

# Vibrazioni complessive, livelli di gravità e fattore di cresta +

## Documentazione

A cura del Dr. George Zusman, Direttore dello Sviluppo prodotti, PCB Piezotronics e Glenn Gardner, Business Unit Manager, Fluke Corporation

Alte frequenze da 4.000 Hz a 20.000 Hz	<p>09/01/2011 09:10 AM</p> <p>Cuscinetto</p> <p><b>3</b> <b>CF+</b></p> <p>BUONO</p>	Vibrazioni cuscinetto (CF+)
Bassa frequenza Da 10 Hz A 1.000 Hz	<p>Vibrazioni complessive</p> <p><b>0,42</b> in/s (cal pk)</p> <p>INACCETTABILE</p>	Vibrazioni complessive
Temperatura da -20 °C a 200 °C	<p>Temperatura</p> <p><b>68,7 °F</b></p> <p>ID : VENTOLA1: I CUSCINETTO1 TIPO : Ventola assiale RPM : &gt; 600</p>	Temperatura IR



Scala di gravità	
<p>BUONO</p>	Non si raccomanda alcun intervento di riparazione immediato.
<p>SODDISFACENTE</p>	Non è necessario alcun intervento di riparazione immediato. Aumentare la frequenza delle misurazioni e monitorare le condizioni della macchina.
<p>INSODDISFACENTE</p>	Consultare un tecnico esperto di vibrazioni per condurre test più avanzati il prima possibile. Prendere in considerazione l'esecuzione della manutenzione durante i prossimi periodi di inattività o di mantenimento pianificati.
<p>INACCETTABILE</p>	Consultare un tecnico di vibrazioni per condurre test più avanzati il prima possibile. Considerare l'arresto immediato della macchina per effettuare le riparazioni ed evitare il guasto.

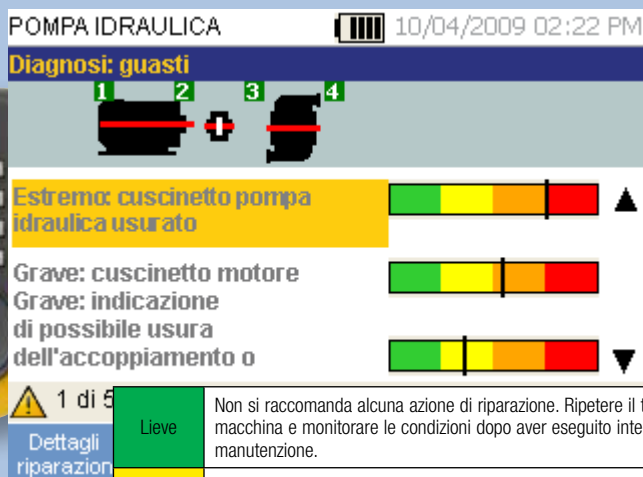
### Introduzione

Le vibrazioni meccaniche sono note per essere un argomento particolarmente complicato da trattare. Basta un rapido sguardo a un manuale del settore per accorgersi che un tecnico deve possedere nozioni avanzate di matematica e fisica per essere in grado di raccogliere e interpretare i dati relativi alle vibrazioni in modo accurato. Ciò ha causato gravi problemi agli impianti industriali: i vantaggi di un programma di test delle vibrazioni sono ben noti ma troppi impianti scelgono di evitare i test delle vibrazioni a causa della loro complessità.

Fluke intende ovviare a questo problema sviluppando misuratori e tester di vibrazioni facili da usare, che presentano notevoli vantaggi oltre al fatto che non è necessario fornire una formazione avanzata agli utenti finali. Il primo dispositivo per vibrazioni Fluke, distribuito nel 2010, è stato il modello Vibration Tester 810 (vedere immagine a pagina successiva). Il dispositivo Fluke 810 è un analizzatore di spettro delle vibrazioni che comprende un motore automatico di diagnosi che identifica le quattro cause più comuni alla radice di ogni anomalia delle vibrazioni dei macchinari: Disallineamento, squilibrio, allentamento e guasti ai cuscinetti. Rispetto agli analizzatori di spettro presenti in commercio, il Fluke 810 è molto più facile da usare poiché interpreta automaticamente i dati dello spettro di frequenza. L'utente visualizza

semplicemente una scala di gravità per ognuna delle quattro anomalie riportate di sopra.

Il secondo prodotto per le vibrazioni, il Vibration Meter Fluke 805, è stato distribuito nel 2012. Rispetto a un analizzatore di spettro come il Fluke 810, il modello 805 è un misuratore delle vibrazioni complessive. Il modello 805 fornisce all'utente il numero delle vibrazioni complessive per le gamme di bassa (10 - 1.000 Hz) e di alta frequenza (4.000 - 20.000 Hz). Oltre al valore delle vibrazioni complessive, il Fluke 805 fornisce una scala di gravità per entrambe le gamme di frequenza. È possibile adeguare la scala di gravità di bassa frequenza al particolare tipo di macchina su cui si esegue il test (pompa, compressore, ecc.) e ciò costituisce uno straordinario strumento di analisi per problemi quali il disallineamento, lo squilibrio, l'allentamento, i rotori piegati, ecc. La scala di gravità di alta frequenza, anche nota come scala "Fattore di cresta +", si avvale di un nuovo metodo proprietario di analisi dei segnali di vibrazione nel tempo per identificare i guasti ai cuscinetti. Inoltre, il dispositivo 805 consente all'utente di eseguire misure della temperatura senza contatto su tutti i punti di vibrazione analizzati. Il Vibration Meter



Fluke 805 è uno strumento di analisi. Dopo aver rilevato la presenza di guasti mediante il dispositivo 805, si raccomanda di eseguire test più avanzati per comprovare il problema e identificare la causa alla radice delle vibrazioni. Nella presente documentazione discuteremo dei seguenti argomenti:

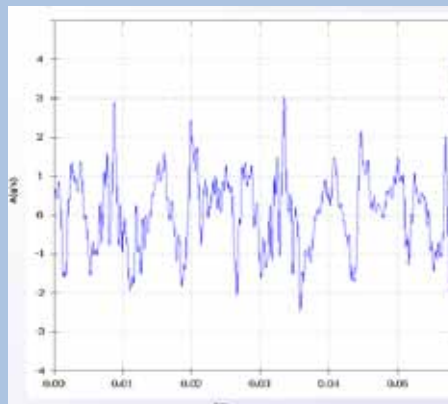
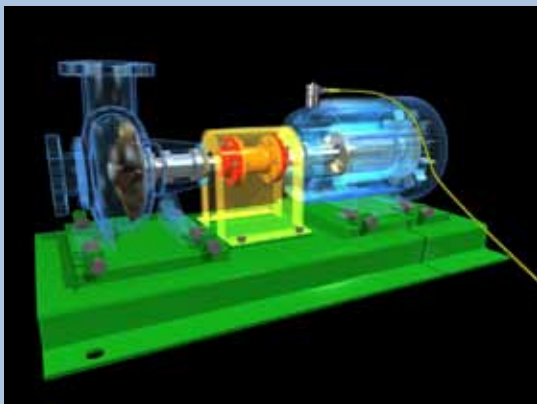
- Differenza tra analisi dello spettro di frequenza e analisi delle vibrazioni complessive
- Analisi delle vibrazioni complessive e scale di gravità
- Fattore di cresta +: analisi delle vibrazioni complessive ad alta frequenza e scale di gravità

### Analisi di spettro delle vibrazioni vs. analisi delle vibrazioni complessive

Tutti i dati relativi alle vibrazioni sono raccolti nel tempo. Quando si utilizza un analizzatore di spettro oppure un misuratore delle vibrazioni complessive, i dati relativi al tempo vengono raccolti da un accelerometro piezoelettrico. L'accelerometro è posizionato a stretto contatto con una macchina vibrante. Le vibrazioni della macchina vengono così trasferite all'accelerometro, che, a sua volta, mette in tensione l'elemento piezoelettrico al suo interno creando così un segnale di tensione proporzionale alla vibrazione. Il presente segnale di tensione viene catturato dall'analizzatore di spettro e dal misuratore delle vibrazioni complessive. Alla pagina successiva (Fig. A) viene mostrata un'immagine del segnale nel tempo.

Lieve	Non si raccomanda alcuna azione di riparazione. Ripetere il test della macchina e monitorare le condizioni dopo aver eseguito interventi di manutenzione.
Moderato	(Mesi, fino a un anno) – Non è richiesto alcun intervento di riparazione immediato. Aumentare la frequenza delle misurazioni e monitorare le condizioni dopo la manutenzione.
Grave	(Settimane) – Eseguire l'intervento di manutenzione durante il successivo periodo di inattività programmato o la successiva manutenzione.
Estremo	(Giorni) – È necessario effettuare immediatamente l'intervento di manutenzione. Occorre considerare la possibilità di arrestare la macchina ed effettuare immediatamente la riparazione per evitare guasti futuri.

Dopo aver individuato il segnale nel tempo, è possibile effettuare le analisi in due modi usuali, quali: l'analisi di spettro o l'analisi delle vibrazioni complessive. Nell'analisi di spettro, il segnale del tempo si trasforma in un segnale della frequenza utilizzando un algoritmo noto come la Trasformata di Fourier veloce (FFT). Una descrizione dettagliata della FFT va al di là degli scopi che si prefigge la presente documentazione ma, in sintesi, questo algoritmo ricostruisce il segnale nel tempo utilizzando una serie di onde sinusoidali armoniche. L'ampiezza di ciascuna di queste onde sinusoidali è stabilita in funzione della frequenza delle onde sinusoidali. Il risultato è il grafico dello spettro di frequenza. Alla pagina successiva (Fig. B) viene mostrato un grafico di uno spettro di frequenza campione. Un tecnico esperto in analisi delle vibrazioni è in grado di utilizzare lo spettro di frequenza per determinare se e quali macchine presentino guasti. Queste analisi possono presentare delle limitazioni ma il vantaggio principale è dato dalla possibilità, di norma, di identificare la causa alla radice delle vibrazioni.



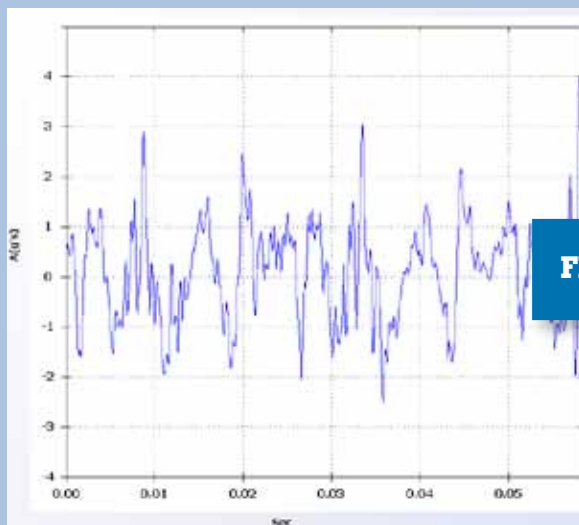


Figura A

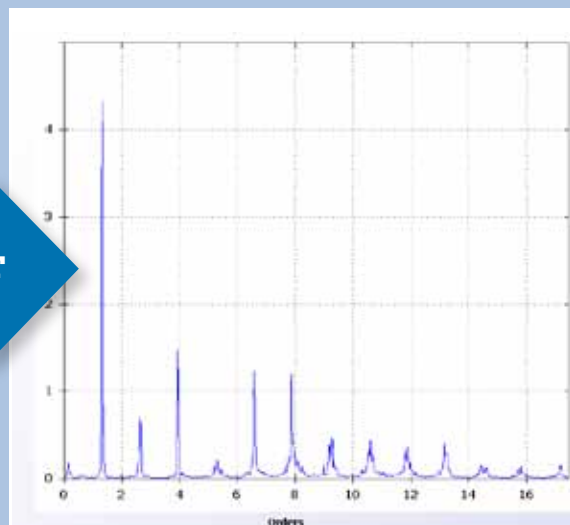


Figura B

Al confronto, l'analisi delle vibrazioni complessive è molto più semplice. Nell'analisi delle vibrazioni complessive, è possibile utilizzare i dati nel tempo per calcolare il valore delle vibrazioni complessive. È possibile utilizzare questo singolo valore come indicatore delle condizioni generali di funzionamento della macchina. (Nota: esistono diversi metodi per calcolare il valore delle vibrazioni complessive. Per ulteriori approfondimenti, fare riferimento all'Appendice). Il vantaggio delle analisi delle vibrazioni complessive è la sua semplicità, infatti c'è un solo numero da esaminare. Tuttavia, ci sono tre limitazioni significative all'utilizzo dell'analisi delle vibrazioni complessive:

- A macchine diverse corrispondono diversi livelli di funzionamento delle vibrazioni complessive.
- Alcuni guasti alle macchine, in particolare ai cuscinetti, non influenzano il valore delle vibrazioni complessive fin quando non si verificano danni significativi.
- L'analisi delle vibrazioni complessive non è in grado di identificare la causa alla radice delle vibrazioni

Nonostante questi limiti, i misuratori delle vibrazioni complessive sono strumenti di analisi molto utili. I tecnici possono utilizzarli per creare degli andamenti nel tempo, e se vengono rilevati degli andamenti negativi, è necessario ricorrere a un'analisi più approfondita (ad esempio, l'analisi di spettro) per comprovare e individuare la causa alla radice del problema.

È significativo che Fluke abbia progettato il Vibration Meter 805 per ridurre tali limitazioni, come illustrato nella pagina successiva.

### Analisi delle vibrazioni complessive e scale di gravità

Come affermato nella sezione precedente, esistono tre limitazioni all'analisi delle vibrazioni complessive. In questa sezione vi illustreremo più nel dettaglio ciascuna di queste limitazioni, e quindi anche come, ciononostante, un misuratore di vibrazioni complessive

possa costituire un efficace strumento di analisi delle vibrazioni. Vi mostreremo anche come il Fluke Vibration Tester 805 consenta di superare le tre limitazioni della tradizionale penna per il rilevamento delle vibrazioni.

### Le tre limitazioni dell'analisi delle vibrazioni complessive

La prima limitazione dell'analisi delle vibrazioni complessive è data dal fatto che a macchine diverse corrispondono livelli di funzionamento diversi delle vibrazioni complessive. Ad esempio, i ventilatori rotanti presentano livelli molto elevati di vibrazioni complessive anche quando funzionano correttamente. Ciò è causato dalla progettazione meccanica di base della macchina, costituita da due alberi paralleli con lobi alternati con rotazione sincronizzata per comprimere l'aria. Al confronto, le pompe centrifughe con estremità aspirante (che dispongono di un solo albero rotante e di una girante rotante all'interno di una voluta) tendono a presentare livelli di vibrazioni complessive molto bassi in un buono stato di funzionamento. Un livello di vibrazioni complessive di 0,300 pol/s per la pompa centrifuga indica la presenza di guasti alla macchina, mentre lo stesso livello di vibrazioni su un compressore a lobi rotativi indica il perfetto funzionamento dello stesso.

La seconda limitazione dell'analisi delle vibrazioni complessive è che alcuni guasti alle macchine, in particolare ai cuscinetti, non segnalano lo stato di allarme per il livello delle vibrazioni complessive fin quando non viene riportato un danno significativo. Quando un cuscinetto presenta i primi segni di guasto dell'anello esterno, interno, o della sfera/rullo, nel tempo vengono visualizzati picchi di breve durata ogni volta che il punto guasto viene a contatto con un componente del cuscinetto adiacente. Questi picchi presentano un livello di energia molto basso, e quindi non apportano un significativo cambiamento al valore delle vibrazioni complessive. Man mano che il danno al cuscinetto aumenta, aumentano anche l'energia dei picchi e le vibrazioni della macchina e, in ultima

analisi, anche il valore delle vibrazioni compressive prima che il guasto diventi irreversibile. Tuttavia, sarebbe meglio identificare i guasti sul nascere quando i picchi presentano ancora un basso livello di energia. L'analisi delle vibrazioni compressive è uno strumento poco adatto a tale scopo. La terza limitazione dell'analisi delle vibrazioni compressive è costituita dal fatto che, una volta che è stato rilevato un grave livello di vibrazioni, non è possibile determinare la causa alla radice delle vibrazioni solo con l'analisi delle vibrazioni compressive. Al confronto, l'analisi dello spettro di frequenza consente all'analista esperto di identificare la causa alla radice delle vibrazioni, cercando nello spettro dei segnali indicativi di guasti quali sbilanciamento, disallineamento, allentamento, danni ai cuscinetti, cinghie usurate o allentate, ecc.

### Importanza del misuratore di vibrazioni compressive

Malgrado le limitazioni di cui sopra, l'analisi delle vibrazioni compressive presenta notevoli vantaggi, inclusi:

- Per l'analisi delle vibrazioni compressive non si richiede una formazione avanzata. Pressoché ogni tecnico è in grado di utilizzare un misuratore di vibrazioni compressive che consenta di eseguire test su un numero ampio di macchine in un impianto.
- Un misuratore di vibrazioni compressive, utilizzato come strumento di analisi, consente di identificare con precisione le macchine su cui effettuare test di vibrazioni più approfonditi. Le macchine che evidenziano un andamento negativo nel livello di vibrazioni compressive nel tempo, o che evidenziano un livello complessivo straordinariamente elevato in ogni test, necessitano di ulteriori test da eseguirsi con tecniche più avanzate.
- Misuratori di vibrazioni compressive economici: è possibile acquistarli a circa un decimo del costo di un analizzatore di spettro delle vibrazioni.

Oltre a questi vantaggi, Fluke si è impegnata moltissimo nella progettazione del Vibration Meter 805 per ridurre al minimo le limitazioni di questo tipo di misuratore. Ad esempio:

1. Il Fluke 805 presenta una scala di gravità per vibrazioni compressive per 37 tipi (categorie) di macchine industriali. Quando si usa il modello 805, è sufficiente selezionare la categoria di macchina dall'elenco presente sul dispositivo

e l'805 fornirà una scala di gravità indicando il livello delle vibrazioni misurate. Consultare l'appendice per visualizzare l'elenco dei 37 tipi di macchine (categorie) analizzabili con Fluke 805.

2. Il Fluke 805 utilizza un nuovo algoritmo proprietario noto come "Fattore di cresta +" che identifica i guasti ai cuscinetti precocemente rispetto a un normale misuratore di vibrazioni compressive. L'algoritmo Fattore di cresta + esegue misurazioni di alta frequenza ad alta precisione e viene descritto nella sezione successiva.
3. Il Fluke 805 presenta la possibilità di esportare i risultati in formato Excel per il monitoraggio degli andamenti. Sebbene gli analizzatori di spettro siano gli strumenti migliori per determinare la causa alla radice delle vibrazioni elevate, il monitoraggio e l'analisi degli andamenti dei valori delle vibrazioni compressive costituiscono un ottimo metodo per identificare le macchine con potenziali guasti e sulle quali è necessario eseguire ulteriori test avanzati.

### Fattore di cresta + e scale di gravità di alta frequenza

Alcuni guasti alle macchine (in particolare ai cuscinetti) non vengono identificati con il valore delle vibrazioni compressive fin quando non si verificano danni significativi. Ciò avviene per un semplice motivo: i primi segni di guasto ai cuscinetti sono costituiti da picchi di breve durata nel tempo. Poiché i picchi sono di breve durata, essi presentano un bassissimo livello di energia, e quindi non influenzano significativamente il valore delle vibrazioni compressive.

Nel tentativo di identificare meglio i primi segni di danni ai cuscinetti, alcuni analisti di vibrazioni compressive sono ricorsi al Fattore di cresta, definito come il rapporto del valore del picco/valore RMS di un segnale di vibrazione nel tempo (laddove RMS = valore effettivo). Il Fattore di cresta si è rivelato molto utile nell'identificazione precoce dei segni di guasto ai cuscinetti, perché, durante le prime fasi del guasto ai cuscinetti, la differenza significativa tra il valore di picco di breve durata e il valore RMS ha causato il rapido incremento del valore del Fattore di cresta. Tuttavia, a causa del peggioramento del danno ai cuscinetti si è verificato un problema. I gravi danni ai cuscinetti hanno causato un significativo aumento del valore RMS del segnale nel tempo. Poiché il valore RMS costituisce il denominatore del rapporto del Fattore di cresta, ne consegue una riduzione del valore Fattore di cresta. Contrariamente a quanto ci si aspetta, al peggioramento dei danni ai cuscinetti corrisponde una riduzione del valore del Fattore di cresta. L'analista che ha individuato un basso fattore di cresta non può accertare se il cuscinetto funzioni correttamente o meno: ovviamente non si tratta di una soluzione accettabile.

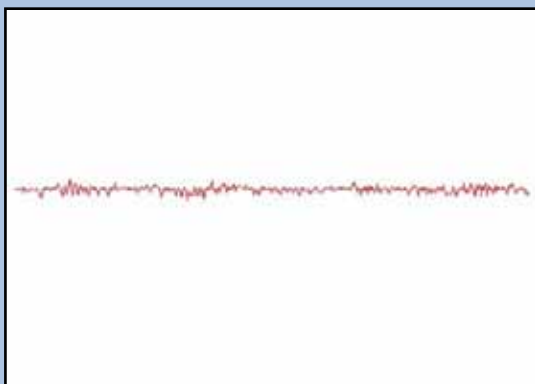
SEGNALE NEL TEMPO DI GRAVI DANNI AI CUSCINETTI pagina successiva- il livello CF torna a un valore basso, ma il livello CF+ è alto.

Nel tentativo di ovviare a questo problema con l'analisi del fattore di cresta, il modello Fluke 805 utilizza un algoritmo proprietario noto come "Fattore di cresta +". È possibile attribuire i valori del Fattore di cresta + ai danni ai cuscinetti secondo il seguente schema:

Alte frequenze da 4.000 Hz a 20.000 Hz	<p>09/01/2011 09:10 AM</p> <p>Cuscinetto</p> <p><b>3</b> <b>CF+</b></p> <p><b>BUONO</b></p>	Vibrazioni cuscinetto (CF+)
Alte frequenze da 10 Hz a 1.000 Hz	<p>Vibrazioni compressive</p> <p><b>0,42</b> in/s (cal pk)</p> <p><b>INACCETTABILE</b></p>	Vibrazioni compressive
Temperatura da -20 °C a 200 °C	<p>Temperatura</p> <p><b>68,7 °F</b></p> <p>ID: VENTOLA1:1 CUSCINETTO1</p> <p>TIPO: Ventola assiale</p> <p>RPM: &gt; 600</p>	Temperatura IR

### Segnale di funzionamento nel tempo

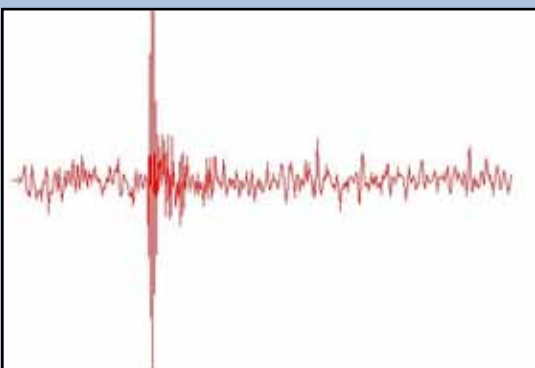
CF e CF+ sono livelli bassi



### Danni precoci ai cuscinetti

#### segnale del tempo

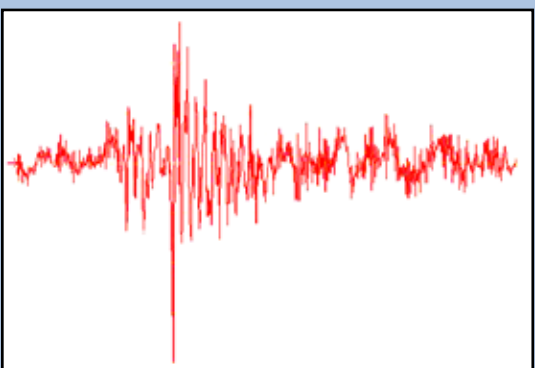
CF e CF+ sono livelli medi



### Gravi danni ai cuscinetti

#### segnale dell'usura del tempo

Il livello CF torna a un valore basso, ma il livello CF+ è alto



CF+	Intensità
Da 0 a 5	Buono
Da 6 a 10	Soddisfacente
Da 11 a 15	Insoddisfacente
Superiore a 15	Inaccettabile

L'algoritmo Fattore di cresta + costituisce un importante passo avanti rispetto all'analisi tradizionale delle vibrazioni del fattore di cresta perché il valore di uscita (CF+) aumenta continuamente man mano che i danni ai cuscinetti peggiorano. Nell'Appendice 2 sono forniti alcuni dettagli tecnici sull'algoritmo.

### Conclusione

Nella presente documentazione ci siamo concentrati su due metodologie di analisi delle vibrazioni che possono essere utilizzate per esaminare i dati delle vibrazioni raccolti con l'accelerometro: l'analisi dello spettro di frequenza e l'analisi delle vibrazioni complessive. Abbiamo capito che entrambi i metodi presentano vantaggi e svantaggi.

L'analisi dello spettro di frequenza è ideale per identificare la causa alla radice delle vibrazioni ma i tecnici che la eseguono necessitano di una formazione avanzata. Per ovviare a questa limitazione, Fluke ha progettato il modello 810 inserendovi un motore di diagnosi che identifica automaticamente la gravità dei quattro problemi più comuni delle macchine: disallineamento, squilibrio, allentamento e danni ai cuscinetti.

L'analisi delle vibrazioni complessive è poco costosa e facile da eseguire ma presenta forti limitazioni, tra cui quelle riportate di seguito: a tipi di macchine diverse corrispondono livelli diversi di vibrazioni complessive in buono stato di funzionamento; i danni ai cuscinetti non influiscono sulla misura delle vibrazioni complessive finché non si verifica un danno significativo. Fluke ha progettato il modello 805 per ovviare a questi due problemi, includendo rispettivamente scale di gravità su misura per 37 categorie diverse di macchine e l'algoritmo Fattore di cresta + per rilevare precocemente la presenza di guasti ai cuscinetti.

In un efficiente programma di manutenzione predittiva, l'analisi dello spettro di frequenza e l'analisi delle vibrazioni complessive godono di una notevole rilevanza. È opportuno avvalersi di entrambi gli strumenti per individuare tempestivamente i difetti di funzionamento delle macchine e poter intraprendere un'azione correttiva prima del guasto degli stessi.

**Appendice 1: Metodi di calcolo del valore delle vibrazioni complessive**

Esistono diversi metodi per il calcolo del valore complessivo del segnale delle vibrazioni.

Le principali differenze sono:

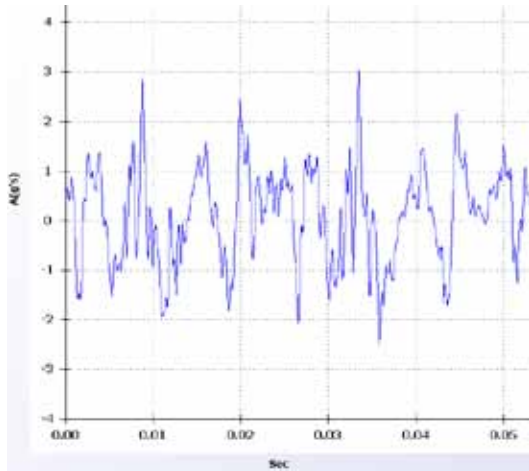
- Valore di picco vs. valore RMS
- Tempo vs. frequenza
- Unità: Accelerazione vs. velocità vs. spostamento

**Valore di picco vs. valore RMS**

È possibile esprimere il valore delle vibrazioni complessive come valore di picco o come valore RMS. Il valore di picco è definito semplicemente come il valore assoluto del picco di massima ampiezza sopra o sotto l'origine di un segnale nel tempo. La visualizzazione a forma d'onda nel tempo al di sotto del valore di picco è di circa 4,0 unità poiché il picco più alto si trova a 4,0 unità dall'origine. Il valore RMS, al contrario, si calcola utilizzando tutti i valori della forma d'onda nel tempo secondo la seguente formula:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{2} \sum x^2(t)}$$

se x(t) è dato dai singoli valori dei dati nel tempo.



**Tempo vs. Frequenza**

È possibile calcolare il valore RMS di un segnale di vibrazione secondo tempo o frequenza. L'equazione riportata sopra mostra come calcolarlo nel tempo.

Il teorema di Parseval garantisce che otterremo lo stesso preciso valore se avessimo calcolato il valore RMS in base alla frequenza come riportato di seguito:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{2} \sum x^2(t)} = \sqrt{\frac{1}{n^2} \sum |X(f)|^2}$$

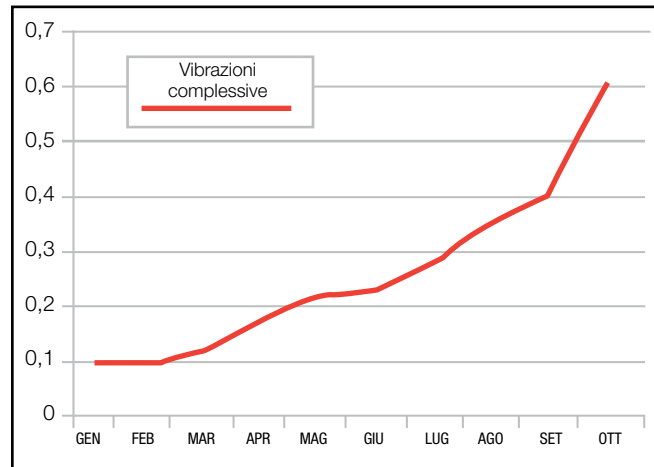
se X(f) è la Trasformata di Fourier del segnale di serie temporale x(t).

**Unità: Accelerazione vs. velocità vs. spostamento**

Inoltre, è possibile esprimere le vibrazioni complessive mediante unità di misura differenti: Accelerazione [più comunemente espressa in g], Velocità [più comunemente espressa in  $\frac{in}{s}$  o  $\frac{mm}{s}$ ], o Spostamento [più comunemente espresso in millesimi (di pollice) o  $\mu m$  (micrometri)]. Per definizione, gli accelerometri raccolgono dati di serie temporali convertendoli in unità accelerazione. Pertanto, i dati del tempo dell'accelerometro devono essere integrati prima di calcolare il valore della velocità totale, quindi ancora prima di calcolare il valore di spostamento totale. Sono disponibili altri sensori per raccogliere dati direttamente in velocità (ad esempio bobine di velocità) o in unità di misura dello spostamento (ad esempio sonde di prossimità), ma i dispositivi Fluke 805 e 810 utilizzano esclusivamente gli accelerometri.

In sintesi, durante l'esecuzione di analisi delle vibrazioni complessive, utilizzare sempre lo stesso metodo di calcolo (valori di picco e di RMS) e le unità di misura (accelerazione vs. velocità vs. spostamento) quando si confrontano due valori.

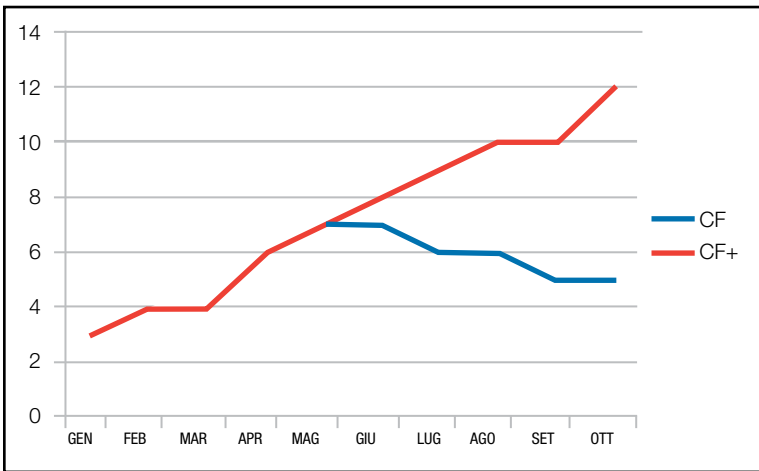
Ecco un grafico esemplificativo che mostra un andamento delle Vibrazioni complessive durante il peggioramento del funzionamento della macchina.



**Appendice 2: Descrizione tecnica**  
**Fattore di cresta +**

$$Crest\ factor\ plus = \alpha_1 Peak + \alpha_2 RMS + \alpha_3 \frac{Peak}{RMS}$$

Ecco un grafico esemplificativo che mostra un valore normale del Fattore di cresta variabile da 3 a 7 e 4 in caso di peggioramento del danno al cuscinetto, e l'aumento costante del CF+ da 3 a 12 in caso di peggioramento del danno ai cuscinetti.



### **Appendice 3: Elenco delle categorie di macchine nel modello Fluke 805**

#### **Refrigeratori (Refrigerazione)**

Alternati (motore aperto e compressore separato)  
 Alternati (motore ermetico e compressore)  
 Centrifughe (motore ermetico o aperto)

#### **Ventole**

Ventole azionate da cinghia da 1800 a 3600 RPM  
 Ventole azionate da cinghia da 600 a 1799 RPM  
 Ventole a trasmissione diretta generiche (accoppiamento diretto)  
 Ventilatori per vuoto (azionamento a cinghia o diretto)  
 Ventola forzata grande (cuscinetto film liquido)  
 Ventola indotta grande (cuscinetto film liquido)  
 Ventola integrata su albero (albero motore esteso)  
 Ventola assiale (azionamento diretto o a cinghia)

#### **Unità raffreddamento a colonna**

Albero di trasmissione a cavo lungo (motore)  
 Azionamento a cinghia (motore & ventola)  
 Azionamento diretto (motore & ventola)

#### **Pompe centrifughe**

Pompe verticali (altezza da 30,48 cm a 50,8 cm) \*  
 Pompe verticali (altezza da 20,32 cm a 30,48 cm) \*  
 Pompe verticali (altezza da 12,7 cm a 20,32 cm) \*  
 Pompe verticali (altezza da 0 cm a 12,7 cm) \*

#### **Accoppiamento diretto**

Pompe di aspirazione estremità centrifuga orizzontale  
 Pompe a doppia aspirazione estremità centrifuga orizzontale

#### **Azionamento a turbina o a motore**

Pompe di alimentazione per boiler

\* Altezza dalla pendenza al cuscinetto superiore del motore, può rivelarsi necessario specificare l'allarme inferiore per il cuscinetto inferiore del motore e il cuscinetto superiore della pompa (a seconda dell'altezza).

#### **Pompe volumetriche**

Pompe a pistoncini volumetriche orizzontali (sotto carico)  
 Pompe a ingranaggi volumetriche orizzontali (sotto carico)

#### **Compressori d'aria**

Alternato  
 Vite rotante  
 Centrifughe con o senza scatola ingranaggi esterna  
 Centrifughe - meccanismo interno (mis. assiale)  
 Centrifughe - meccanismo interno (mis. radiale)

#### **Ventilatori**

Ventilatori rotanti a lobi (azionamento a cinghia o diretto)  
 Ventilatori centrifughi multi-stadio (azionamento diretto)

#### **Cambi generici (Cuscinetti volventi)**

Scatola ingranaggi monostadio

#### **Macchine Utensili**

Motore  
 Ingresso cambio  
 Uscita cambio  
 Mandrini - operazioni di sgrossatura  
 Mandrini - finitura macchina  
 Mandrini - finitura critica

**Fluke.** *The Most Trusted Tools in the World.*

**Fluke Italia S.r.l.**  
 Viale Lombardia 218  
 20861 Brugherio (MB)  
 Tel: (39) 02 3600 2000  
 Fax: (39) 02 3600 2001  
 E-mail: fluke.it.cs@fluke.com  
 www.fluke.it

© Copyright 2013 Fluke Corporation. Tutti i diritti riservati.  
 Dati passibili di modifiche senza preavviso.  
 3/2013 Pub\_ID: 12067-ita

**Non sono ammesse modifiche al presente documento senza autorizzazione scritta da parte di Fluke Corporation.**