

**Diagnosi di Macchinari:
Semplice e veloce con l'analisi FFT**



Indice

Argomento	Pagina
1. Introduzione	2
2. Spettri di vibrazione di un aspiratore fumi con trasmissione a cinghia	4
3. "Trending" delle condizioni della macchina	6
4. Strategie di monitoraggio delle macchine - 1° Livello / 2° Livello	8
5. Severità delle vibrazioni secondo le norme ISO/DIS	10
6. Componenti del motore suscettibili di guasto	12
7. Sbilanciamento del rotore / Disallineamento dell'albero	14
8. Asimmetria del campo magnetico dello statore	16
9. Difetti dell'isolamento del motore	18
10. Esempio pratico di diagnosi: Sbilanciamento del rotore	20
11. Esempio pratico di diagnosi: Disallineamento dell'albero	22
12. Esempio pratico di diagnosi: Asimmetria del campo magnetico	24
13. Esempio pratico di diagnosi: Puleggia allentata	26
14. Parametri per la valutazione del cuscinetto	28
15. Normalizzazione della misurazione dell'impulso d'urto	30
16. Diagnosi dei danneggiamenti del cuscinetto a rotolamento	32
17. Diagnosi pratica del cuscinetto: guasto alla pista interna	34

1. Introduzione

Il monitoraggio delle vibrazioni e la diagnosi dei macchinari ha acquisito un'enorme importanza nel corso degli ultimi anni. Sempre più spesso vengono monitorate le vibrazioni anche di macchine di piccole e medie dimensioni. Infatti, le apparecchiature per la misura delle vibrazioni hanno raggiunto prezzi che rendono economico il monitoraggio delle vibrazioni anche tali macchine. In questi ultimi anni l'interesse per la tecnologia delle vibrazioni e per le sue riuscite applicazioni è notevolmente cresciuto.

Da un lato, gli operatori chiedono sempre più spesso di conoscere la "propria situazione" della vibrazione dopo l'installazione o dopo una riparazione; dall'altro il monitoraggio delle vibrazioni e la diagnosi rappresentano un considerevole potenziale per il business del "Service", specialmente sotto forma di consulenze a piccole aziende che non dispongono

delle risorse necessarie per la misurazione delle vibrazioni in proprio. E naturalmente, la diagnosi che si basa sull'analisi delle vibrazioni è uno strumento straordinario per individuare difetti e cause di guasti alle macchine, e può essere inoltre utilizzata come difesa oggettiva contro reclami ingiustificati nei periodi di garanzia.

EDIZIONE marzo 1998
Numero d'ordine VIB 9.619G

Originariamente questo manuale è stato pubblicato come testo per presentazioni da M. Luft, PRÜFTECHNIK AG.
©1998 PRÜFTECHNIK AG.

2. Spettri di vibrazione di un aspiratore fumi con trasmissione a cinghia

Esaminiamo un pratico esempio che illustra le possibilità dell'analisi delle vibrazioni: un'unità di aspirazione con trasmissione a cinghia si blocca a causa di vibrazioni eccessive. Poiché il livello di vibrazione più alto viene misurato sul motore, inizialmente appare logico prendere in esame il motore stesso. Successivamente però, analizzando la frequenza di queste forti vibrazioni sul motore (15,2 mm/s) si chiarisce che la vibrazione viene trasferita al motore dalla puleggia. Infatti, dopo che la puleggia sull'aspiratore viene bilanciata, la vibrazione scende a livelli accettabili sull'aspiratore (2,3 mm/s) e sul motore principale (3,2 mm/s).

Questo caso presenta il metodo tipico dell'intervento: una semplice misurazione del livello globale delle vibrazioni permette di classificare la condizione della macchina come "buona", "soddisfacente", "insoddisfacente" e

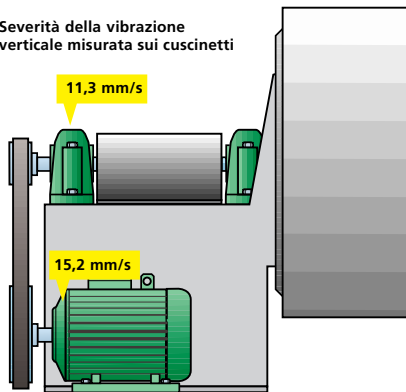
"inaccettabile". Nel caso di valori eccessivi si studia il problema ed la causa originale - lo sbilanciamento della puleggia - la si individua per mezzo del controllo dei picchi di frequenza nello spettro di vibrazione FFT.

Spettri di vibrazione di un aspiratore fumi con trasmissione a cinghia

Aspiratore di un reparto di verniciatura ($P = 37\text{kW}$)

1. Misurazione dei valori

Severità della vibrazione
verticale misurata sui cuscinetti

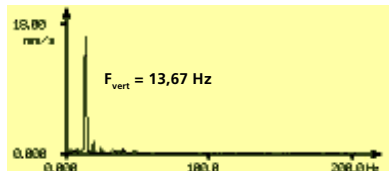


Motore: 1475 rpm = 24,58 Hz

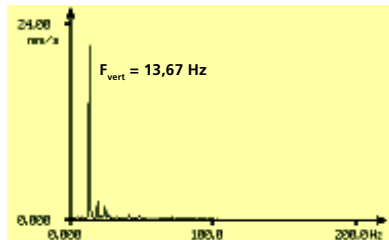
Aspiratore: 820 rpm = 13,67 Hz

2. Analisi del segnale

Spettro FFT del segnale della vibrazione



Cuscinetto dell'aspiratore, radiale/verticale



Cuscinetto del motore, radiale/verticale

3. “Trending” delle condizioni della macchina

Un metodo razionale per ottenere un monitoraggio efficace ed affidabile delle condizioni dei macchinari consiste nel verificare l'andamento (Trending) dei valori globali delle vibrazioni nel tempo. Le rilevazioni vengono inserite in un diagramma come quello illustrato nella pagina seguente e confrontate con i valori delle soglie di allarme e di avvertimento. Quando vengono superati i valori di soglia (e non prima), si effettua una diagnosi dettagliata della vibrazione per localizzare l'origine esatta del problema e per determinare la corrispondente soluzione di manutenzione. Esaminiamo quindi le tecniche di diagnosi e di monitoraggio delle vibrazioni che si riferiscono specificamente ai motori elettrici.

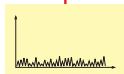
"Trending" delle condizioni della macchina

Valore della
vibrazione

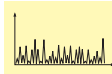


Successione degli eventi

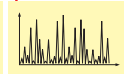
- Monitoraggio della tendenza del valore
- Notifica di allarme quando le tolleranze vengono superate
- Spettro di riferimento (condizione buona)
- Diagnosi approfondita / Analisi in loco



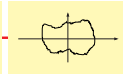
Spettro
Condizione buona



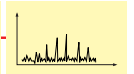
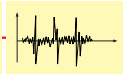
Spettro
Avvertimento



Spettro
Allarme



Diagnosi approfondita /
Analisi



4. Strategia di monitoraggio delle macchine - 1° Livello / 2° Livello

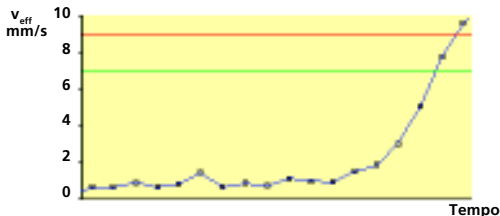
Per effettuare il monitoraggio delle condizioni della macchina è necessario misurare i valori globali della vibrazione, che permettono di valutare le condizioni generali della macchina. L'elaborazione della curva di questi valori globali consente di evidenziare l'andamento dei fenomeni di deterioramento, cioè la progressione del danno. Questo tipo di misurazione globale delle vibrazioni, detta di 1° Livello, permette il monitoraggio di molti componenti con un impiego minimo di strumenti e manodopera (vedi figure alla pagina seguente).

Tuttavia la misurazione del valore globale (1° Livello) non è sufficiente a localizzare con precisione i difetti, e ciò richiede un'analisi più accurata dello spettro della macchina. Infatti molti guasti possono essere riconosciuti in base alle rispettive frequenze caratteristiche o

all'andamento delle stesse. Generalmente per effettuare la diagnosi delle vibrazioni di 2° Livello occorre misurare i segnali delle vibrazioni con un analizzatore di vibrazione FFT. Questa operazione viene eseguita da personale addestrato, con esperienza nell'interpretazione degli spettri delle vibrazioni.

1° Livello: Monitoraggio della curva dei valori

- Globalità della macchina
- Basato sul lungo termine
- Personale meno specializzato



Monitoraggio della macchina

Livello di vibrazione

Condizione del cuscinetto

Valori utilizzati

Valore della vibrazione, Spostamento, Accelerazione

Impulso d'urto per la valutazione del cuscinetto

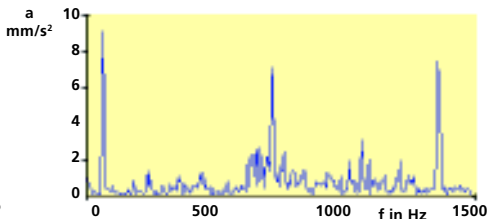
Temperatura

RPM

Cavitazione della pompa

2° Livello: Diagnosi della vibrazione dopo il superamento dell'allarme

- Diagnosi del componente
- Misura occasionale
- Personale specializzato



Ricerca del difetto tramite l'analisi dello spettro

Sbilanciamento del rotore, disallineamento dell'albero, ingranaggio danneggiato, turbolenza, avvolgimenti, diagnosi del cuscinetto, ecc.

Analisi del segnale

Spettro dell'ampiezza

Spettro con vari filtri

Forma d'onda

Analisi ordinale

Funzioni "Cepstrum"

5. Severità della vibrazione secondo le norme ISO/DIS

Le norme internazionali sulle vibrazioni sono attualmente sottoposte a numerose modifiche. Eppure la misurazione della severità delle vibrazioni, cioè la velocità di vibrazione effettiva tra 10 e 1000 Hz RMS, rimane la pratica generalmente accettata per valutare le condizioni generali delle vibrazioni sui motori elettrici. I valori di severità delle vibrazioni così misurati vengono confrontati con i limiti di soglia fissati dalle norme. Le condizioni delle vibrazioni vengono quindi classificate in base a quattro categorie: "buona", "soddisfacente", "insoddisfacente", e "inaccettabile". La tabella che segue riassume lo standard ISO 2372¹ attualmente in vigore, che indica anche diversi tipi di difetti tra i più comuni dovuti alla vibrazione, come sbilanciamento del rotore o disallineamento dell'albero. Questo standard verrà presto integrato dal nuovo ISO 10816², attualmente in fase di approvazione.

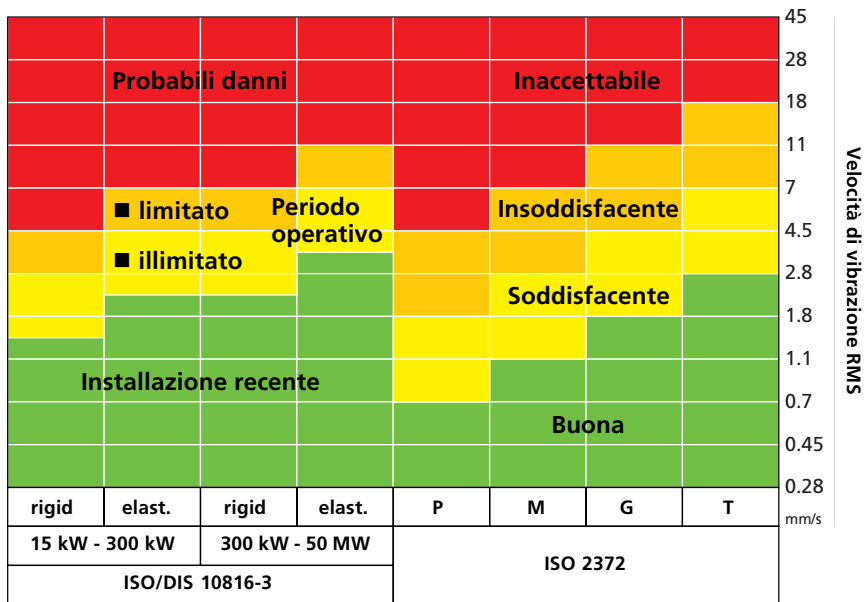
Per motori molto grandi con cuscinetti a strisciamento (oltre 1000 kW), la semplice misurazione della severità delle vibrazioni può non essere sufficiente, specialmente quando l'installazione del cuscinetto è relativamente rigida; la vibrazione del rotore misurata alla sede del cuscinetto è talmente smorzata da non rappresentare più la reale condizione della macchina. In questi casi la vibrazione dell'albero del rotore viene generalmente misurata direttamente usando speciali sonde di vibrazione sull'albero^{2,3}.

¹ ISO 2372. Vibrazione meccanica di macchine con velocità di funzionamento da 10 a 200 giri/s. Costituisce la base per determinare gli standard di valutazione, 11/1974 con Modifica 07/1983

² DIN ISO 10816-3. Vibrazione meccanica: valutazione delle vibrazioni di macchine per mezzo della misurazione di parti non rotanti; Parte 1: Indicazioni generali

³ ISO 3945. Vibrazione meccanica di grandi macchine rotanti con campo di velocità da 10 a 200 giri/s; Misurazione e valutazione della severità della vibrazione in situ, 12/1985

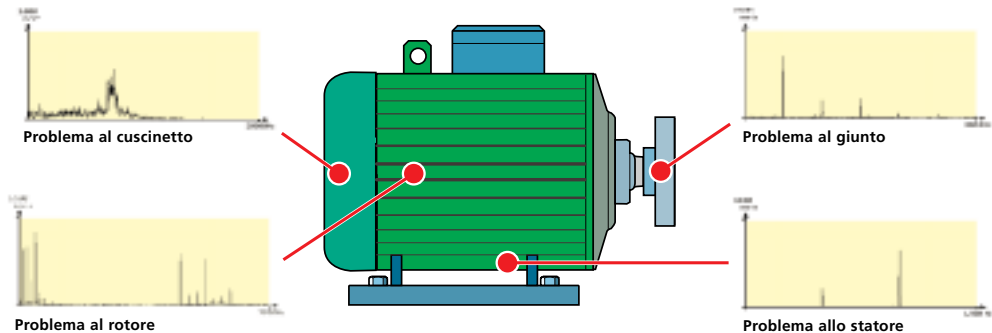
Severità della vibrazione secondo le norme ISO/DIS



6. Componenti del motore suscettibili di guasto

Questa illustrazione offre una visione generale dei componenti del motore elettrico più soggetti a guasti. Alcuni tipi di danneggiamento presentano degli spettri di vibrazione caratteristici. Ciascuno di questi fenomeni sarà spiegato in dettaglio.

Componenti del motore suscettibili di guasto



7. Sbilanciamento del rotore / Disallineamento dell'albero

Si definisce sbilanciamento la distribuzione eccentrica della massa del rotore. Durante la rotazione, la forza centrifuga dovuta allo sbilanciamento genera vibrazioni aggiuntive sul rotore e sui cuscinetti. Tali vibrazioni si verificano esattamente alla frequenza di rotazione. Questo caratterizza lo spettro di una macchina sbilanciata: la frequenza di rotazione si evidenzia come "picco", con ampiezza elevata, e ciò può aumentare in modo significativo le condizioni di vibrazione globali della macchina. La necessaria redistribuzione della massa del rotore si ottiene bilanciando il rotore. La nota #3 indica i valori accettabili di sbilanciamento residuo per rotori rigidi.

Il disallineamento dell'albero di macchine accoppiate direttamente provoca prevalentemente vibrazioni ad una frequenza doppia rispetto a quella di rotazione dell'albero, talvolta anche con un picco alla frequenza di

rotazione dell'albero anch'esso elevato. Se il disallineamento radiale (cioè lo spostamento parallelo dell'albero) è dominante, allora il picco è più pronunciato per misurazioni prese in direzione radiale (perpendicolarmente agli alberi). Se predomina il disallineamento angolare (gap di apertura del giunto), allora la vibrazione sarà più significativa negli spettri di frequenza delle misure assiali. Molti produttori e operatori di macchine elettriche hanno introdotto moderni sistemi di allineamento dell'albero con ottica laser, come OPTALIGN® PLUS, per correggere l'eccessivo disallineamento dell'albero. Le tolleranze di allineamento raccomandate sono specificate nella Nota #4.

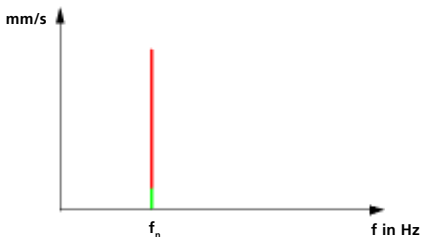
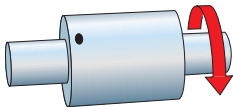
³ ISO 3945

Vibrazioni meccaniche di grandi macchine con velocità da 10 a 200 giri/sec; Misurazione e valutazione della severità di vibrazione, 12/1985

⁴ OPTALIGN® PLUS

Manuale operativo e Manuale d'allineamento, PRUFTECHNIK AG, Ismaning, Germany, 03/1997

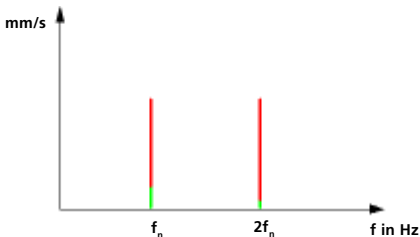
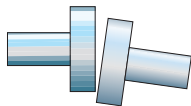
Sbilanciamento



Ampiezza della f_n molto alta

- Frequenza di rotazione $f_n = \text{rpm} \text{ diviso } 60$
- Standard di valutazione: ISO 2372, ISO/DIS 10816-3

Disallineamento dell'albero



Frequenza di rotazione doppia, $2 \times f_n$

- Radiale: disallineamento radiale
- Assiale: disallineamento assiale

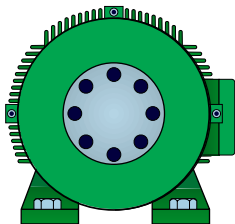
8. Asimmetria del campo magnetico dello statore

L'asimmetria del campo magnetico dei motori elettrici può essere causata da difetti dello statore o del rotore (isolamento). I difetti più comuni sono:

- Corto circuito della bobina del motore causato da sfregamento o da surriscaldamento del rotore.
- Avvolgimento asimmetrico.
- Rete asimmetrica, e
- Posizione eccentrica dell'isolamento.

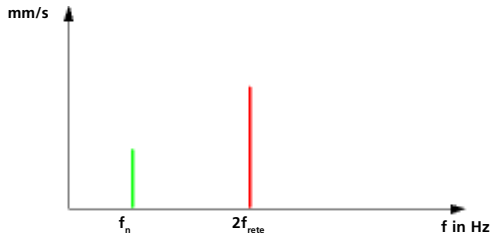
I difetti del campo magnetico dello statore si manifestano nello spettro delle vibrazioni sotto forma di picchi che si verificano ad una frequenza doppia rispetto a quella della rete di alimentazione, senza bande laterali.

Asimmetria del campo magnetico dello statore



Asimmetria del campo magnetico dello statore

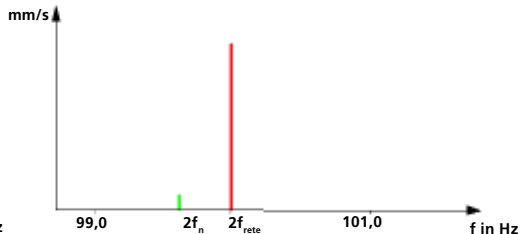
- Surriscaldamento della bobina, corto circuito
- Posizione eccentrica del rotore
- Alimentazione asimmetrica
- Avvolgimento asimmetrico



Due volte la frequenza di rete $2f_{rete}$

Frequenza di rete $f_{rete} = 50$ o 60 Hz

Eccezione: raddrizzatori



Non sono visibili bande laterali attorno a $2f_{rete}$

Attenzione nelle macchine a due poli:
Il doppio della frequenza di rotazione
è appena sotto la $2f_{rete}$

9. Difetti dell'isolamento del motore

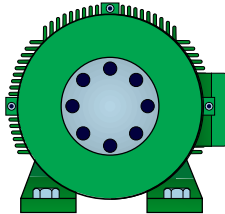
L'asimmetria del campo magnetico del rotore è causata da:

- Barre danneggiate (rottura/frattura, allentamento) o
- Barre in corto circuito, o
- Anelli in corto circuito (rottura/frattura) o
- Isolamento del rotore in corto circuito (ad esempio con un sovraccarico a velocità eccessiva)

Questi difetti possono essere rilevati grazie allo spettro delle vibrazioni evidenziando:

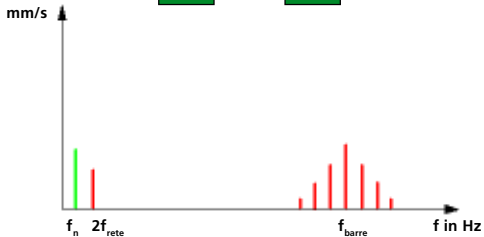
- Frequenza del passo della barra con bande laterali ad una frequenza doppia rispetto alla frequenza di rete e
- Frequenza di rete con bande laterali alla frequenza di slittamento.

In questi casi l'unica soluzione possibile è la sostituzione completa del rotore.



Difetti dell'isolamento del rotore

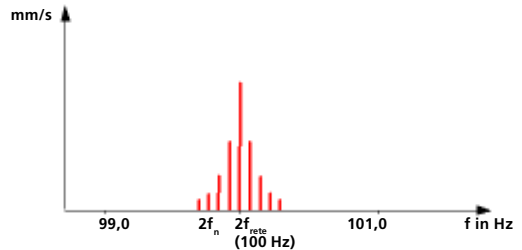
- Rottura della barra
- Frattura della barra
- Allentamento della barra



Frequenza del passo della barra f_{barra} con bande laterali visibili a intervalli di $2f_{rete}$

Frequenza del passo della barra $f_{barra} = f_n \times n_{barre}$
 f_n = frequenza di rotazione
 n_{barre} = numero di barre dell'isolamento

Frequenza rete: $f_{rete} = 50$ o 60 Hz.



Bande laterali visibili a circa $2f_{rete}$ a intervalli di $f_{scorrimento}$

$f_{scorrimento}$ (frequenza di scorrimento) = $2f_{rete} / p - f_n$

p = numero dei poli dello statore

10. Esempio pratico di diagnosi: sbilanciamento del rotore

L'analisi dello spettro della vibrazione evidenzia la curva tipica dello sbilanciamento. I livelli di severità della vibrazione misurati sulla macchina in diversi punti indicano che l'origine dell'eccitazione risiede vicino al giunto. Semplicemente bilanciando il rotore del freno si riduce la vibrazione del motore a 3,5 mm/s e la vibrazione del riduttore a 3,1 mm/s.

Esempio pratico di diagnosi: sbilanciamento del rotore

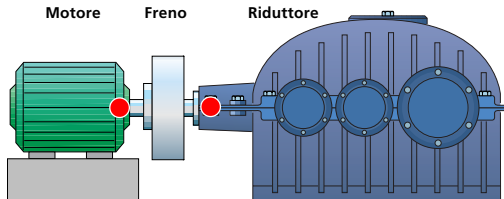
Riduttore di un nastro trasportatore

P = 600 kW

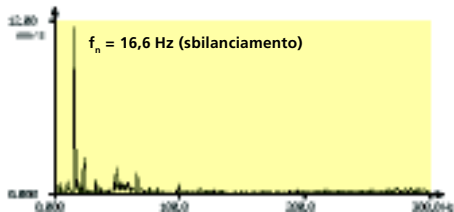
n = 996 rpm ($f_n = 16,6$ Hz)

Val. della vibrazione	Motore	Riduttore
A, RO in mm/s	3,1	-
A, RV	7,8	9,2
A, AS	5,3	6,2
B, RO	4,4	-
B, RV	6,8	-

Causa: sbilanciamento del rotore del freno



Riduttore, cuscinetto interno, asse verticale



Riduttore, cuscinetto interno, asse assiale



11. Esempio pratico di diagnosi: Disallineamento dell'albero

Lo spettro della vibrazione mostra distintamente un picco pari al doppio della frequenza di rotazione dell'albero, e ciò indica chiaramente un disallineamento dell'albero. Dopo che l'albero è stato allineato, il picco è sparito, ma lo sbilanciamento del rotore evidenziato nello spettro precedente deve essere ancora corretto.

Esempio pratico di diagnosi: Disallineamento dell'albero

Generatore di una turbina

P = 55 kW

n = 1000 rpm ($f_n = 16,67$ Hz)

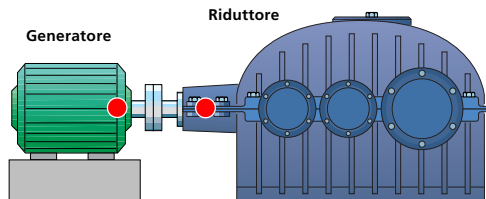
Valori di vibrazione Generatore Riduttore

Radiale, Orizzontale	9,5	1,5 mm/s
Radiale, Verticale	4,1	-
Assiale	4,4	-

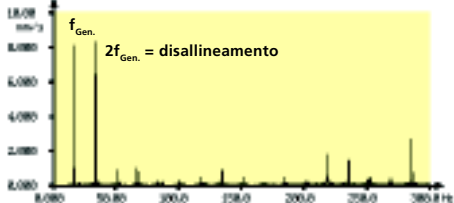
Correz. verticale dell'allineam. Prima Dopo

Angolare ($\varnothing = 170$ mm)	0,42 mm	-0,02 mm
Parallelo	0,44 mm	0,05 mm

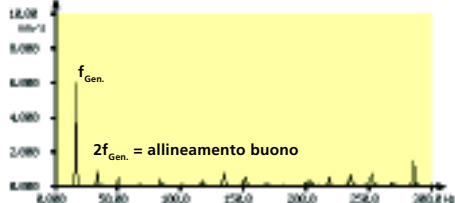
Causa: Disallineamento dell'albero



Generator, cuscinetto, condizione originale



Dopo l'allineamento dell'albero



12. Esempio pratico di diagnosi: Asimmetria del campo magnetico

Il motore ha attirato l'attenzione a causa della vibrazione elevata che si verificava anche dopo la rimozione del giunto. Il picco insolitamente alto, pari al doppio della frequenza di rete, indicava un guasto allo statore. A motore smontato si è visto che l'avvolgimento dello statore si era bruciato a causa di un corto circuito della bobina. Si è dovuto così provvedere alla sostituzione completa del motore.

Esempio pratico di diagnosi: Asimmetria del campo magnetico

Ventilatore di un acciaieria

$P = 250 \text{ kW}$

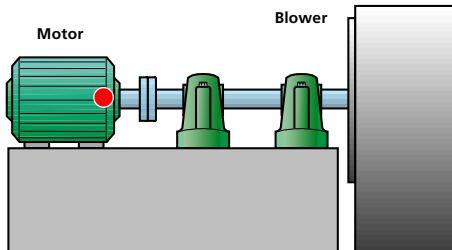
$n = 2999 \text{ giri al minuto}$ ($f_n = 50 \text{ Hz}$)

Valori di vibrazione

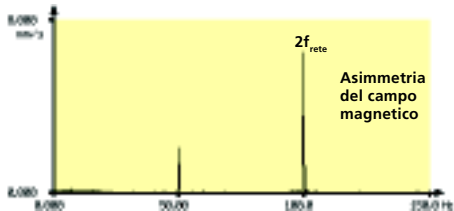
Motore, Radiale,
Orizzontale

4,8 mm/s

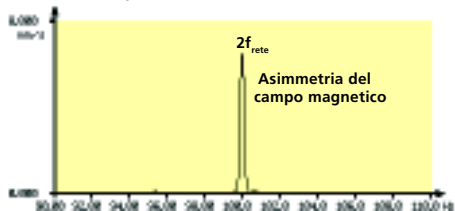
Causa: Bruciatura della bobina



Motore, Orizzontale, Radiale



Zoom del picco 100 Hz



13. Esempio pratico di diagnosi: Puleggia allentata

Sul motore principale di una pressa si osserva una grave vibrazione, che produce rumori insoliti sempre più pronunciati. In totale contrasto con il normale spettro di vibrazione, la frequenza di rotazione risulta difficilmente visibile, ma i multipli della frequenza di rotazione sono chiaramente evidenti. Questi segnali restano immutati dopo la rimozione della cinghia di trasmissione dal motore. Alla fine la causa viene rintracciata in un allentamento della puleggia sull'albero motore. Il problema viene risolto eseguendo una rettifica dell'albero del motore e riagganciando la puleggia.

Esempio pratico di diagnosi: Puleggia allentata

Motorizzazione di una pressa

P = 200 kW

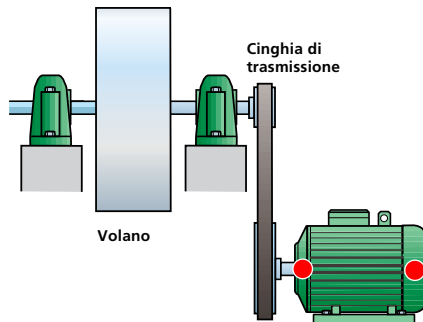
Motore: 1486 rpm = 24,77 Hz

Valori della vibrazione

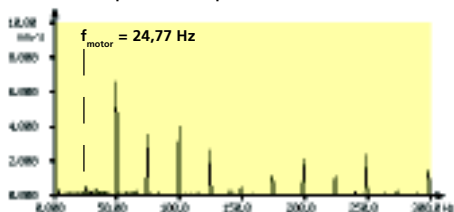
Interno motore 6,9 mm/s

Esterno motore 7,1 mm/s

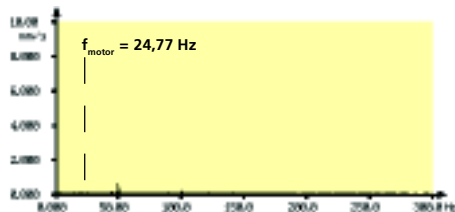
Causa: Gioco eccessivo della puleggia sull'albero motore



Motore, prima della riparazione



Dopo la riparazione



14. Parametri per la valutazione del cuscinetto

Di norma, un guasto alla pista del cuscinetto non può essere rilevato tramite il livello di vibrazioni a bassa frequenza finché il difetto non diventa piuttosto grave. Questo succede perché quando gli elementi rotanti passano sull'area danneggiata della pista, si crea un impulso d'urto che, in un primo momento, può essere individuato solo nelle alte frequenze. Per il momento non esiste uno standard accettato a livello internazionale, e perciò attualmente si trovano in uso molte tabelle e diagrammi con valori differenti.

Questa illustrazione elenca i metodi di misura per cuscinetti più conosciuti. In Germania, ad esempio, il metodo a impulsi d'urto si è diffuso negli ultimi 25 anni come una tecnica di misurazione affidabile e di facile uso per monitorare i cuscinetti a rotolamento. Diversamente da tutte le altre tecniche, questo metodo utilizza due valori per la valutazione.

Il valore massimo d' impulso d'urto "dBm", che indica la severità dei micro-urti nel rotolamento delle sfere, è utile per rilevare danni alle piste del cuscinetto. Il Valore di fondo degli impulsi d'urto, "dBc", indica il livello del rumore di fondo del cuscinetto, che aumenta soprattutto a causa di problemi di lubrificazione, usura degli anelli, gioco insufficiente o tensione interna residua dovuta a un'errata installazione.

Una caratteristica tipica di tutti i cuscinetti a rotolamento è che i loro valori dipendono da vari fattori, quali: la velocità di rotolamento, cioè la dimensione del cuscinetto per i giri al minuto, lo smorzamento del segnale, il carico e la lubrificazione del cuscinetto. Questa è la ragione per cui è praticamente sempre necessario effettuare delle misure di riferimento in buone condizioni o normalizzare le letture rispetto a una buona condizione.

Parametri per la valutazione del cuscinetto.

■ Impulsi d'urto

■ Metodo K(t)

■ Spike energy

■ Valore BCU

■ Kurtosis factor

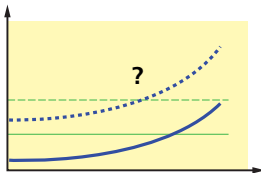
■ GSE factor

■ SEE factor

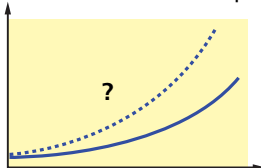
■ Accel. crest factor

Indipendentemente dal valore caratteristico misurato, una valutazione affidabile richiede :

Valore iniziale? Tolleranze?



Curva dell'incremento nel tempo?



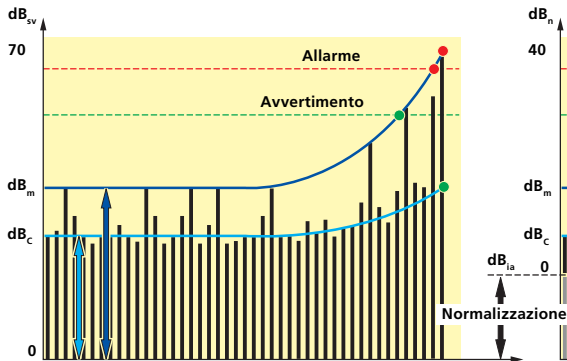
15. Normalizzazione della misurazione dell'impulso d'urto

Questa illustrazione mostra la procedura di normalizzazione (correzione) utilizzata dagli strumenti PRUFTECHNIK durante la misurazione dell'impulso d'urto per compensare l'influenza delle velocità di rotolamento. Il livello iniziale, e successivamente il valore dBia, vengono determinati effettuando una misurazione di riferimento in buone condizioni. Questa misura servirà da riferimento per il valore d'impulso d'urto massimo (dBm) e il valore di fondo (dBc). Questa procedura permette di confrontare misurazioni effettuate su cuscinetti differenti utilizzando la stessa scala di livelli, così che non è più necessario impostare individualmente le tolleranze per ogni singolo punto di misura.

Normalizzazione della misurazione dell'impulso d'urto

Misurazione non normalizzata

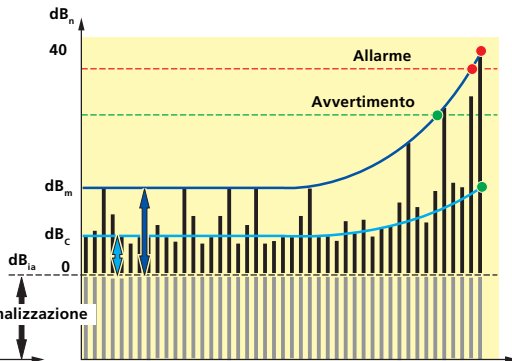
Valore di picco dell'impulso d'urto dB_m e Valore di fondo dB_c come valori assoluti in dB_{sv}



- Valori di soglia (limite) impostati individualmente per ogni singolo punto di misura.

Misurazione normalizzata

Valore massimo di impulso d'urto dB_m e Valore di fondo dB_c come valore relativo in dB_{sv} riferito al valore dB_{ia}



- Il valore dB_{ia} comprende fattori quali la velocità di rotolamento, lo smorzamento del segnale, il carico del cuscinetto, etc.
- Limiti di soglia differenti sono collegati al settaggio del valore dB_{ia} ; i medesimi valori di soglia predefiniti vengono utilizzati per tutti i punti di misura.

16. Diagnosi dei danneggiamenti del cuscinetto a rotolamento

Come per la diagnosi che utilizza la misurazione dello spettro FFT delle frequenze, la diagnosi approfondita dei difetti dei cuscinetti a rotolamento può essere eseguita con l'analisi del segnale tramite la funzione "Envelope".

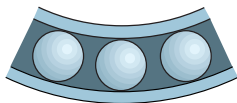
Le illustrazioni che seguono spiegano la procedura dell'analisi tramite "Envelope", che inizia con il filtraggio delle frequenze che contengono il segnale emesso dal cuscinetto durante il funzionamento. Questo segnale viene esaminato per individuare gli impulsi che si creano quando gli elementi del cuscinetto rotolano su piste danneggiate. La demodulazione è usata per calcolare una curva che raccolga al suo interno il segnale del cuscinetto. Se l'intervallo di tempo tra i picchi che si verificano periodicamente nella curva di « Envelope » corrisponde a una delle frequenze critiche caratteristiche del cuscinetto, allora

si può presumere che il corrispondente componente del cuscinetto è danneggiato.

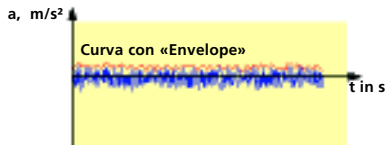
Questa procedura permette diagnosi estremamente accurate dei danni sui cuscinetti a rotolamento, persino quando segnali estranei, come il rumore degli ingranaggi, tende a coprire il segnale effettivo del cuscinetto. È però necessaria la conoscenza di certi dati geometrici del cuscinetto, tra cui il diametro del cuscinetto, il numero e il diametro degli elementi di rotolamento, l'angolo di carico e la velocità di funzionamento.

Diagnosi dei danneggiamenti del cuscinetto a rotolamento

Nessun danneggiamento



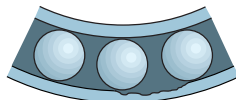
Forma d'onda



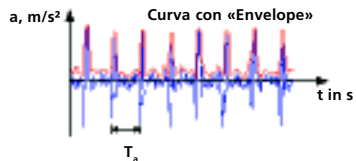
Spettro della curva con «Envelope»



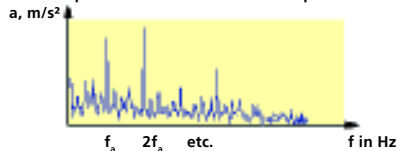
Danneggiamento



Forma d'onda



Spettro della curva con «Envelope»



Frequenza del danneggiamento $f_a = 1/T_a$

17. Diagnosi pratica del cuscinetto: guasto alla pista interna

Ecco un esempio di danno avanzata della pista interna. Il forte aumento dei livelli di impulso d'urto, specialmente quello del valore di picco dB_m da 18 a 48 dBsv , indica un serio danneggiamento del cuscinetto. L'analisi dello spettro con «Envelope» rivela lo spettro tipico del danneggiamento della pista interna, confermato poi in seguito alla sostituzione del cuscinetto: uno delle due piste interne mostrava una superficie danneggiata di circa 15 mm x 15 mm.

Diagnosi pratica del cuscinetto: guasto alla pista interna

Aspiratore di un reparto di verniciatura

P = 110 kW

Motore: 1307 rpm = 21,78 Hz

Ventilatore: 908 rpm = 35,75 Hz

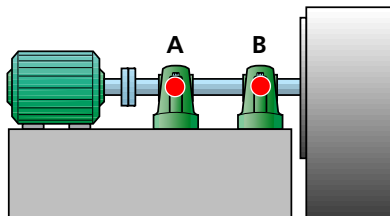
Cuscinetto: cuscinetto a rulli conici 22218

Val. dell'imp. d'urto dB_m dB_c

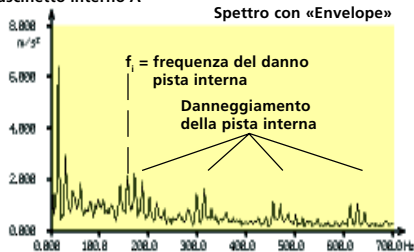
Cuscinetto interno A 48 29 dB_{SV}

Cuscinetto esterno B 18 7 dB_{SV}

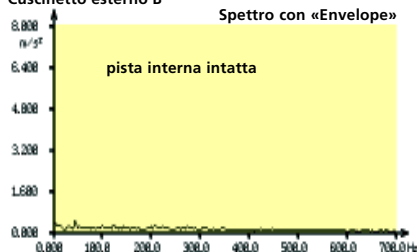
Causa: grave danneggiamento sulla pista interna del cuscinetto interno



Cuscinetto interno A



Cuscinetto esterno B





PRUFTECHNIK S.R.L.
Via Pier Della Francesca, 26
20090 Trezzano S/N (MI)
www.pruftechnik.it
Tel.: 02/ 48 46 30 50
Fax: 02/ 48 46 30 51
Email: info@pruftechnik.it

Tecnologia produttiva di manutenzione