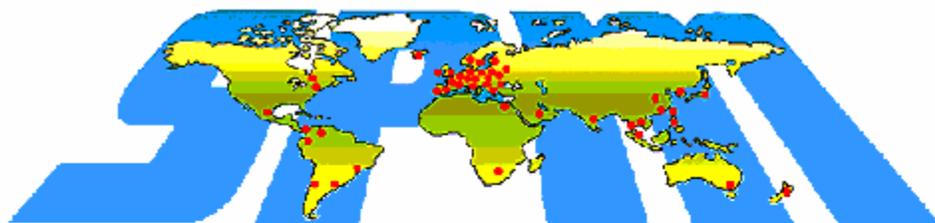


# **MONITORAGGIO DELLA CONDIZIONE OPERATIVA DEI CUSCINETTI VOLVENTI CON IL METODO SHOCK PULSE**

*SPM Instrument srl Via L. Corsi, 52 60044 Fabriano AN  
Telefono 0732/629272 Fax 0732/629277  
E-mail: [info@spminstrument.it](mailto:info@spminstrument.it)  
Sito Internet: [www.spminstrument.it](http://www.spminstrument.it)*

# SPM, ORGANIZZAZIONE E PRODUZIONE



- Monitoraggio della condizione operativa dei cuscinetti volventi usando il metodo brevettato SPM
- Monitoraggio delle vibrazioni
- Allineamento del macchinario
- Strumenti di manutenzione

La SPM è un'organizzazione mondiale, con sede centrale, produzione e ricerca a Strangnas, Svezia.

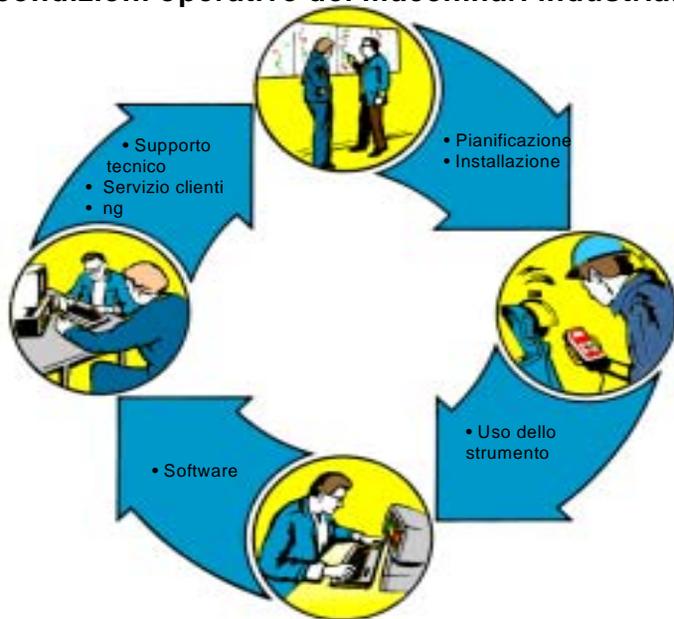
Possiede delle società di vendita in Italia, Austria, Singapore, India, Finlandia, Paesi Bassi, Belgio, Norvegia, Gran Bretagna e Stati Uniti, e rappresentanti in più di 30 paesi.

La linea di produzione della SPM si rivolge alle quattro aree principali della manutenzione industriale:

- Monitoraggio della condizione operativa dei cuscinetti volventi usando il Metodo brevettato Shock Pulse (SPM)
- Monitoraggio della severità delle vibrazioni
- Allineamento dei macchinari
- Strumenti di manutenzione

## COMPLETA ASSISTENZA AI CLIENTI

### Un approccio completo al monitoraggio delle condizioni operative dei macchinari industriali



I prodotti della SPM per il monitoraggio delle condizioni operative della macchina si adattano agli scopi e alle richieste della maggior parte della clientela. Essi spaziano da strumenti manuali facili da usare, a sistemi di monitoraggio permanente, controllati da computer, e comprendono un'esauriente gamma di attrezzature di installazione, persino per ambienti pericolosi.

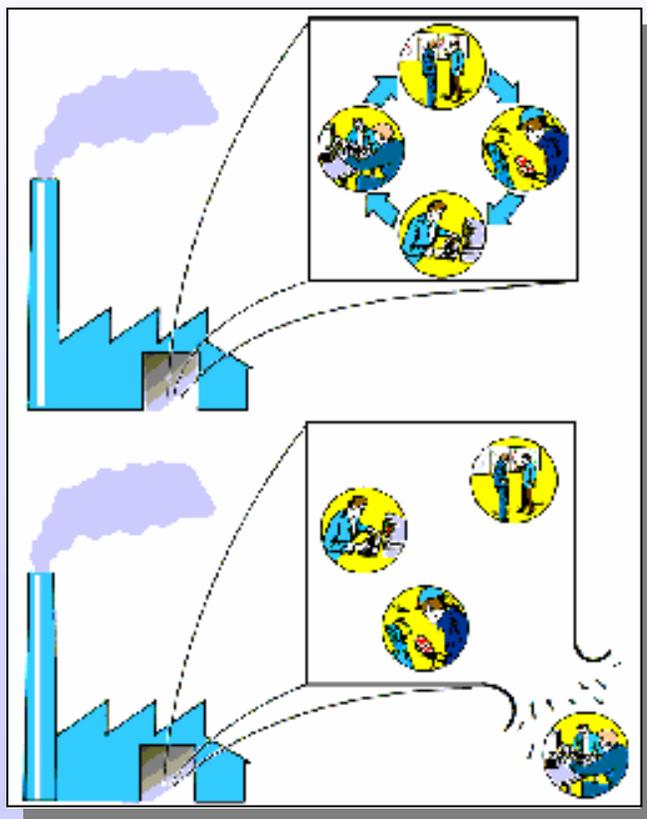
Le attività della SPM non si limitano alla fabbricazione e alla vendita degli strumenti. La politica della SPM è assistere i suoi clienti in ogni passo dell'introduzione e dell'esercizio del sistema di manutenzione preventiva.

Gli specialisti della SPM aiutano a definire i controlli necessari ai macchinari, i punti di misurazione, l'attrezzatura SPM necessaria, i dati basilari per la valutazione delle condizioni operative. Essi installano e curano i sistemi di monitoraggio richiesti dal cliente.

La SPM fornisce istruzioni dettagliate per la valutazione delle condizioni operative, basate su una vasta ricerca e su una lunga esperienza sul campo. La raccolta dei dati, l'elaborazione, la registrazione e la valutazione vengono rese più semplici attraverso una gamma crescente di programmi SPM per computer.

L'addestramento della clientela, combinando istruzioni facili con spiegazioni delle tecniche di monitoraggio delle condizioni industriali, viene fornito direttamente presso il cliente e nei centri di addestramento curati dalle compagnie e dagli agenti della SPM.

# MANTENERE IL KNOW-HOW DI MANUTENZIONE ALL'INTERNO DELL'AZIENDA



La SPM assiste il cliente nel creare un suo sistema di manutenzione preventiva, che ha come risultato un dipartimento di manutenzione forte e competente.

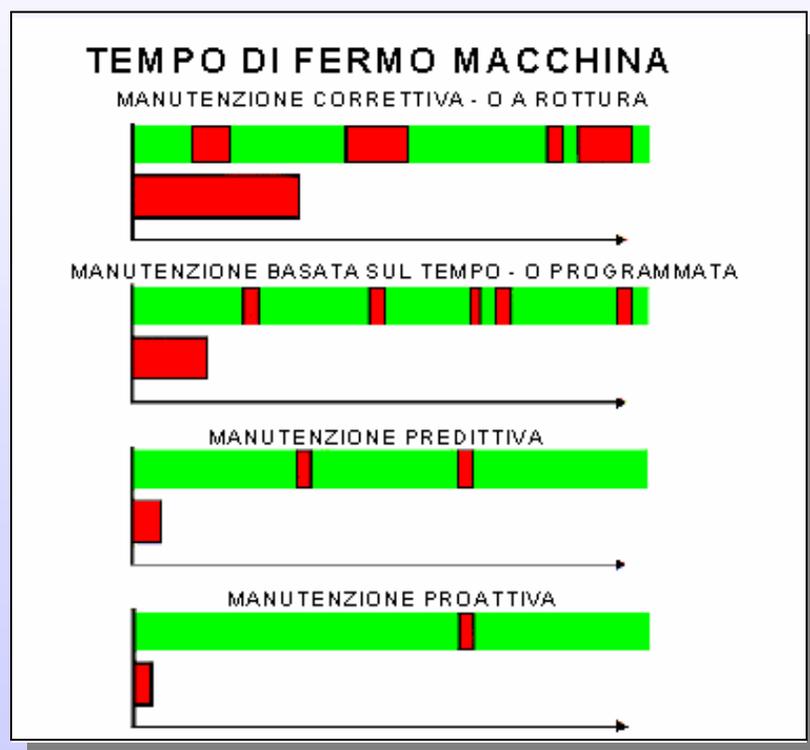
Ogni passo del ciclo di manutenzione dovrebbe essere tenuto dentro l'impianto:

- Progettazione di attività di manutenzione preventiva e riparazioni
- Monitoraggio dello stato di funzionamento del macchinario
- Valutazione dei risultati di misurazione
- Analisi delle cause della cattiva condizione del macchinario ed appropriate misure capaci di contrastarla.

Lasciare ad estranei parte del lavoro di manutenzione, per esempio ad agenzie di servizi, implica sempre la perdita di importanti conoscenze sull'impianto.

# MANUTENZIONE, TRE ALTERNATIVE

Esistono tre principali filosofie sulla manutenzione:



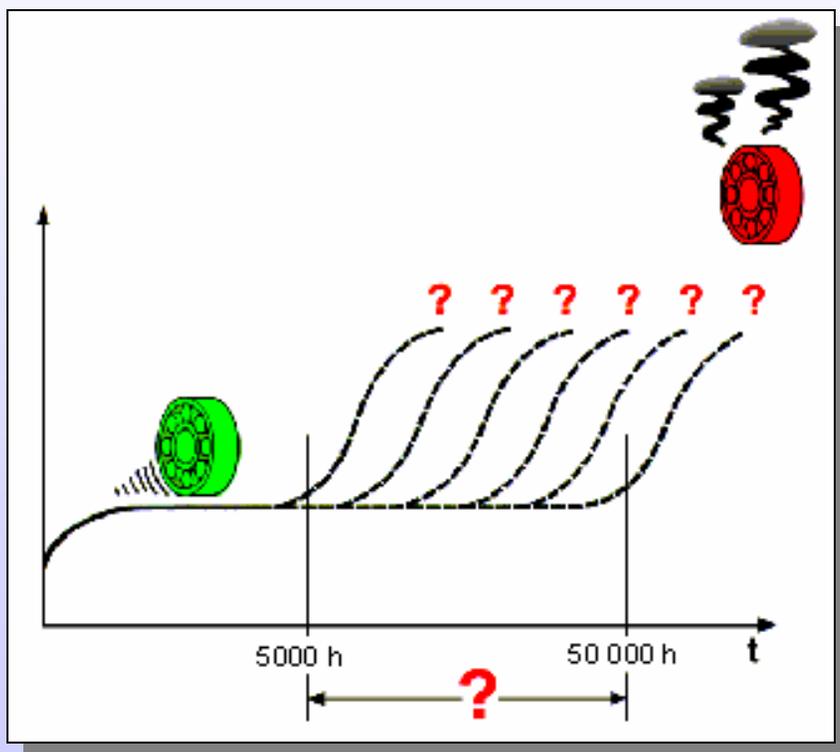
**La manutenzione correttiva:** aspettare il guasto, poi ripararlo. Questo metodo è adatto per parti facilmente sostituibili, il cui guasto causerà un piccolo inconveniente. Usato per macchinari importanti implica un grande rischio di perdite di tempo per la necessaria sostituzione, per ritardo gestionale e tecnico, e per guasti secondari.

- **Manutenzione programmata:** è una manutenzione pianificata ad intervalli definiti, per esempio lubrificazione, pulizia e sostituzione dei cuscinetti. Questo metodo non si preoccupa delle reali condizioni operative della macchina. Non è efficace per componenti imprevedibili come i cuscinetti (spreco della durata potenziale, rischio di errori di installazione, mancanza di vera sicurezza).

- **Manutenzione preventiva:** si basa sulle condizioni operative, ossia le riparazioni o le sostituzioni si fanno solo quando viene individuato un significativo deterioramento nello stato di funzionamento della macchina, e in gran parte durante le fermate programmate dell'impianto.

Per individuare precocemente i guasti per le riparazioni programmate, è necessario il monitoraggio dello stato di funzionamento. Correttamente usato, il metodo riduce le interruzioni non previste, i guasti secondari, il tempo per guasti imprevisti, i ritardi gestionali e tecnici, le scorte del pezzo di ricambio.

# LA DURATA DI UN CUSCINETTO NON È PREVEDIBILE



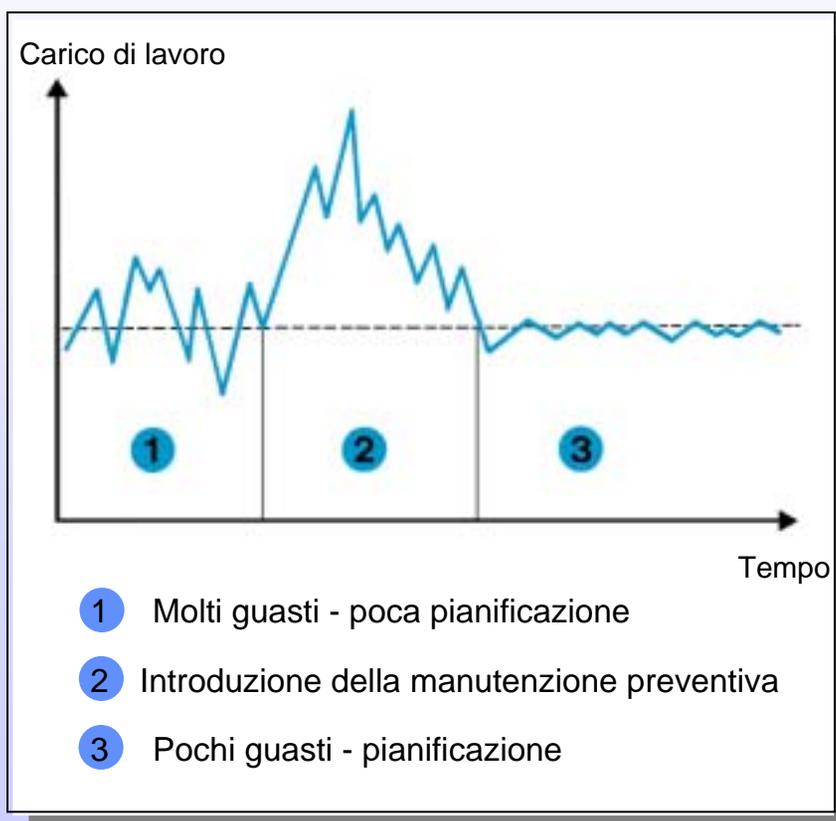
La manutenzione programmata è inefficiente per i cuscinetti, poiché la durata di servizio del singolo cuscinetto non può essere prevista.

La sostituzione basata sulla vita di catalogo del cuscinetto L10 implica:

- L'accettazione di un tasso statistico di guasti del 10% dei cuscinetti prima della data stabilita per la sostituzione.
- Un grande spreco rispetto alla durata potenziale dei cuscinetti. La maggior parte dei cuscinetti rimossi sarà in perfetta regola per quanto riguarda il funzionamento.
- Trascurare completamente i fattori che riducono la durata dei singoli cuscinetti in una data applicazione, come una scarsa lubrificazione, l'eccessiva vibrazione, lo scarso allineamento dell'albero, ecc.

A parte il costo del materiale e del lavoro, c'è il rischio di guasti per l'installazione ogni volta che un cuscinetto viene sostituito.

## EFFETTO SUL CARICO DI LAVORO



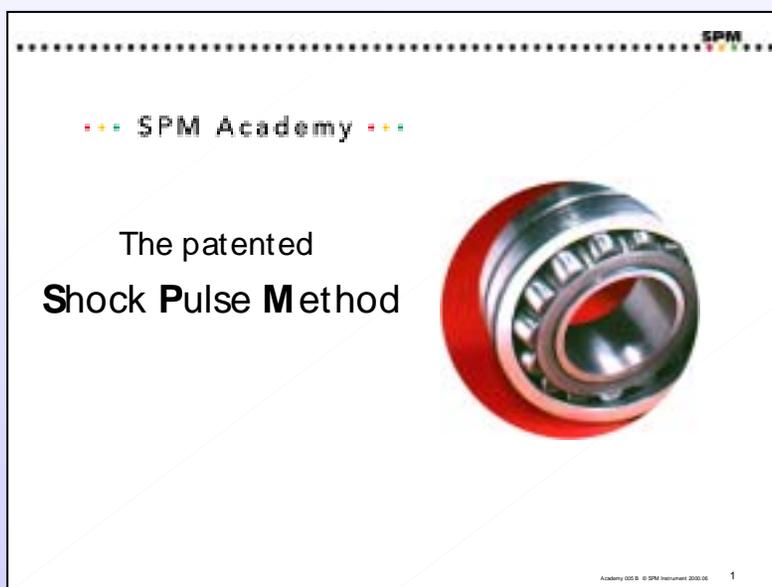
La manutenzione correttiva normalmente significa una distribuzione molto irregolare del carico di lavoro sul dipartimento di manutenzione (1), poiché il tempo di un guasto e il protrarsi delle riparazioni non si possono prevedere.

Inizialmente, l'introduzione di un sistema di manutenzione preventiva aumenterà il carico di lavoro. Le installazioni, l'addestramento, l'introduzione di nuove routines, ecc. richiedono del tempo prima che il sistema diventi efficace (2).

Il carico di lavoro medio potrebbe ancora essere lo stesso quando il sistema di manutenzione preventiva si è stabilizzato. Comunque, una distribuzione molto più regolare si raggiunge sostituendo la maggior parte del lavoro di emergenza con riparazioni programmate ed attività di monitoraggio.

In questo modo si può ottenere una riduzione dei costi, diminuendo lo stress e il lavoro straordinario nel dipartimento di manutenzione. Ci si può aspettare risparmi molto più elevati nei costi di produzione, grazie ad una maggiore disponibilità della macchina e minori interruzioni non programmate della produzione.

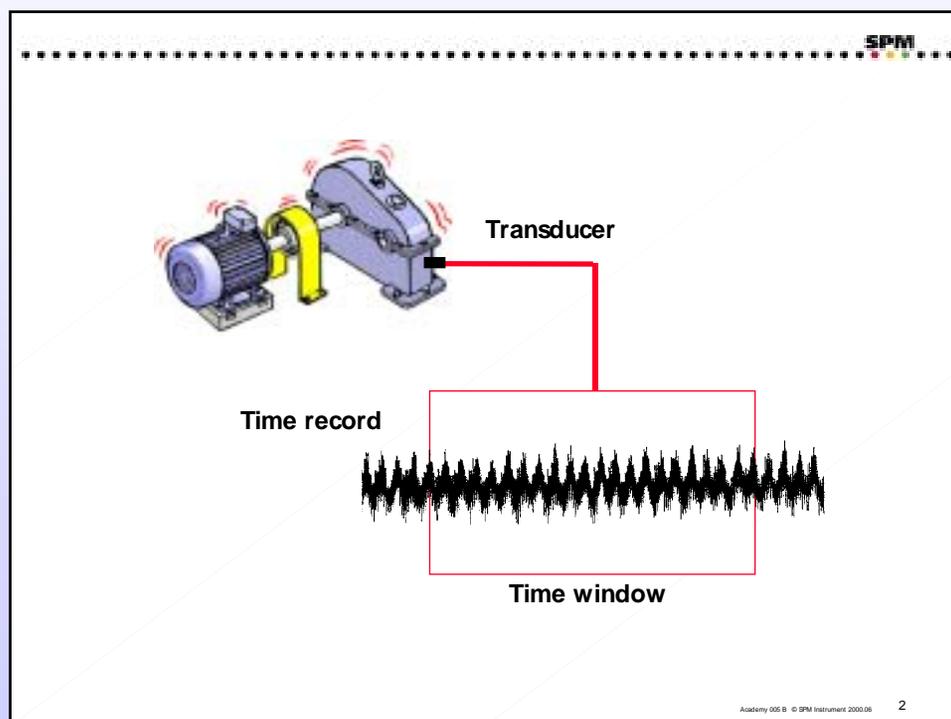
# IL METODO SHOCK PULSE



Metodo sviluppato da SPM AB sotto input di un armatore danese nei primi anni 60.

- Il metodo permette la conoscenza della condizione operativa del cuscinetto volvente. Permette la pianificazione della sostituzione e previene i rischi di rottura de macchinari.
- Negli anni il metodo è stato raffinato fino ad arrivare alla possibilità di stabilire il grado di lubrificazione che permette l'ottimizzazione dell'uso dei cuscinetti in tutte le situazioni.
- L'analisi di spettro sui cuscinetti può costituire un elemento di valutazione dei danneggiamenti dei cuscinetti ma non ha lo stesso grado di affidabilità e facilità di uso del metodo SPM

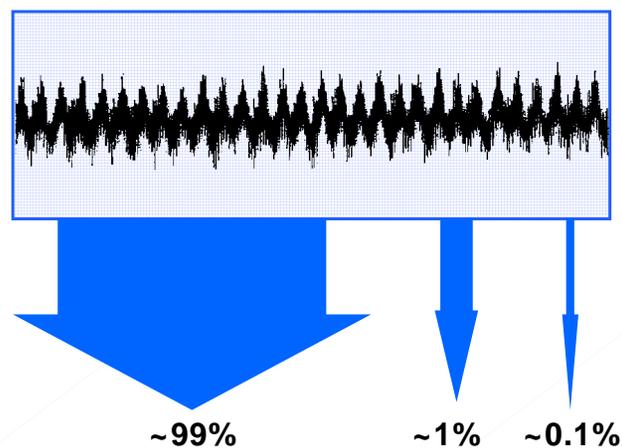
# VIBRAZIONE DELLE MACCHINE



Possiamo chiamare “vibrazione del macchinario” una complessa forma di movimento provocata da molteplici cause.

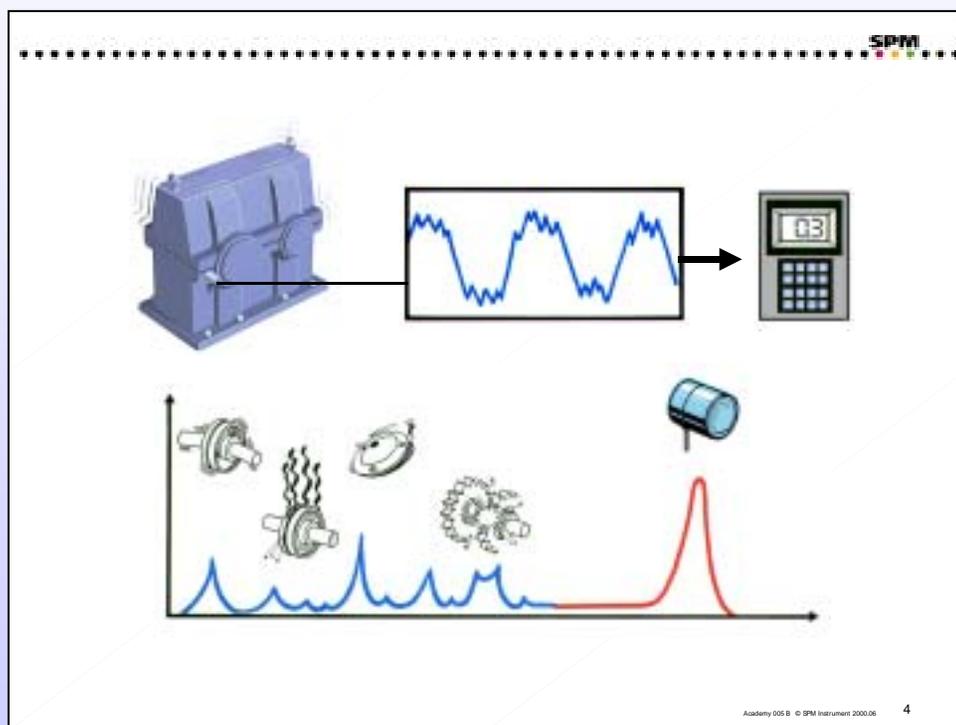
- La vibrazione è un fenomeno che esiste in tutte le macchine rotanti che dipendono da: sbilanciamenti, struttura, anomalie di funzionamento.
- La vibrazione quindi è un fatto normale entro certi limiti. Le macchine sono progettate per sopportare un certo livello di vibrazione senza riportare danni.
- Tutte le misure di vibrazione si basano sulla registrazione del movimento nel dominio del tempo. Un trasduttore converte i movimenti della macchina in segnali elettrici che gli strumenti quantificano e memorizzano. Il segnale può essere valutato in termini di buono o cattivo funzionamento.

# LE FORZE CHE CAUSANO LA VIBRAZIONE



- Un modo di osservare una vibrazione è di definire i tipi di forze che la causa.
- I macchinari sono costituiti da rotanti con propri squilibri residui.
- il 99% approssimativamente sono forze rotazionali. Queste forze sono cicliche e si manifestano fino a che la macchina ruota.
- l'1% sono causate da urti (shock). Sono delle forze transitorie che si ripetono in maniera regolare e irregolare.
- lo 0,1% sono forze di attrito.

# ANALISI DELLA CONDIZIONE OPERATIVA DELLE MACCHINE ATTRAVERSO LA MISURA DELLA VIBRAZIONE



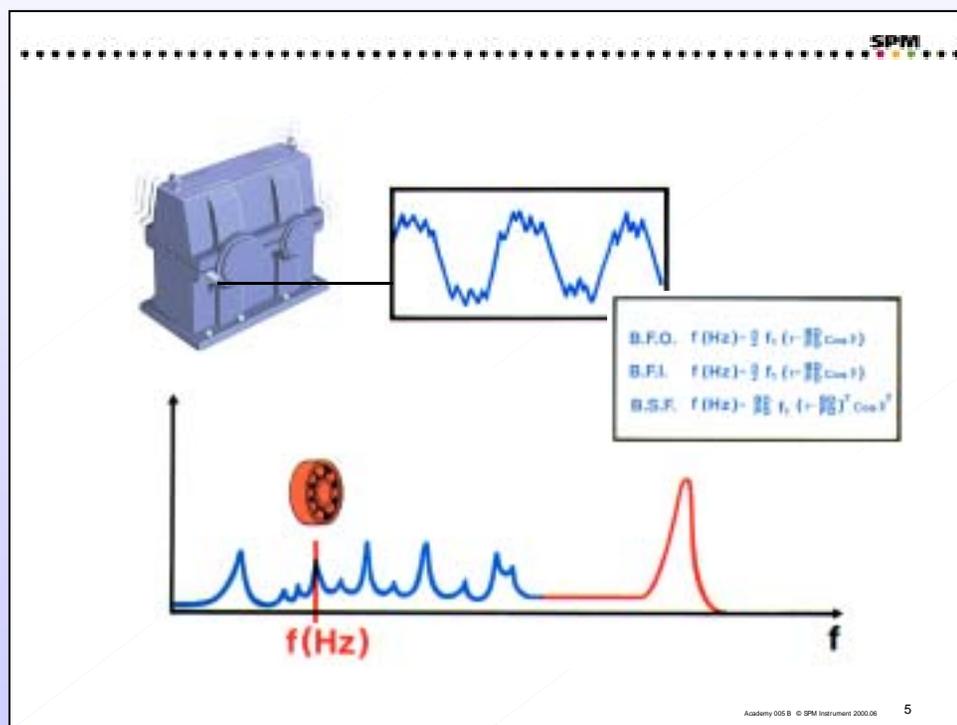
- Ci sono due metodi di valutazione della misura della vibrazione.

1- Giudizio basato sulla valutazione del valore globale (ISO 10816).

2- Giudizio basato sull'isolamento delle singole vibrazioni di ciascuna parte della macchina (analisi di spettro FFT). Ogni parte della macchina ha una sua velocità di rotazione e particolari caratteristiche (ingranaggi, pale di pompe, cuscinetti). Ogni componente della macchina dà un suo contributo alla vibrazione globale.

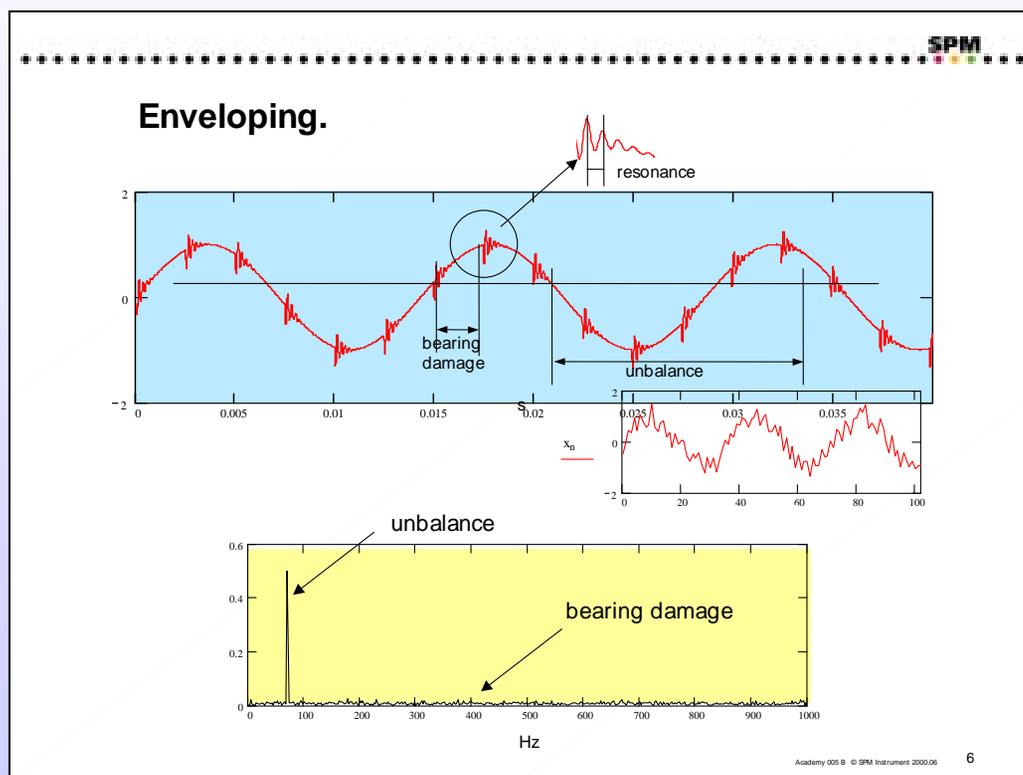
- In entrambi i casi il campo di misurazione dipende dalla linearità del trasduttore usato. Ogni trasduttore ha la sua frequenza di risonanza e in quel campo non dà più un segnale proporzionale come alle altre frequenze.

# ANALISI DI UN CUSCINETTO TRAMITE L'ANALISI DI SPETTRO



- Anche i danneggiamenti di un cuscinetto possono essere rilevati tramite l'analisi di spettro.
- Un cuscinetto danneggiato produce una serie di picchi sullo spettro causati dalle sfere o rulli, anello interno ed esterno, ecc.
- A causa della massa esigua del cuscinetto rispetto al macchinario queste vibrazioni sono assorbite e diventano poco visibili sullo spettro fino a quando acquistano un'entità rilevante.

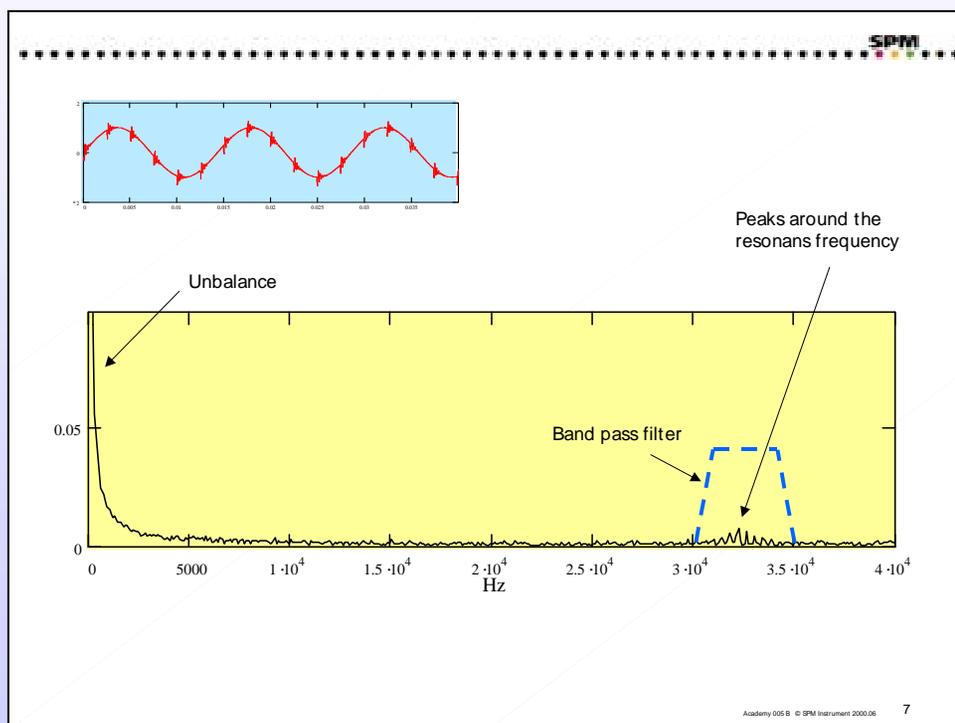
# SHOCK NELLA FORMA D'ONDA



- Quando un corpo volvente urta una zona danneggiata questo produce uno shock. Gli shock sono vibrazioni transitorie e solitamente irregolari e non ripetitive. Quando questi transitori assumono una certa regolarità e coincidono con le frequenze dei cuscinetti possono evidenziare un danneggiamento.

- Se osserviamo lo spettro vediamo che l'energia prodotta da questa vibrazione è decisamente più piccola di quelle prodotte ad esempio dallo squilibrio e rischia di passare inosservata o confusa con un "rumore" di fondo.

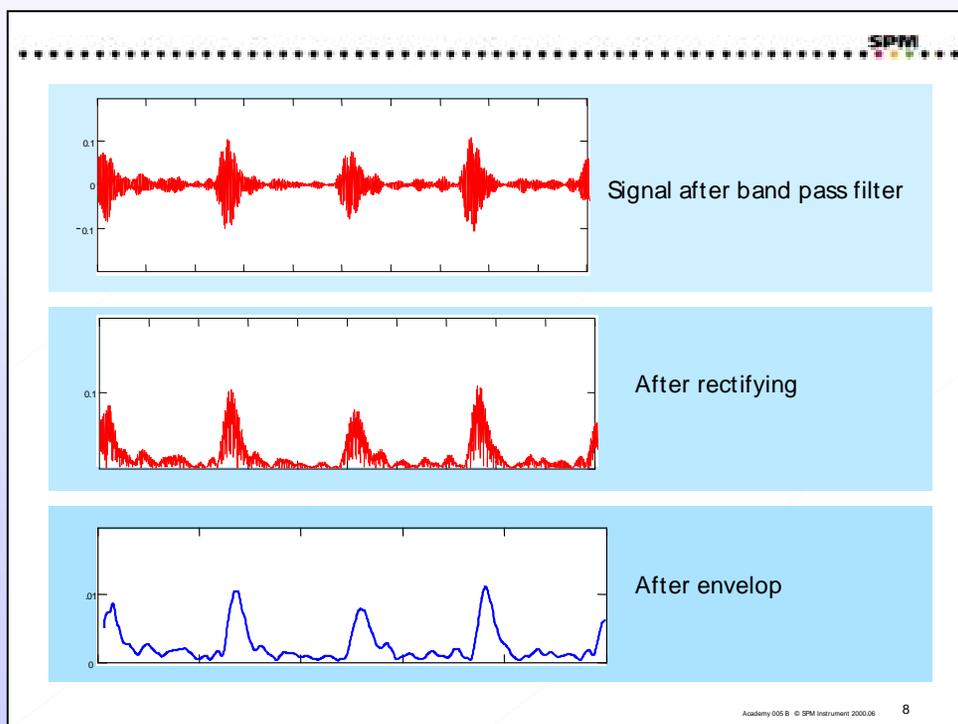
# ESALTAZIONE DELLE FREQUENZE DEL CUSCINETTO CON LA TECNICA DELL'INVILUPPO



Per evidenziare il segnale proveniente da un cuscinetto danneggiato possiamo sfruttare il fatto che uno shock essendo un singolo evento non ha una frequenza definita. Il suo effetto sulla vibrazione diventa visibile sulla frequenza di risonanza della macchina (o del supporto) dove anche una piccola energia causa un effetto visibile.

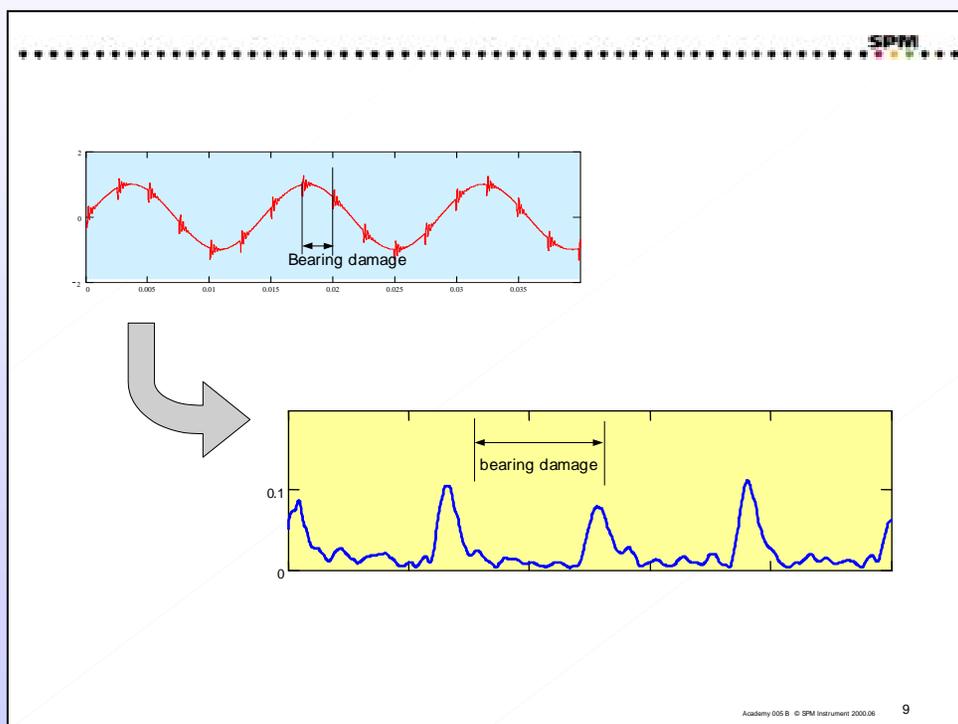
Per fare ciò si usa un filtro che nasconde le vibrazioni principali delle macchine privilegiando quelle comprese in un certo campo tipico della risonanza.

# ESALTAZIONE DELLE FREQUENZE DEL CUSCINETTO CON LA TECNICA DELL'INVILUPPO



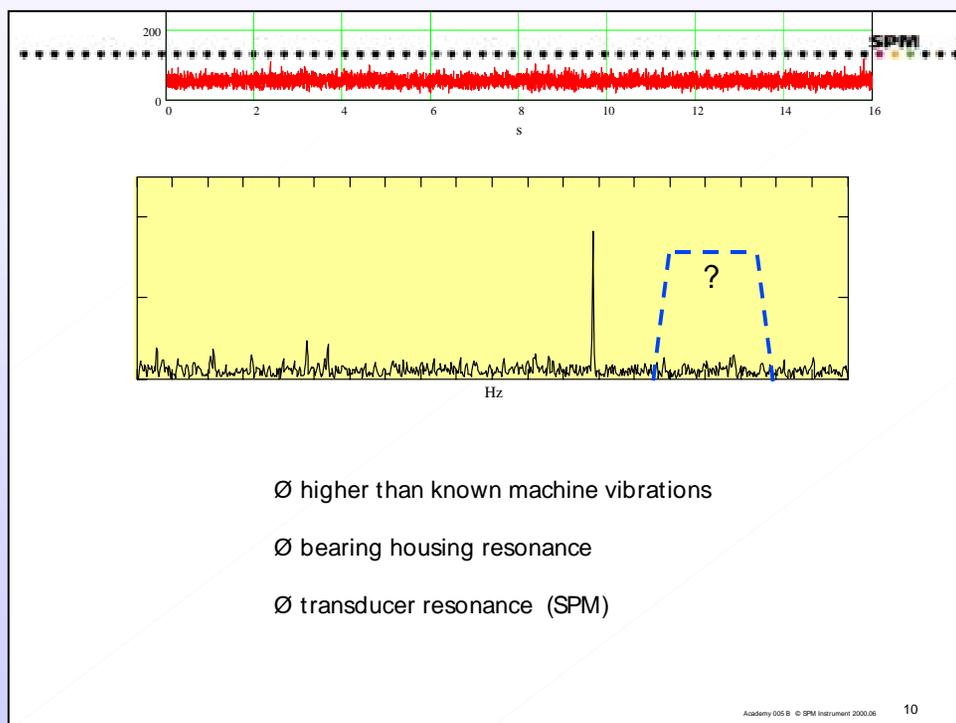
- Nella zona intorno alla frequenza di risonanza possiamo registrare un segnale che evidenzia chiaramente i transienti prodotti dal danneggiamento del cuscinetto. Ogni shock è un singolo evento. L'intervallo tra un evento e l'altro è riconducibile al difetto.
- Il segnale viene rettificato (tagliata la parte negativa) e con l'inviluppo vengono meglio definiti i picchi.

# ESALTAZIONE DELLE FREQUENZE DEL CUSCINETTO CON LA TECNICA DELL'INVILUPPO



- Dopo l'inviluppo si possono contare i picchi per intervallo di tempo ottenendo la frequenza e poi compararla con le frequenze del cuscinetto.

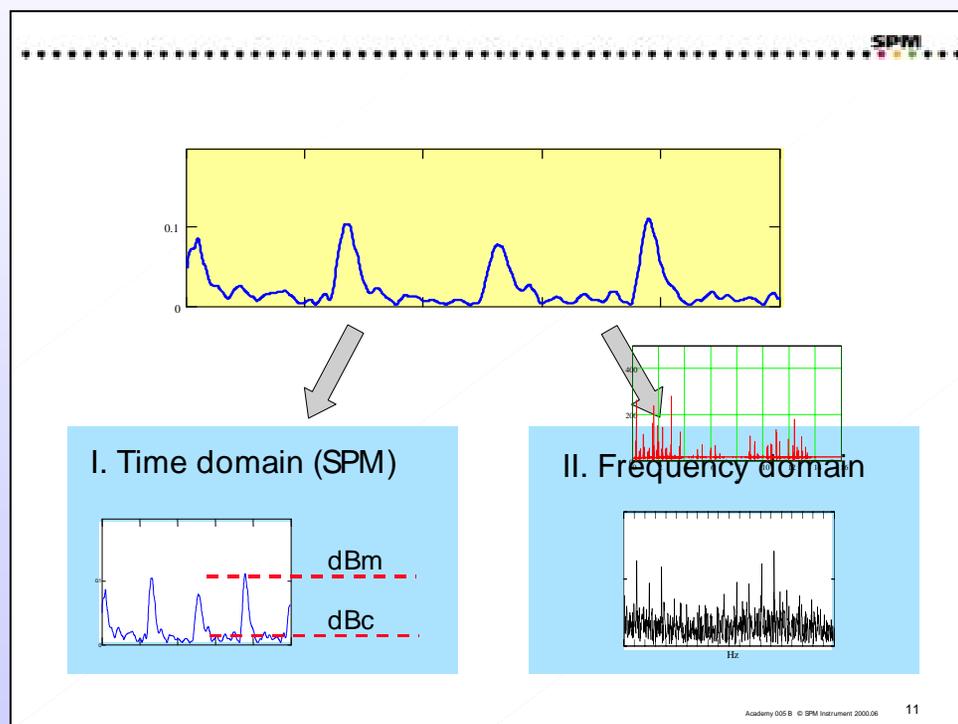
# ESALTAZIONE DELLE FREQUENZE DEL CUSCINETTO CON LA TECNICA DELL'INVILUPPO



In confronto al metodo SPM il riconoscimento del danneggiamento di un cuscinetto tramite l'analisi di vibrazione è un processo complicato che richiede dati a volte non disponibili o di difficile reperimento.

1. Dovremo studiare ogni macchina per identificare la frequenza di risonanza dove poter evidenziare al meglio il segnale del cuscinetto.
2. Identificazione della frequenza di risonanza del supporto del cuscinetto.
3. Conoscenza delle frequenze del cuscinetto.
4. Regole di valutazione del segnale anche dalla prima lettura. Non esistono standard di comparazione e dobbiamo basarci sui trend.

# ESALTAZIONE DELLE FREQUENZE DEL CUSCINETTO CON LA TECNICA DELL'INVILUPPO



- La tecnica dell'inviluppo usata per l'analisi di vibrazione tramite la manipolazione del segnale permette la visualizzazione degli shock nel dominio delle frequenze semplicemente perché l'analisi delle frequenze è la tecnica generalmente usata per il riconoscimento dei guasti delle macchine.

- La principale immediatezza del metodo SPM sta nella sua specializzazione nella misura degli shock (transienti) infatti i trasduttori e gli strumenti sono progettati per la misura diretta dell'intensità degli shock direttamente dal segnale nel dominio del tempo (forma d'onda). Tutti gli apparecchi SPM danno una quantificazione dell'ampiezza dei picchi (dBm) e del valore di fondo tra i picchi (dBc). Questi due valori insieme possono esprimere la condizione operativa dei cuscinetti con la sola introduzione dei dati dimensionali dei cuscinetti e del numero di giri

# I CUSCINETTI VOLVENTI SONO GENERATORI DI SHOCK

## Shock Pulses



Academy 005 © SPM Instrument 2000/06 12

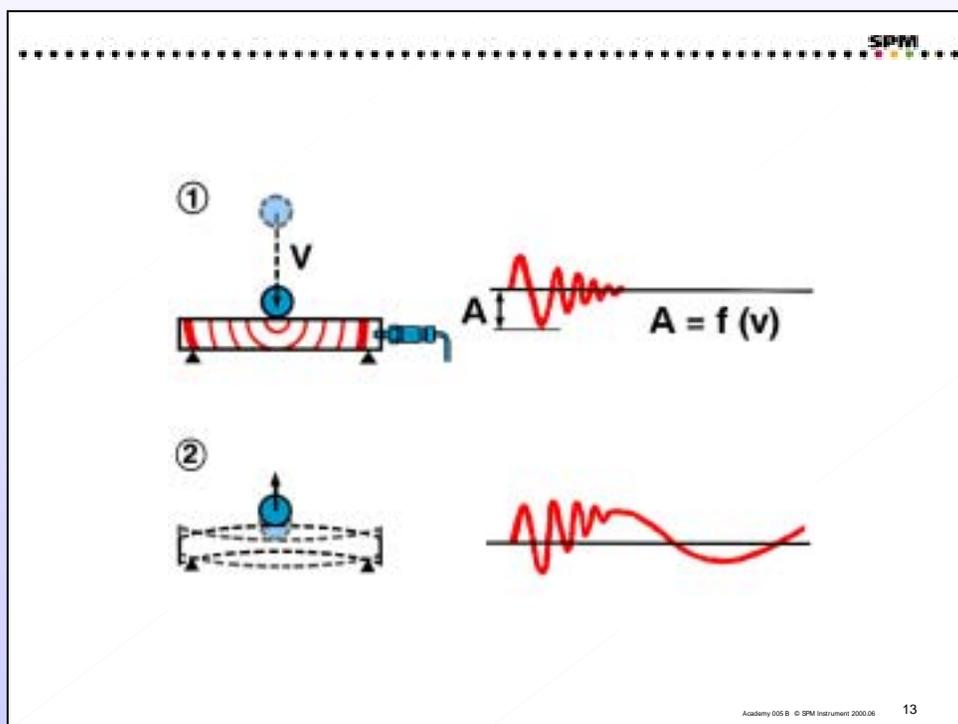
Il metodo SPM ha sempre trattato i cuscinetti come un generatore di shock piuttosto che di vibrazione.

Invece di trarre informazioni dai transienti causati dagli shock il metodo usa uno speciale trasduttore e speciali circuiti che misurano direttamente gli shock. Questo rende il metodo il più sensibile sistema conosciuto per il monitoraggio dei cuscinetti volventi.

Gli shock sono onde di pressione transienti generate dai cuscinetti volventi in tutta la loro vita di esercizio. La loro intensità è direttamente rapportabile allo spessore del film lubrificante che separa le superfici delle piste e dei corpi volventi nella zona caricata del cuscinetto e alla condizione meccanica delle superfici.

Una scarsa lubrificazione produce un incremento degli shock di fondo, mentre lo svilupparsi di un danneggiamento del cuscinetto causerà un marcato incremento degli shock di picco. Tutto questo accade normalmente prima che danneggiamenti visibili ad occhio nudo, di gran lunga in anticipo alle rotture dei cuscinetti.

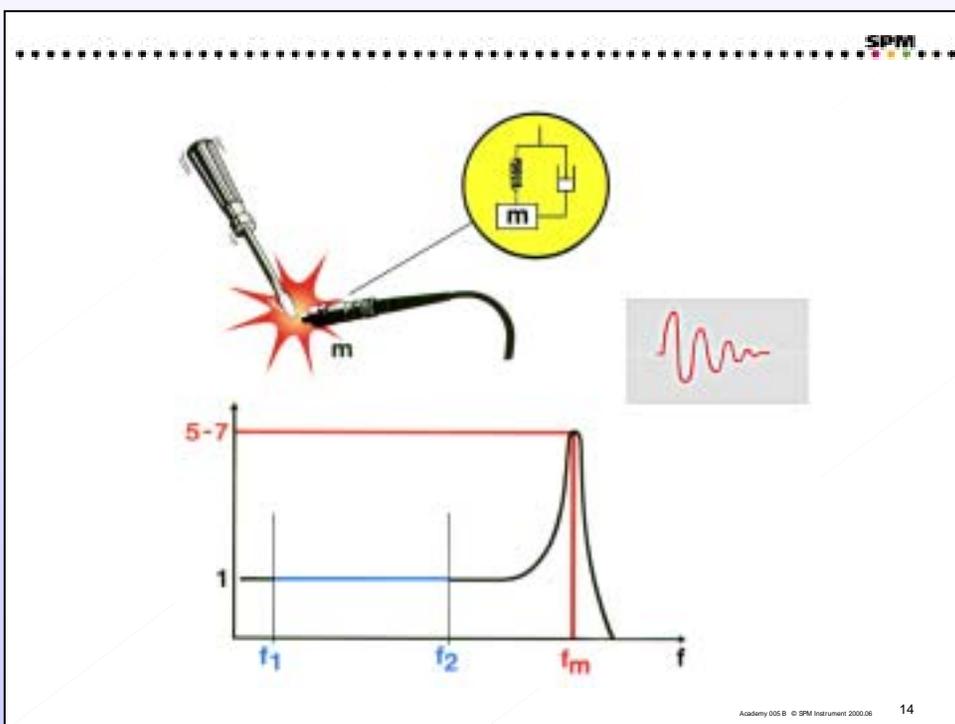
# DIFFERENZA TRA SHOCK PULSE E VIBRAZIONE



Considerate di avere una sfera di metallo che colpisce una barra anch'essa di metallo. Al momento dell'impatto, si diffonde un'onda di pressione meccanica attraverso il materiale di entrambi i corpi (1). L'onda è transiente (si attenua velocemente). Quando il fronte dell'onda colpisce il trasduttore di shock pulse, provocherà una oscillazione smorzata della massa di riferimento del trasduttore. L'ampiezza del picco è in funzione della velocità di impatto ( $v$ ).

Durante la fase seguente della collisione, entrambi i corpi iniziano a vibrare (2). La frequenza di questa vibrazione è in funzione della massa e della forma dei corpi in collisione

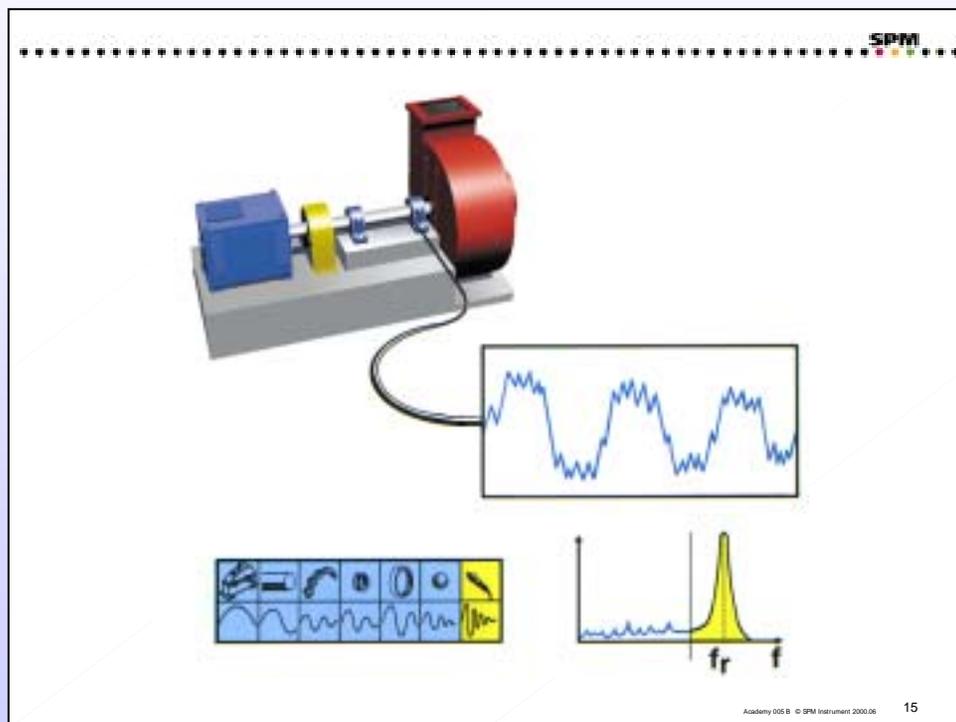
# LA FUNZIONE DEL TRASDUTTORE DI SHOCK



Un trasduttore shock pulse è costituito da una massa di riferimento che risponde con una oscillazione smorzata quando questa viene investita dall'onda di pressione. Collegata alla massa c'è un cristallo piezoelettrico che una volta compresso genera una corrente proporzionale all'entità dell'onda di pressione. Il principio di funzionamento è simile ad un comune accelerometro. C'è tuttavia un'importante differenza. Quando la massa viene eccitata alla sua frequenza di risonanza inizierà ad oscillare con grande ampiezza esaltando il segnale. Tutte le altre vibrazioni della macchina non provocheranno una risposta da parte del trasduttore.

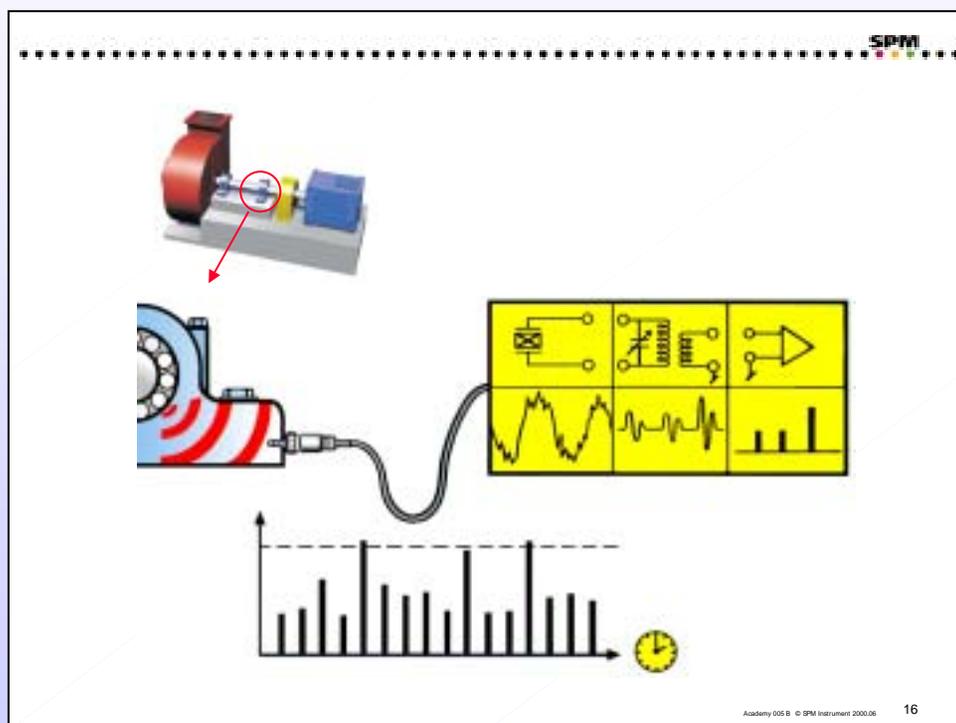
I misuratori di shock sono meccanicamente ed elettricamente tarati per operare esclusivamente alla loro frequenza di risonanza di 32 kHz ( $F_m$ ) dove il segnale risultante è più forte. Questo ci permette di avere una grande sensibilità agli shock ed una neutralità nei confronti delle normali frequenze di vibrazione della macchina.

# LE VIBRAZIONI DELLA MACCHINA VENGONO IGNORATE



Il trasduttore reagisce con grande ampiezza agli shock e non lascia passare le vibrazioni della macchina.

# TRATTAMENTO DEL SEGNALE SHOCK PULSE

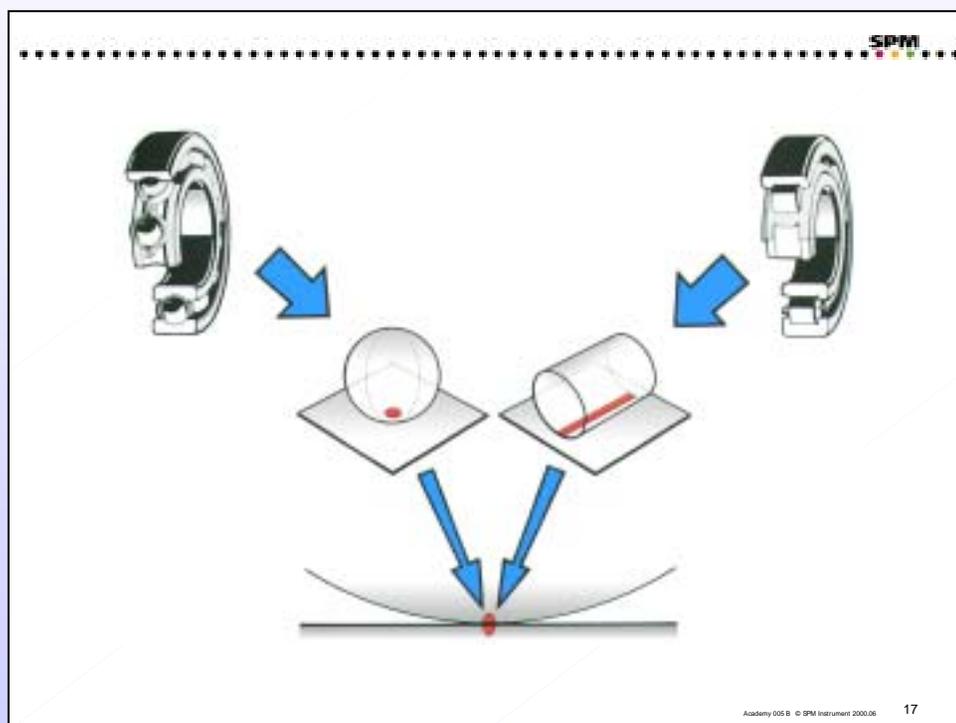


- La prima figura illustra il trasduttore che capta i transienti (shock) andando in risonanza.

- La seconda figura nostra come lavora il filtro elettrico a 32 kHz. Le ampiezze dei picchi dipendono dell'energia degli shock pulse. I transienti sono convertiti in impulsi elettrici.

- La terza figura mostra i segnali di shock pulse del cuscinetto trasformati in una sequenza di impulsi elettrice di debole e forte intensità.

## TIPI DI CUSCINETTI



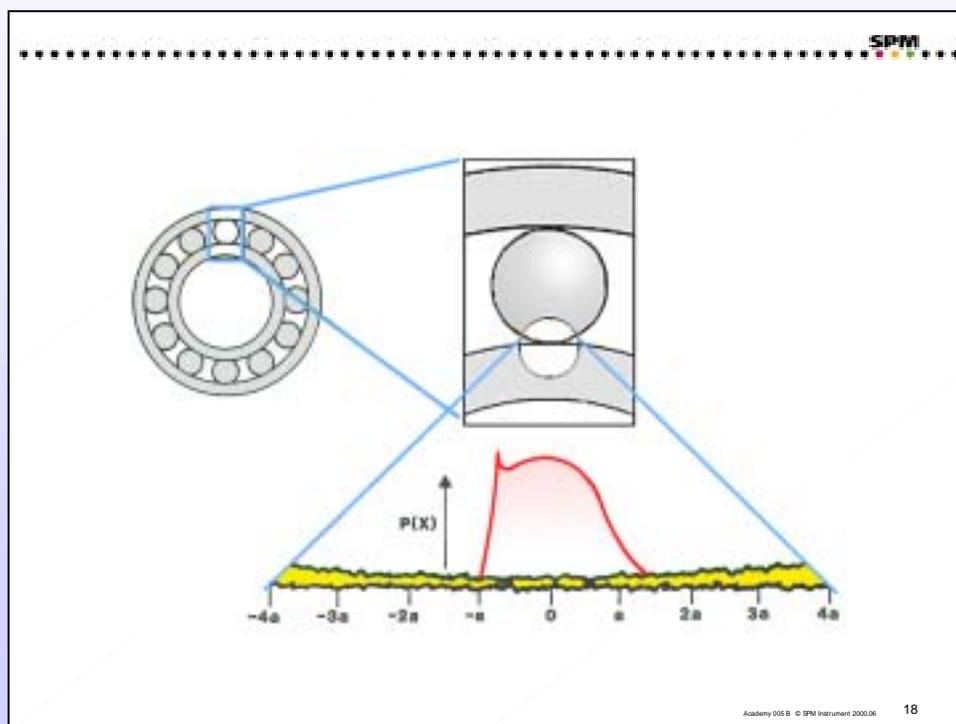
E' stato detto che l'ampiezza degli shock e' in funzione della velocità d'impatto. Questo vuol dire che il numero di giri e la dimensione di un cuscinetto sono dei fattori da considerare quando si valuta il segnale.

Dagli studi è emerso che ha un'importanza anche e il carico (assiale radiale)

Per la determinazione dello spessore del film d'olio bisogna selezionare il tipo del cuscinetto da un gruppo di nove famiglie.

La differenza maggiore sta nella forma del corpo volvente, infatti, da questo deriva la differenza dell'area di contatto. Le sfere un punto il rullo una linea.

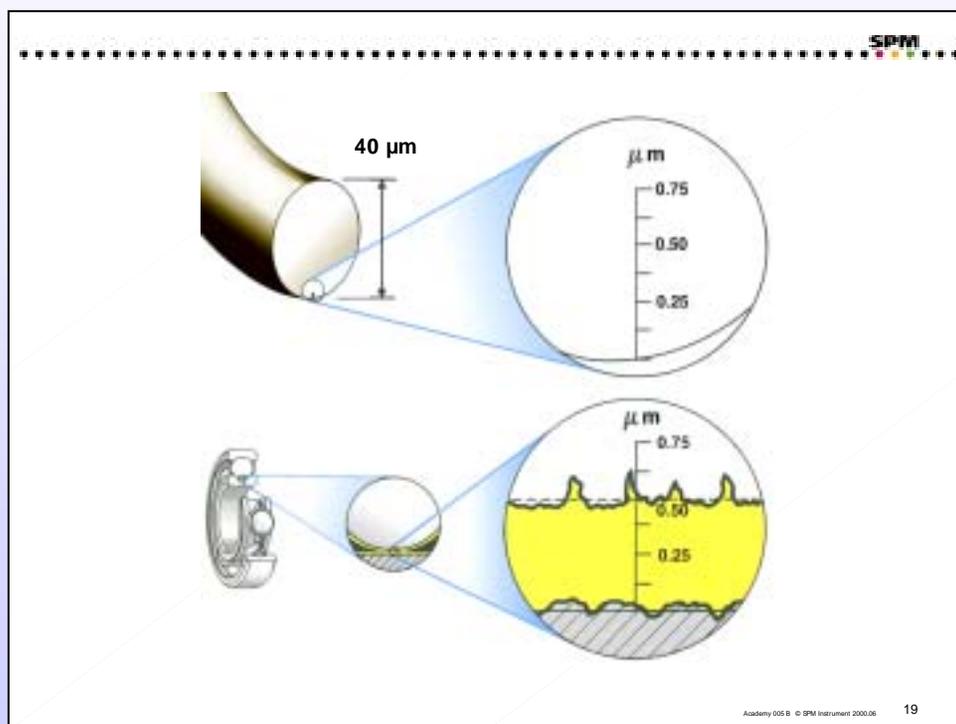
## EFFETTI DERIVANTI DAL CARICO



Il film lubrificante separa fisicamente i corpi volventi dalle piste nella zona caricata del cuscinetto. Il film lubrificante subisce un'importante deformazione nell'area di contatto. Questa estrema pressione a cui è sottoposto il film lubrificante tutte le informazioni sullo stato del cuscinetto passano attraverso questo elemento.

L'SPM Analyzer è l'unico strumento in grado di misurare questo parametro.

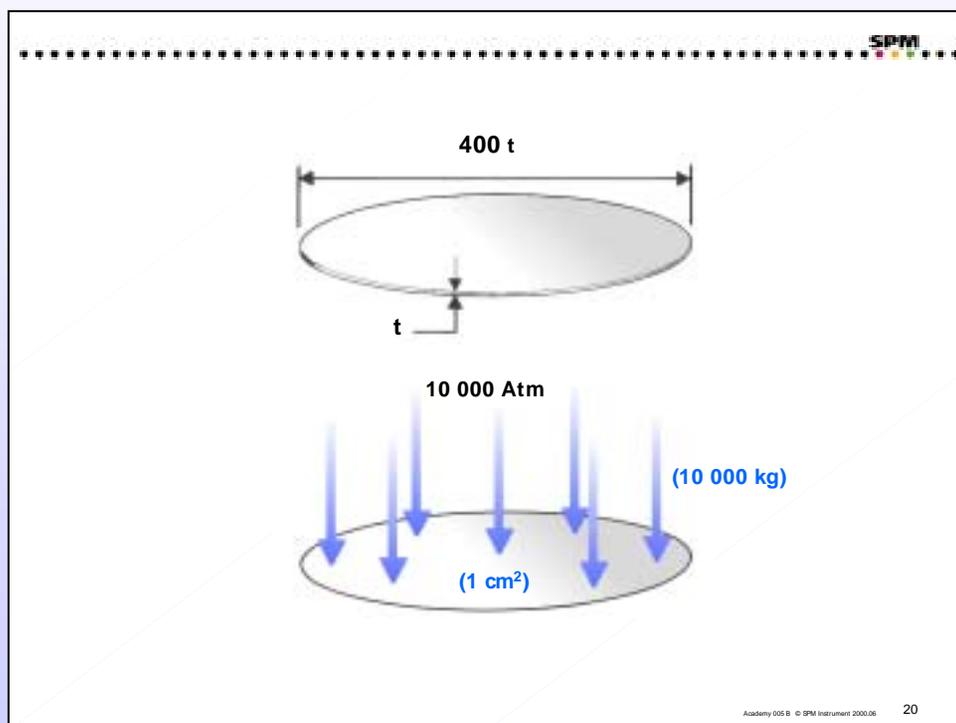
## SPESSORE DEL FILM LUBRIFICANTE



Lo spessore tipico del film lubrificante varia da 0 a 30 micropollici. Lo spessore di un capello umano è di circa 40 micron (1600 micropollici). Lo spessore del film lubrificante dell'esempio è di circa 0,5 micron.

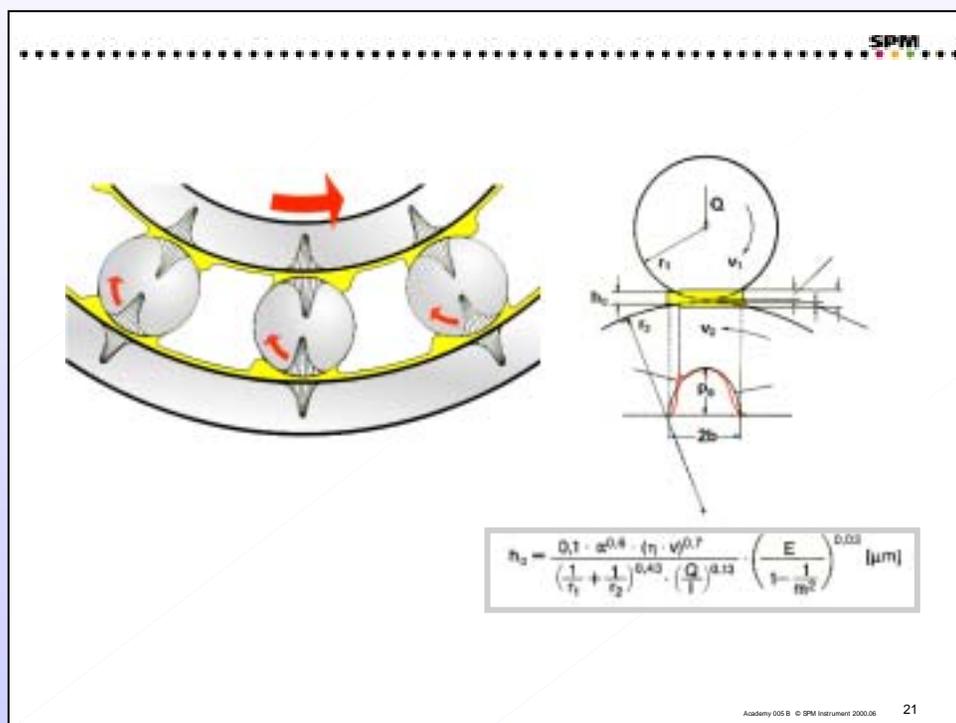
La rugosità media delle superfici di un cuscinetto è di circa 0,1 micron.

## AREA DEL FILM E SPESSORE



Confrontata con lo spessore l'area di contatto del film lubrificante è di circa 400 volte più grande. La pressione esercitata sul film nella zona di contatto è di circa 10.000 Atm /cm<sup>2</sup>.

# DISTRIBUZIONE DELLA PRESSIONE NELLA ZONA CARICATA DEL CUSCINETTO



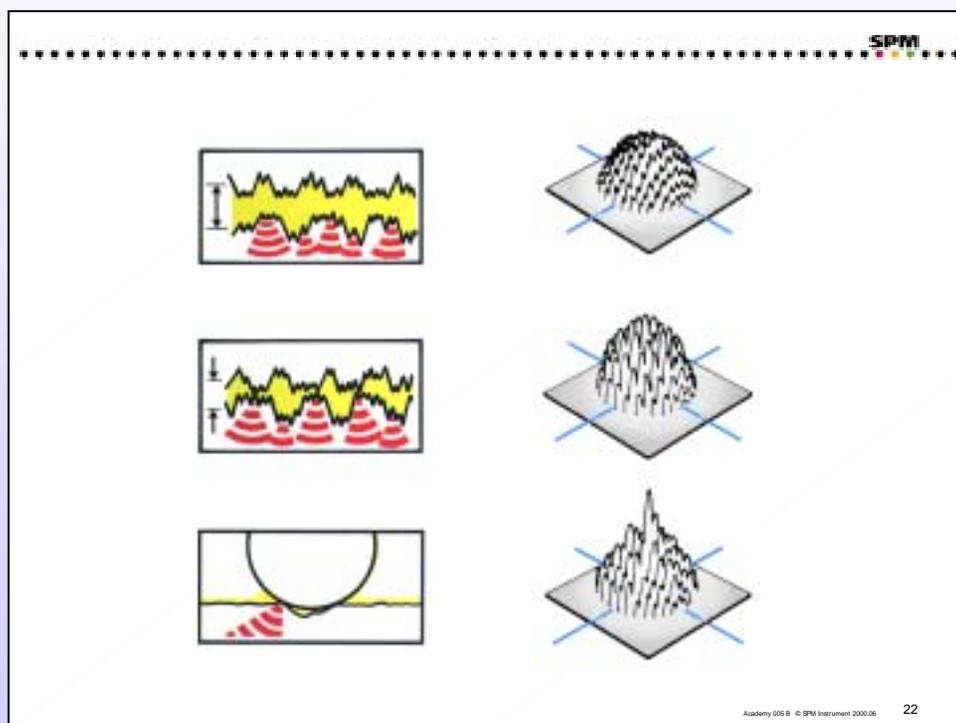
Nella zona caricata del cuscinetto tra le piste e i corpi volventi si sviluppano grandi pressioni. Entrambi i corpi si deformano in maniera elastica e il film di olio rimane intrappolato tra di loro comportandosi come un corpo solido che separa le superfici.

La teoria di Hertz descrive la distribuzione della pressione nella zona di contatto.

Il comportamento del film lubrificante nella zona di contatto è descritto dalla teoria della lubrificazione elasto-idrodinamica (EHD).

L'equazione mostra un esempio di come il film lubrificante può essere calcolato ( $h_0$ ).

# VARIAZIONE DI PRESSIONE NELL'AREA DI CONTATTO

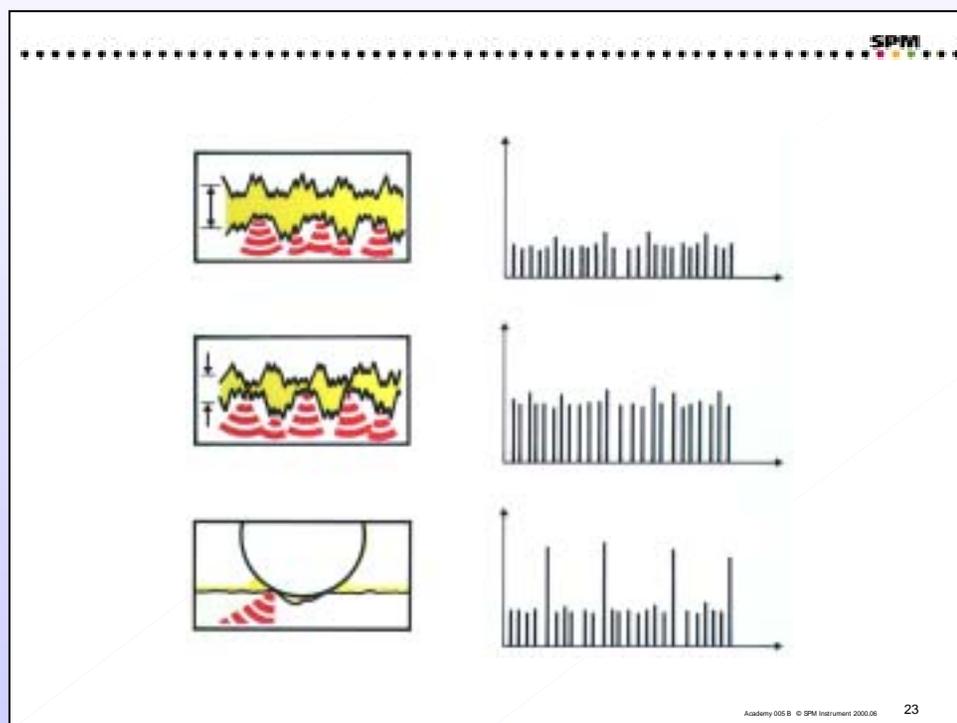


La distribuzione della pressione nell'area di contatto non segue una curva regolare. A causa dell'irregolarità delle superfici ci sono picchi e avvallamenti. Questo spiega perché ogni cuscinetto genera onde di pressione anche in condizioni ottimali.

L'intensità complessiva degli shock aumenta quando il film d'olio si riduce. Questo può essere spiegato con lo stress provocato dal contatto metallo-metallo tra piste ed elementi rotanti.

Il danneggiamento superficiale delle piste o degli elementi rotanti provoca picchi distinti e localizzati.

# VARIAZIONI DI PRESSIONE TRADOTTI IN GRAFICI SHOCK PULSE



Per un cuscinetto non danneggiato il segnale filtrato del trasduttore riflette la variazione di pressione nella zona di contatto.

Quando il film di olio è spesso, il livello di shock pulse è basso e senza picchi rilevanti.

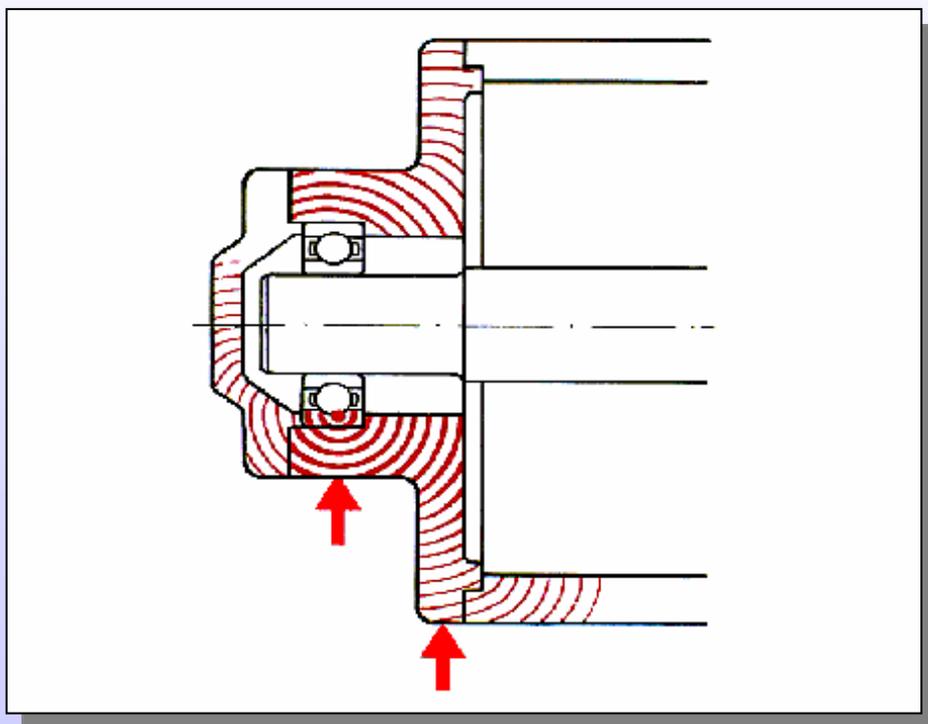
Il livello aumenta quando il film lubrificante si riduce ma non si evidenziano picchi distinti.

Un danneggiamento causa grandi shock con evidenti intervalli irregolari.

Esempio dell'automobile

Le regole SPM derivano da studi e prove di laboratorio. Questo permette di ricavare valutazioni dirette una volta impostati i dati caratteristici di qualsiasi cuscinetto.

## PUNTO DI MISURA - 1ª REGOLA

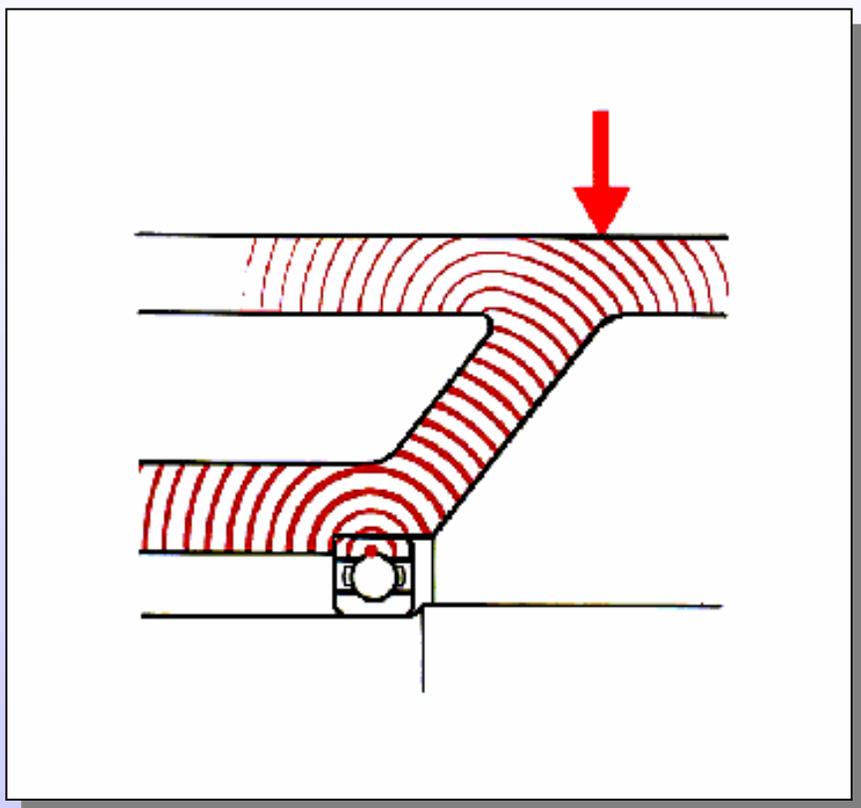


Ogni interruzione (interfaccia) nel materiale attenua il segnale:

**1 La traiettoria del segnale deve contenere solo una superficie di separazione (interfaccia) meccanica, quella fra il cuscinetto e l'alloggiamento.**

La quantità di segnale perso in un'interfaccia può essere molto considerevole. Le saldature devono essere considerate come interfacce.

## PUNTO DI MISURA - 2ª REGOLA



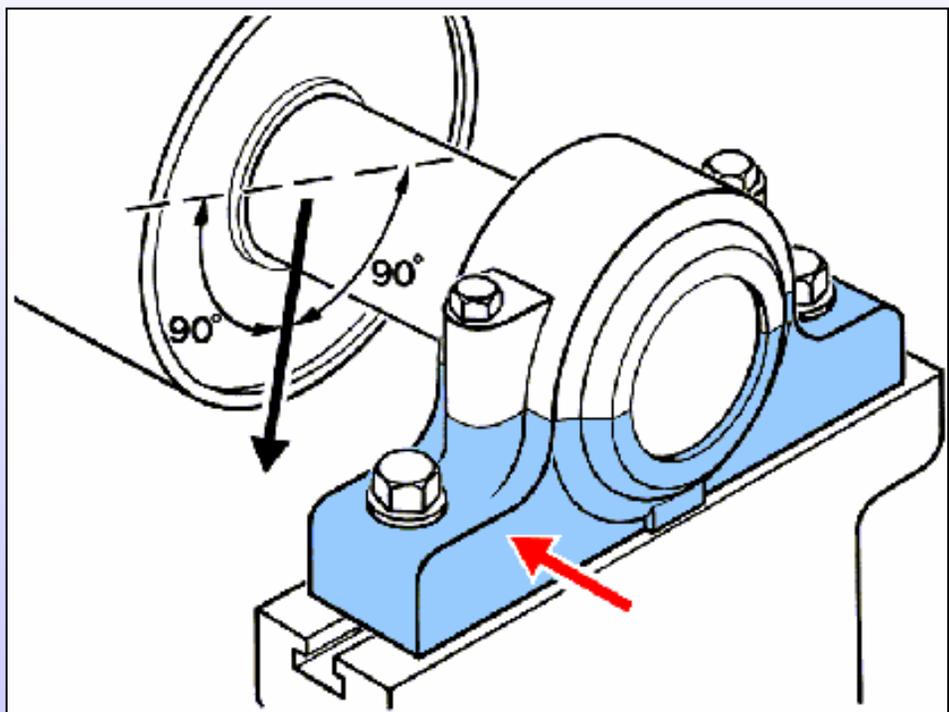
Per assicurare la trasmissione corretta di segnali, i punti di misura devono essere selezionati in accordo alle regole della SPM.

**2 La traiettoria del segnale fra il cuscinetto e il punto di misura sarà il più possibile dritta e breve.**

Il motivo della 1ª regola è che gli shock pulse perdono forza su una lunga traiettoria di segnale, specie quando questa ha una grossa sezione trasversale, e si attenuano quando sono deviati

da curve nella traiettoria.

## PUNTO DI MISURA - 3ª REGOLA

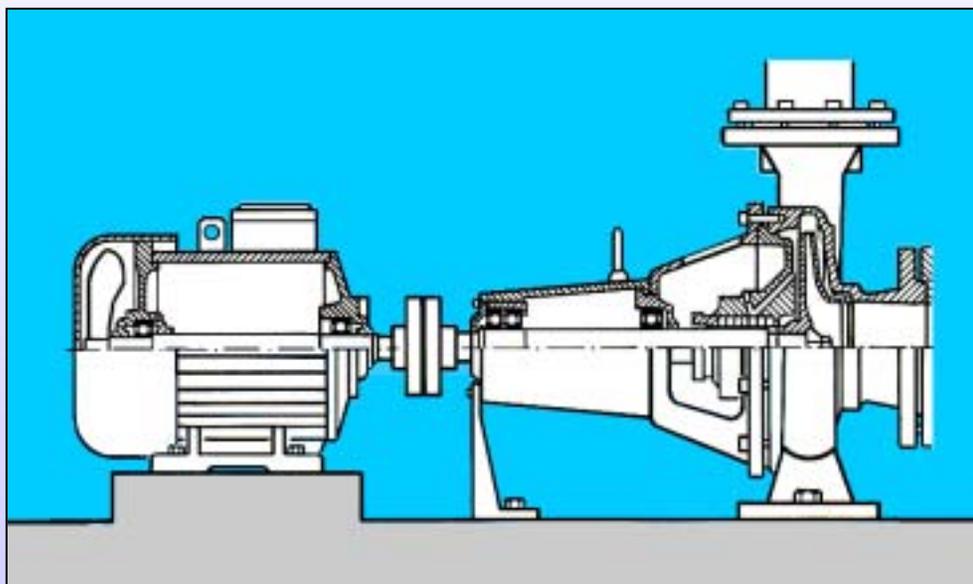


Gli shock pulse sono generati dagli elementi rotanti e dalle piste, nella zona caricata del cuscinetto:

**3 Il punto di misura sarà situato all'interno della zona di carico del cuscinetto.**

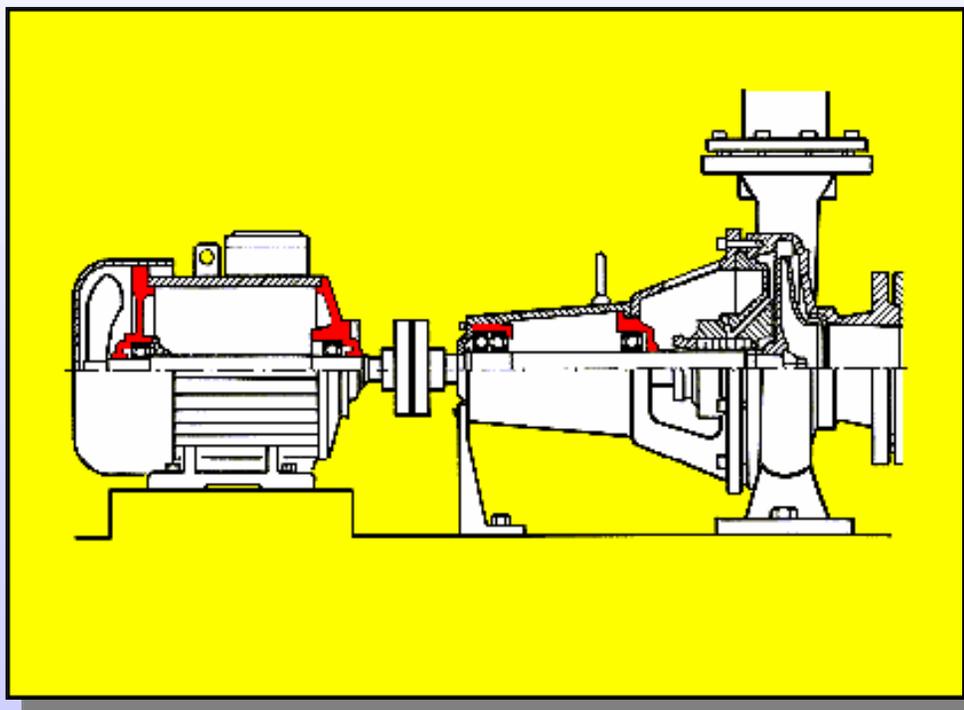
La zona di carico è la parte dell'alloggiamento del cuscinetto che sopporta il carico. Idealmente, il punto di misurazione dovrebbe essere in linea con la direzione del carico. Le letture prese fuori della zona di carico possono essere molto più basse, perché allora gli shock pulse devono seguire una traiettoria curvata e potrebbero persino dover attraversare le interfacce per raggiungere il punto di misurazione.

## SELEZIONE DEI PUNTI DI MISURA



Se c'è qualche dubbio riguardo la costruzione della macchina e sulla situazione degli alloggiamenti dei cuscinetti, si dovrebbe consultare il disegno della macchina quando si selezionano i punti di misurazione.

## SELEZIONE DEI PUNTI DI MISURA - SOLUZIONE

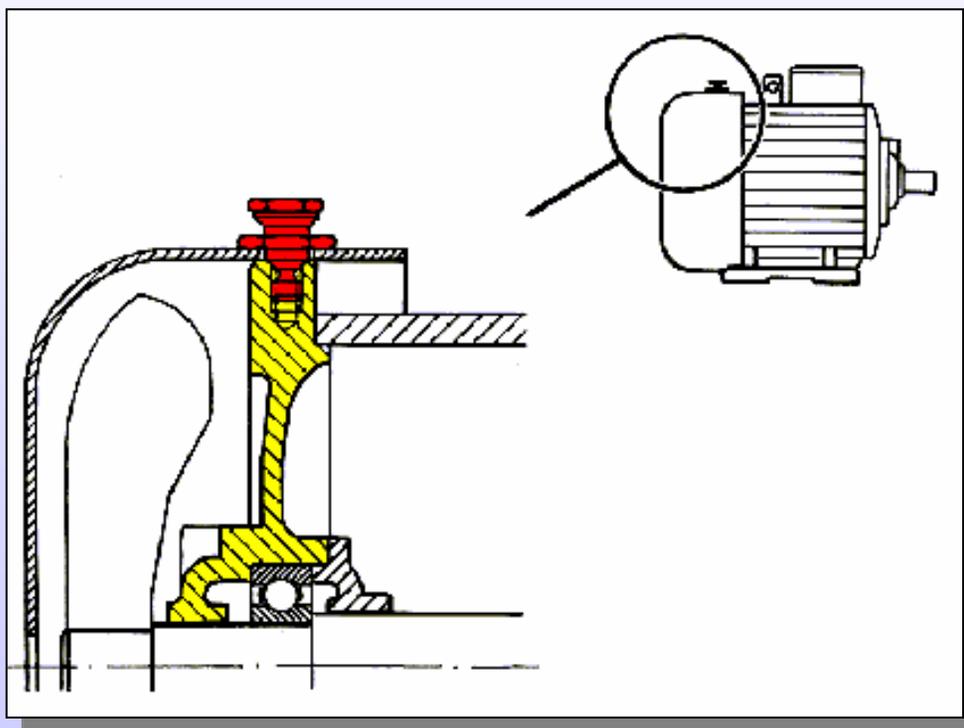


Soltanto uno degli alloggiamenti del cuscinetto è direttamente accessibile da fuori, quello del cuscinetto lato giunto.

L'alloggiamento del cuscinetto di lato opposto è coperto dal coperchio della ventola.

Entrambi gli alloggiamenti dei cuscinetti della pompa sono posizionati sotto un supporto, ma l'alloggiamento del cuscinetto del lato opposto si può raggiungere attraverso le aperture nell'alloggiamento della pompa.

## ADATTATORE CON DADO DI BLOCCAGGIO

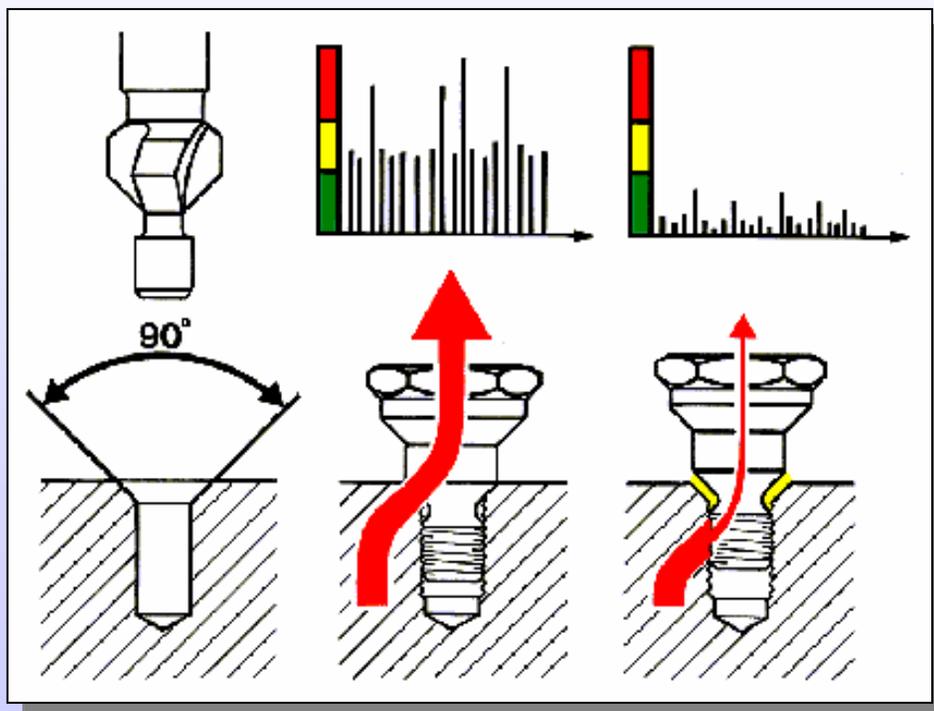


La seguente sequenza mostra i punti di misura e come possono essere raggiunti con vari tipi di attrezzature SPM.

Il punto di misura 1 sul motore richiede l'installazione di un adattatore.

Un adattatore con dado di bloccaggio serve come bullone di fissaggio per il coperchio della ventola. Il foro di montaggio per l'adattatore è fatto sullo scudo del motore (che è anche l'alloggiamento del cuscinetto), allargando e fresando uno dei fori montati esistenti per i bulloni del coperchio della ventola.

## CORRETTO MONTAGGIO DEGLI ADATTATORI



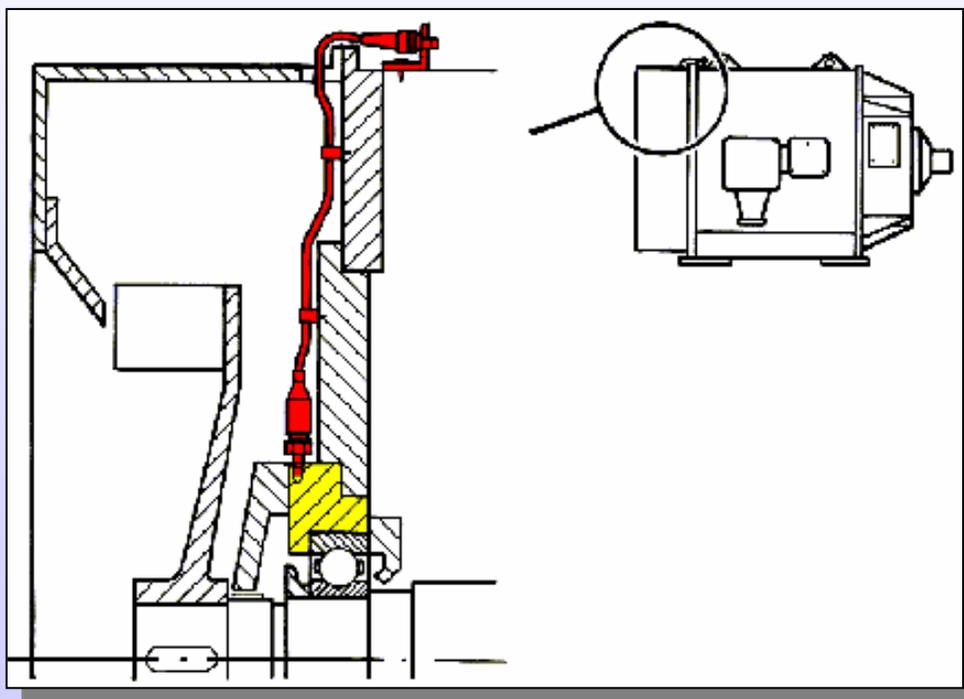
Adattatori e trasduttori per installazione permanente richiedono fori di montaggio filettati e svasati, e sono serrati con una chiave dinamometrica.

L'installazione corretta è molto importante, poiché un'attrezzatura non installata correttamente non può trasmettere adeguatamente il segnale shock pulse.

L'angolo di svasatura è di  $90^\circ$ . Gli shock pulse si trasmettono attraverso la superficie della sede conica, che deve avere un contatto fermo con il materiale dell'alloggiamento del cuscinetto.

Un po' di grasso pulito sulle superfici della sede migliora la trasmissione del segnale. Il foro di montaggio deve essere libero da detriti.

## TRASDUTTORE DI SHOCK PULSE INSTALLATO

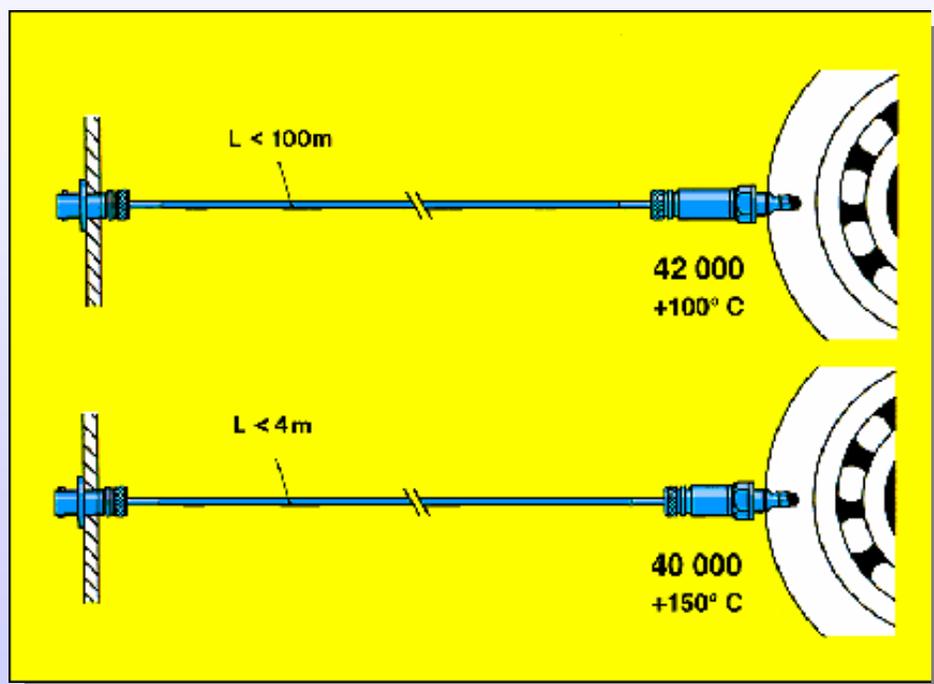


Un trasduttore di shock pulse per installazione permanente si usa quando l'alloggiamento del cuscinetto non può essere raggiunto con un adattatore.

Il trasduttore è collegato ad un terminale di misurazione con un cavo coassiale corto. Il cavo è fermamente attaccato alla macchina e, dove necessario, è protetto contro il danneggiamento.

La SPM fornisce cavi per alte temperature e connettori a prova di umidità.

## TRASDUTTORI CON TMU

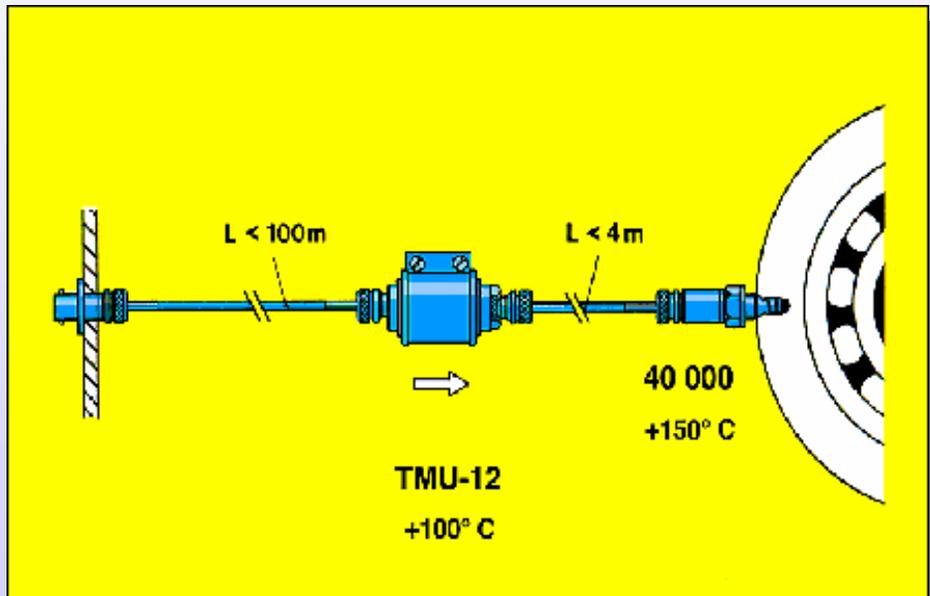


Con un trasduttore standard (cod. 40000), la lunghezza massima del cavo coassiale al terminale di misurazione è m.4.

Un trasduttore con TMU (unità di accoppiamento), cod. 42000, si può utilizzare dove sono necessari cavi più lunghi (lunghezza max. m.100).

I terminali di misurazione sono connettori TNC o BNC. La SPM fornisce una vasta gamma di strumenti ed attrezzatura di installazione, compreso il box raccolta terminali, passaparatia, giunture dei cavi e connettori per ambienti normali ed umidi.

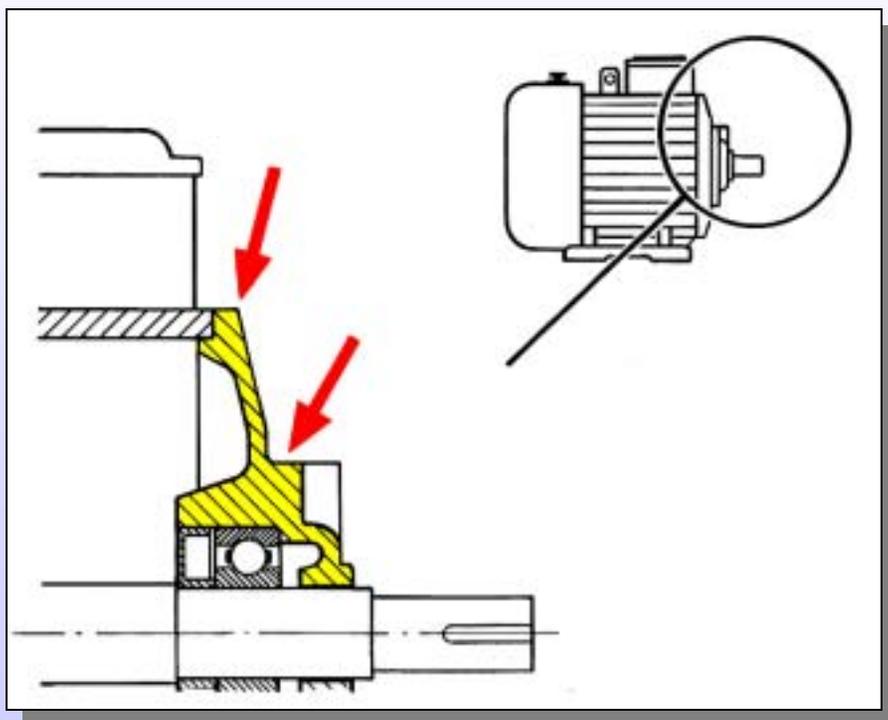
## TMU 10/11



Invece di un trasduttore con TMU incorporato, si può usare il TMU 10 ( rivestimento in poliestere, per ambienti acidi) oppure TMU 11 ( rivestimento in poliacetato, per ambienti basici).

La lunghezza massima del cavo fra il trasduttore e il TMU è di m. 4, fra il TMU e il terminale m. 100.

## PUNTI DI MISURA PER SONDE MANUALI

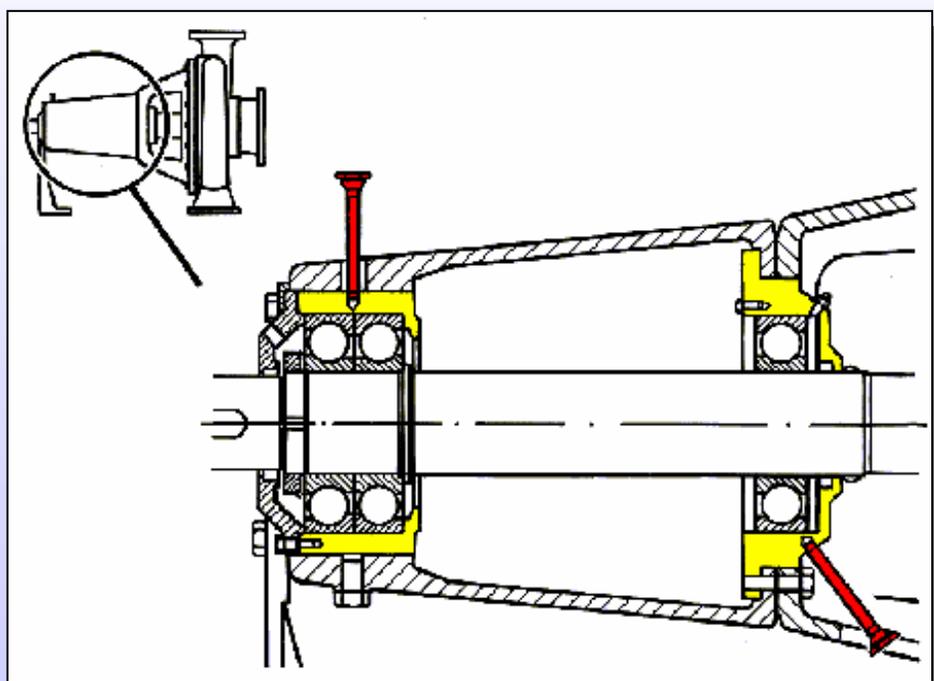


Il tipo di alloggiamento per il cuscinetto mostrato si può raggiungere con la sonda manuale. Quando viene usata la sonda, il punto di misurazione dovrebbe essere segnato chiaramente. Usate sempre lo stesso punto per assicurarvi che le letture siano comparabili.

Attenzione: La SPM non raccomanda l'uso della sonda per il monitoraggio sistematico di shock pulse. Utilizzare gli adattatori installati ed un trasduttore con un connettore veloce è più facile, più veloce e più sicuro, ed eliminerà variazioni nelle letture dovute a diversi tipi di maneggiamento della sonda.

L'adattatore è necessario per cuscinetti con un dBi minore di 5.

## ADATTATORI LUNGHI

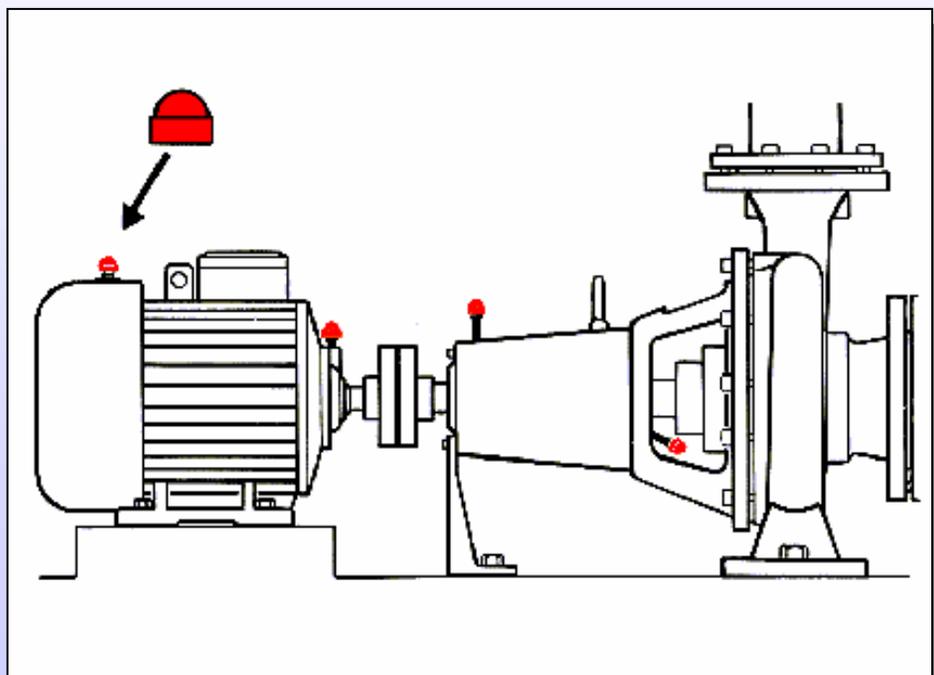


Gli adattatori sono disponibili in due lunghezze, 24 mm e 113 mm. Gli adattatori lunghi si usano per raggiungere gli alloggiamenti dei cuscinetti sotto i supporti ed altro materiale di rivestimento, oppure per rendere più facile connettere il trasduttore veloce.

Le aperture per l'inserimento degli adattatori devono essere abbastanza larghe da evitare tutti i contatti metallici fra l'adattatore ed il materiale circostante. Tenete conto dello spazio per l'adattamento dei cuscinetti. Urtare o sfregare contro l'adattatore produce shock pulse. Se le aperture di inserimento hanno bisogno di sigillante, usate materiale morbido ed elastico.

Alcuni costruttori preparano le loro macchine per il monitoraggio della SPM installando gli adattatori.

# MOTOPOMPA CON ADATTATORI E CAPPUCCI DI PROTEZIONE

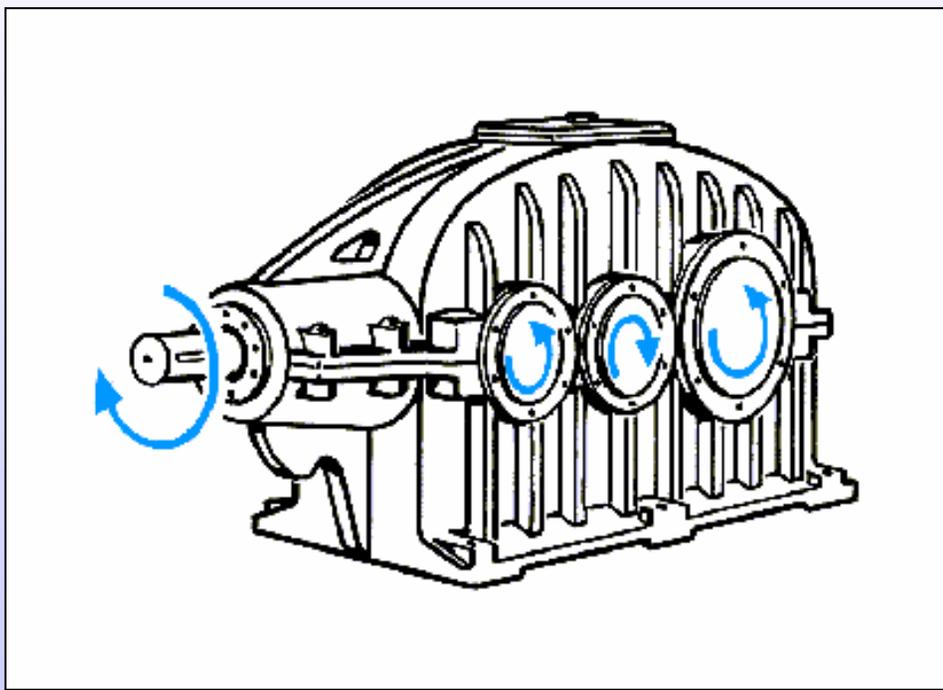


Per riassumere: i quattro punti di misurazione sull'unità della motopompa sono equipaggiati con:

1. un adattatore con dado di bloccaggio
2. un adattatore corto
3. un adattatore lungo (è richiesta l'apertura di inserimento)
4. un adattatore lungo che sporge dall'apertura nell'alloggiamento della pompa.

Accertatevi che gli adattatori rimangano puliti ed integri. Usate i cappucci di protezione per gli adattatori per proteggere la superficie di interfacciamento con il trasduttore.

## PUNTI DI MISURA SU UN RIDUTTORE



I riduttori sono difficili da monitorare, per diverse ragioni:

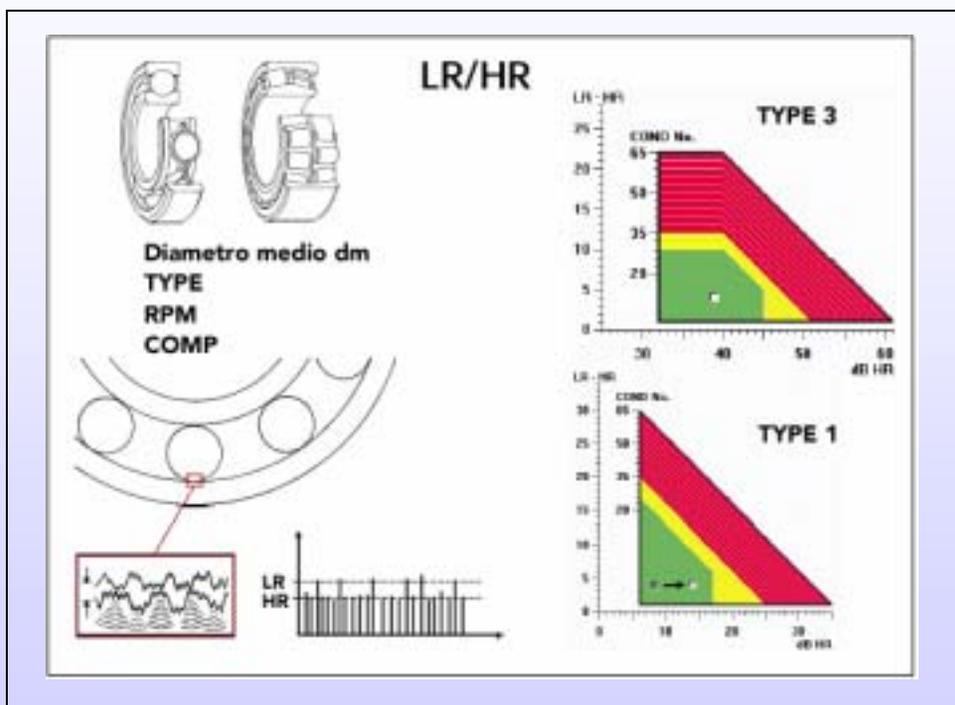
- I cuscinetti ruotano a velocità diverse, il che significa che i loro segnali shock pulse differiscono nell'intensità persino se le condizioni del loro stato di funzionamento sono simili.
- I riduttori spesso hanno rivestimenti massicci, dove gli shock pulse possono propagarsi liberamente. Così c'è il rischio che un segnale forte, proveniente da un cuscinetto, mascheri i segnali più deboli provenienti da altri cuscinetti.

Quindi è molto importante posizionare ogni punto di misurazione nella zona di carico del cuscinetto monitorato, e tenerli separati e lontani quanto più è possibile. Quando il rivestimento del riduttore è formato da due parti, come mostrato nella figura, posizionate i punti di misurazione adiacenti sulla parte opposta dell'interfaccia.

Per trovare la zona di carico, si deve sapere dove e come gli ingranaggi vengono a contatto ed in quale direzione stanno spingendo. Il carico si trova sulla parte del cuscinetto opposta alla direzione di spinta.

Il riduttore trasmette un carico consistente e costante. Le frecce nel disegno della sezione mostrano la direzione in cui stanno girando le ruote degli ingranaggi.

## LA TECNICA LR/HR [ANALYZER A30]



La tecnica LR/HR inizialmente fu sviluppata per un sistema di monitoraggio automatico continuo (CMS). Un sistema automatico, a differenza di un operatore umano, non può variare il tempo di misurazione, usare la cuffia o effettuare test ulteriori per verificare letture sospette. Esso funziona con impostazioni fisse e dipende dall'inserimento accurato dei dati. Questo, insieme a nuovi risultati di ricerche, chip programmabili, e il desiderio di ottenere informazioni più dettagliate dai segnali di shock pulse, ha portato ad un cambiamento nei valori di soglia oltre a risposte più varie e dettagliate. Il valore del rumore di fondo (HR) viene letto in un campo dove il fenomeno ha

una ripetitività di circa 1000 impulsi al secondo, il valore degli impulsi forti (LR) a circa 40 impulsi al secondo. Questo rende LR un valore medio degli impulsi forti, minore del massimo, e quindi riduce il campo dinamico. Per aumentare la precisione della valutazione, si usa il diametro medio del cuscinetto, il numero SPM TYPE viene inserito per definire la geometria del cuscinetto, e il numero COMP per calibrare i singoli punti di misura. Ulteriori informazioni in uscita riguardano principalmente la condizione di lubrificazione, permettendo all'operatore di affrontare alla radice un grosso problema di manutenzione (la maggior parte dei cuscinetti si rovinano troppo presto a causa di una lubrificazione non adeguata). Con il LUBMASTER® SPM (parte delle versioni CONDMASTER® Pro per questa tecnica) e le letture LR/HR, è possibile misurare accuratamente la condizione della lubrificazione, calcolare la vita effettiva dell'L 10a, e ottenere dei miglioramenti simulando delle variazioni nei parametri della lubrificazione.

## DATI DI BASE PER SPM [ANALYZER A30]

	1 Deep groove ball bearings, series 62, 63, 64
	2 Angular contact bearings, all series
	3 Deep groove ball series 60, 160, 618, double row and self-aligning ball bearings
	4 Thrust ball bearings, all types
	5 Cylindrical roller bearings, single row
	6 Taper roller bearings, all radial types
	7 Spherical roller bearings Double row cylindrical roller bearings
	8 Thrust roller bearings

Una parte dei dati da inserire, l'rpm e la dimensione del cuscinetto, è necessaria per tenere conto dell'effetto della velocità del cuscinetto sul livello di shock quando si valuta la condizione operativa del cuscinetto. Il diametro medio  $D_m$  è più esatto del diametro dell'albero perché l'altezza dei cuscinetti con lo stesso albero può variare considerevolmente. L'rpm e il  $D_m$  vengono usati insieme per calcolare il numero NORM del cuscinetto (campo da 10 a 58).

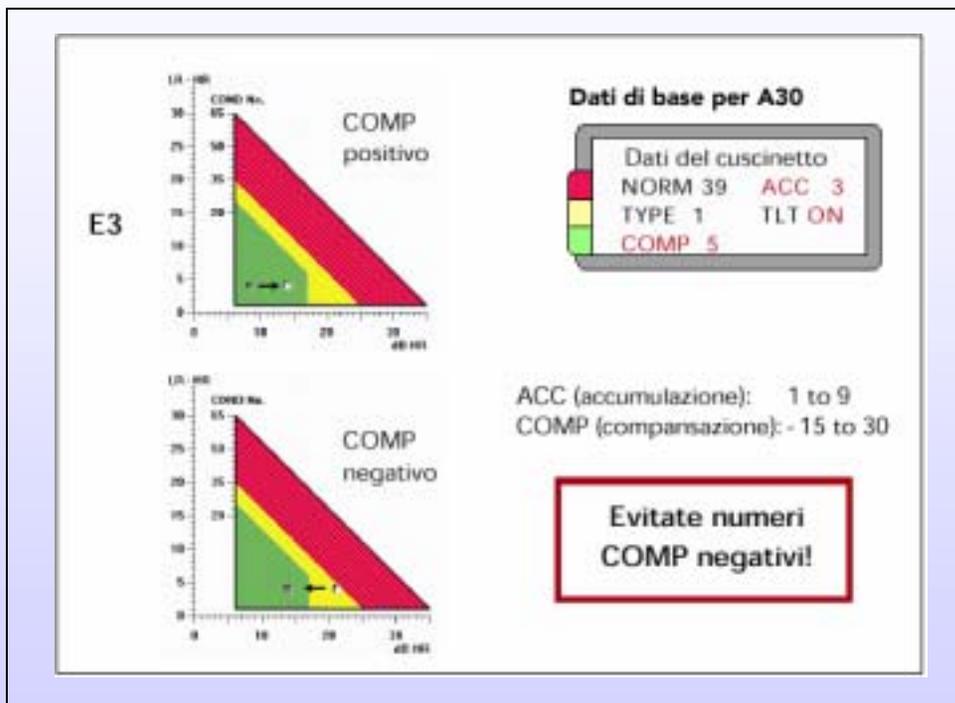
Gli shock pulse di livello HR variano con la forma e il numero degli elementi di rotolamento nel cuscinetto. Questo diventa importante quando si stima lo spessore del film lubrificante nell'interfaccia di rotolamento. Il fattore che influisce maggiormente è la forma dell'area (zona) di contatto. Nei cuscinetti a sfera, l'elemento rotante ha un contatto puntiforme con le piste. Nei cuscinetti a rulli c'è un contatto lineare, il che significa che l'area di trasmissione del carico dove avviene lo shock pulse, è molto più grande.

SPM suddivide i cuscinetti in 8 categorie definite come TYPE. Le categorie sono descritte nella tabella sopra.

I costruttori di cuscinetti, anche se non tutti, seguono gli standard ISO nella numerazione dei loro cuscinetti. Il codice contiene le informazioni sul diametro medio e sul tipo di cuscinetto. Quindi, quando si usa un numero ISO del cuscinetto come dato da inserire in CONDMASTER® Pro, il programma darà  $D_m$  e un numero TYPE. Come inserimento manuale per l'A30, si possono usare le ultime tre cifre del numero ISO che produrrà il  $D_m$  ma non il numero TYPE. Quindi si hanno tre alternative di inserimento dati:

- numero NORM e numero TYPE
- RPM + numero TYPE + diametro medio  $D_m$
- RPM + numero TYPE + numero ISO (ultime tre cifre).

## COMP E ACC [ANALYZER A30]



Sopra i dati di base da inserire, è possibile regolare un valore per ACC e COMP prima di iniziare le misurazioni con l'A30.

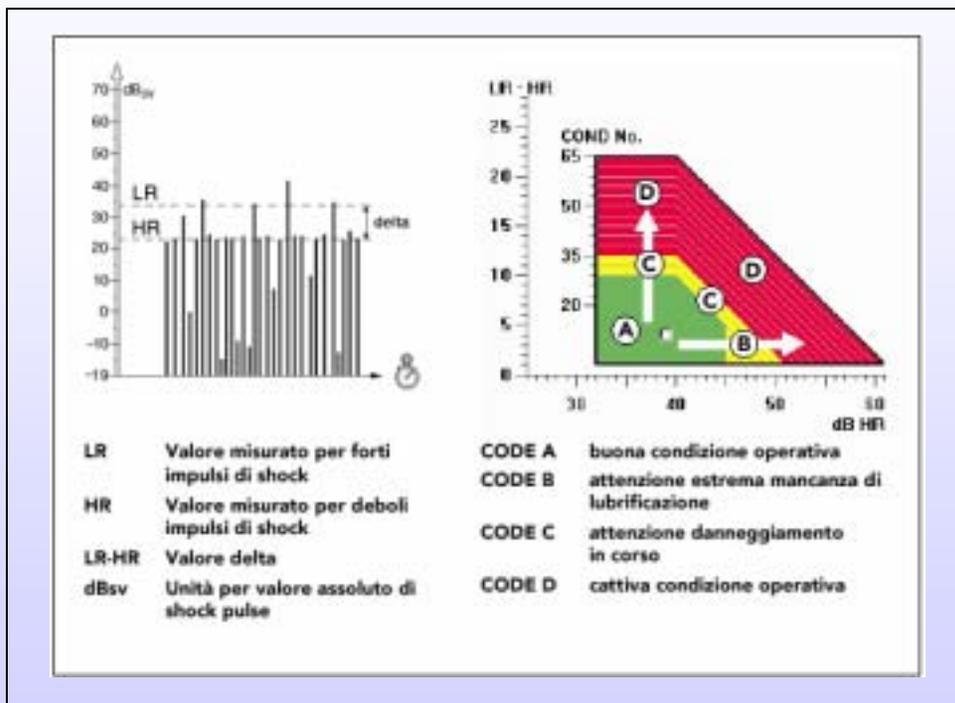
ACC (accumulazione) determina il numero dei cicli di misurazione prima che l'A30 visualizzi la lettura con il valore LR più alto come risultato. ACC può essere regolato da 1 a 9. Specialmente su cuscinetti con un rpm basso, regolare ACC fino almeno a 3.

Il numero COMP (numero di compensazione) viene usato per calibrare il punto di misura, normalmente per compensare un segnale debole proveniente da un punto di misura non abbastanza conforme con le regole SPM. Per trovare il numero COMP corretto, usare la funzione LUBMASTER® nel CONDMASTER® Pro o nello stesso A30.

Un segnale normale proveniente da un buon cuscinetto dovrebbe essere vicino al centro della parte verde del riquadro di valutazione. Se è lontano alla sinistra è possibile "portarlo avanti" impostando un numero COMP. Se il segnale è all'esterno della parte sinistra del riquadro di valutazione, l'A30 visualizzerà il codice di errore E3 = segnale troppo basso. Il numero COMP viene aggiunto al risultato di misura prima della valutazione. Quindi questo influenzerà i risultati di valutazione CODE, LUB e COND, ma non i valori di LR e HR visualizzati.

È possibile regolare numeri COMP negativi, ma sarebbe meglio evitarlo. Con un numero COMP positivo si rendono i risultati della valutazione peggiori di quanto sembri dai valori LR/HR misurati. Con un numero COND negativo, si "migliora" la condizione operativa del cuscinetto, il che può avere conseguenze spiacevoli se ci si sbaglia nell'ipotizzare che il segnale proveniente da questo cuscinetto sia più forte del normale. Per evitare un allarme da un cuscinetto stabile con letture alte, è meglio cambiare i livelli di allarme.

# VALORI LR/HR E CODE [ANALYZER A30]



Per i valori LR/HR, l'unità di misura è dBsv, ad esempio questi valori vengono misurati sulla scala di shock pulse assoluta e non esprimono, per se stessi, la condizione operativa. Il termine valore delta indica semplicemente la differenza

tra LR e HR. La condizione operativa del cuscinetto è espressa dalla lettera CODE, dal numero LUB e dal numero COND, che sono tutti risultati non di misurazione ma di valutazione.

**CODE A** significa che il cuscinetto è in buone condizioni. Non c'è un danneggiamento individuabile alle superfici delle parti che sopportano il carico, e non c'è una estrema mancanza di lubrificante nella superficie di rotolamento.

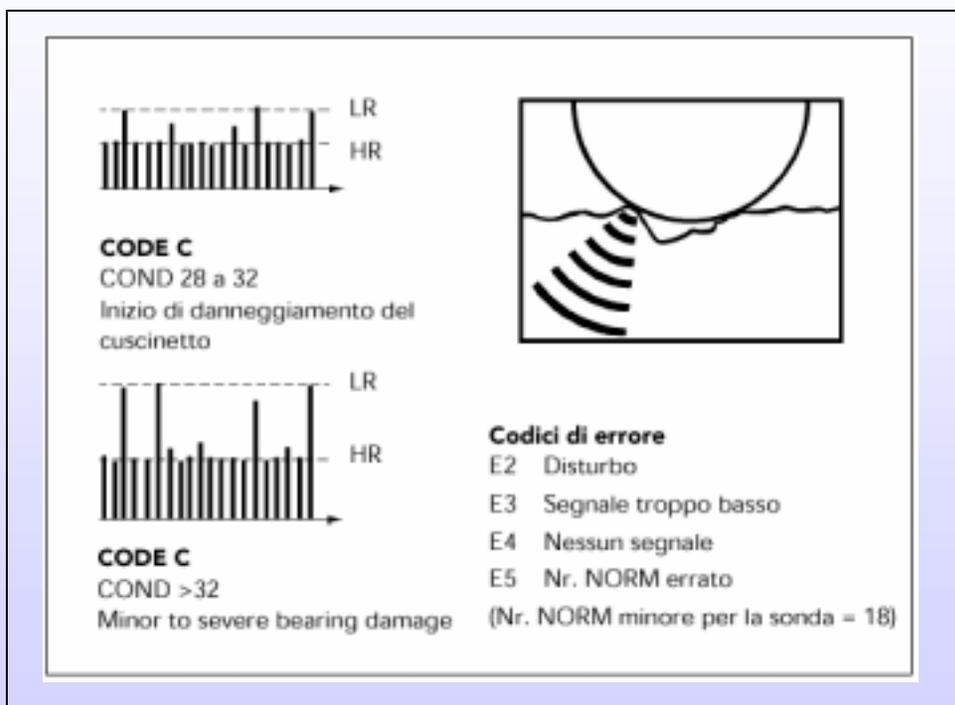
**CODE B** indica un'estrema mancanza di lubrificazione. Il lubrificante non sta raggiungendo l'interfaccia di rotolamento, il che può avere diverse cause, come la mancanza di alimentazione del lubrificante al cuscinetto, una bassa temperatura in un cuscinetto lubrificato a grasso, o un pesante sovraccarico dovuto a disallineamento, serraggio eccessivo, ad una deformazione dell'alloggiamento ecc.

**CODE C** viene visualizzato quando l'A30 individua un livello aumentato di shock pulse con un grande valore delta. Questo indica l'inizio del danneggiamento della superficie.

**CODE D** viene visualizzato quando il segnale è tipico del danneggiamento del cuscinetto: un livello di shock alto con un grande valore delta. Una contaminazione del lubrificante da parte di particelle solide provoca un segnale simile.

Il messaggio dei codici è supportato da una freccia che indica alla scala verde-giallo-rossa a fianco del display: verde per il CODE A, giallo per B e C, rossa per D.

# IL NUMERO COND E I CODICI DI ERRORE [ANALYZER A30]



Il numero COND (numero della condizione operativa) viene visualizzato con CODE B, C e D, cioè per tutti i cuscinetti con una condizione operativa ridotta o cattiva. Esso indica il grado di deterioramento o danneggiamento della superficie nell'interfaccia di rotolamento.

Un danneggiamento grave (visibile) della superficie, di solito porta ad un aumento notevole nelle letture LR del cuscinetto e ad un valore delta alto. Quindi viene individuato facilmente e darà un codice D e numeri COND alti.

Quando viene visualizzato un numero COND, il cuscinetto dovrebbe essere controllato molto attentamente. Una volta che il danneggiamento è iniziato, esso non è reversibile. Un miglioramento temporaneo del numero COND indica solo che i bordi del danneggiamento localizzato sono stati smussati. Presto ci saranno nuove sfaldature superficiali. Il tempo che rimane per pianificare una sostituzione del cuscinetto dipende dal trend del numero COND. Come regola, i numeri COND dovrebbero essere interpretati come segue:

No. COND < 30 Danneggiamento lieve

No. COND da 30 a 40 Danneggiamento in aumento

No. COND > 40 Danneggiamento grave

Quando il segnale misurato non si trova all'interno del diagramma di valutazione, l'A30 visualizzerà i codici di errore. E2 viene visualizzato quando  $HR > LR$ , il che normalmente indica un segnale di disturbo alto e costante come la cavitazione di pompe o il cattivo funzionamento di un introduttore di vapore nei macchinari per cartiera. E3 = segnale troppo basso, si può spesso rimediare regolando un numero COMP. E4 appare quando non c'è segnale (la linea del trasduttore è interrotta). Il campo nel numero NORM è 0 (nessuna valutazione) e da 10 a 58.

Per i trasduttori con sonda, il numero NORM va da 18 a 58.