanciamento, disallineamento, allentamento meccanico, ecc...

**Aesse Misure s.r.l.**  
Soluzioni per il mondo delle vibrazioni

[www.aesse-misure.it](http://www.aesse-misure.it)