

DIAGNOSTICA E SUOI LIMITI

Cosa dice una vibrazione, e cosa non dice

La diagnostica vibrazionale funziona, e ha limiti precisi. Qui trovi le firme tipiche dei difetti, da dove vengono davvero e le domande a cui una misura da sola non risponde.

01 La macchina ripete se stessa a ogni giro

Una macchina rotante ripete se stessa giro dopo giro, difetti compresi. Per questo non si ragiona in hertz puri, ma in multipli della frequenza di rotazione: si chiamano **ordini**. Un motore a 1.480 giri al minuto compie circa 24,7 rotazioni al secondo: la sua 1x sta intorno a 24,7 Hz, la 2x intorno a 49,3 Hz. Se cambia la velocità, le righe legate alla rotazione si spostano tutte insieme. Quelle che restano ferme non nascono dalla rotazione: è il caso della componente elettrica a 100 Hz, più avanti.

1x

una volta a giro, la rotazione dell'albero

2x, 3x

multipli interi, spesso meccanici ma non sempre

non intero

periodicità fuori dai multipli, tipica dei cuscinetti

Senza segnale di giri, la 1x è una stima

Senza tachimetro o encoder la velocità va ricavata dal segnale stesso. Funziona con 1x pulita, dominante e velocità quasi costante. Resta un'inferenza, non una misura. E se cade la 1x, cade il giudizio su cosa è 2x, cosa è 3x e cosa non è intero.

02 Le firme tipiche, e da dove vengono davvero

Questa è la tabella appesa in mezzo mondo. Serve, ed è un orientamento, non un verdetto.

DIFETTO	NEL SEGNALE	IN REPARTO
Squilibrio	1x stabile a velocità costante, forte variazione di fase alle critiche	Cresce con la velocità, ronzio uniforme sul supporto
Disallineamento d'albero	1x, 2x o armoniche superiori. A volte assiale come le radiali	Giunto caldo, inserti consumati, tenute che perdono
Lasco meccanico	1x e armoniche, a volte subarmoniche, valori erratici fra avviamenti	Ancoraggi lenti, spessori che ballano, rumore che cambia
Degrado cuscinetto volvente	Accelerazione a banda larga in alta frequenza al supporto, letture instabili e in crescita	Fischio o raspa metallica, supporto che scalda
Cavitazione su pompa	Rumore di fondo che sale fra 1 e 10 kHz, tipicamente sopra 2 kHz, senza righe nette	Rumore di ghiaia in girante, portata che balla, aspirazione al limite
Risonanza	Amplificazione vicino a una frequenza naturale, forti variazioni di fase sulla 1x	Esplode a una certa velocità, si calma sopra e sotto

Da dove viene questa tabella

Le righe qui sopra, cavitazione inclusa, sono pratica ingegneristica consolidata, non requisiti normativi. Una tabella ISO che le somiglia sta in un allegato informativo della ISO 13373-1:2002. Informativo vuol dire orientamento, non requisito. Anche la ISO 13373-3:2015 usa tabelle dei guasti nel percorso diagnostico, ma come buona pratica fra utilizzatori esperti, ammettendo altri approcci. Nessuna delle due è riprodotta qui: contenuti riformulati, testi integrali presso UNI.

03 Tre livelli che conviene non confondere

- **Lo dice la norma.** La severità a banda larga, con zone, soglie e confronto con la baseline: terreno della serie ISO 20816. E il percorso diagnostico strutturato, terreno di ISO 13373-3 e ISO 13379-1, che chiede ampiezza e fase di 1x e 2x, più punti di misura, dati di macchina e un livello di confidenza dichiarato.
- **È pratica ingegneristica.** Le associazioni firma-difetto nel dettaglio in cui circolano nei corsi, la scaletta delle mezze armoniche nel lasco, la cavitazione come innalzamento del rumore di fondo. La cavitazione non compare in nessuna tabella ISO: la ISO 13373-1 la nomina solo a proposito del campo di frequenza sulle pompe.
- **È un ragionamento tuo.** L'ipotesi che metti insieme conoscendo quella macchina, quel processo, quella storia di guasti. Legittimo, purché dichiarato per quello che è.

Quanto sia scivoloso il secondo livello. Nel 1999, a IMAC, alcuni ricercatori hanno provocato disallineamenti controllati su un banco a quattordici canali, variando giunto, entità e velocità. Nessuno spettro caratteristico garantito: l'armonica dominante cambiava da prova a prova, spesso la 1x, in molti casi 2x e 4x più grandi. Gli autori definiscono le regole insegnate nei corsi "doubtful at best". Quindi no: 2x dominante non significa disallineamento.

04 Il limite che cambia tutto: senza fase molte diagnosi non si separano

La fase e' la posizione angolare della vibrazione rispetto a un riferimento che gira con l'albero. Serve un secondo segnale: una tacca, un encoder, una sonda che lo veda. Senza, la fase non e' meno precisa: proprio non c'e'.

Le quattro diagnosi che collassano in una

La ISO 13373-3:2015 afferma, in forma riformulata, che la fase e' uno strumento diagnostico importante, richiede un segnale di riferimento e serve a distinguere disallineamento, risonanza, strisciamenti e squilibrio. Sono le quattro cause che una misura senza riferimento di fase non separa: producono tutte energia a 1x o ai suoi multipli. Il percorso diagnostico normativo chiede ampiezza e fase di 1x e 2x. Testo integrale presso UNI.

Aggiungi una trappola delle macchine elettriche. Sulla rete a 50 Hz la forza elettromagnetica genera una componente esatta a 100 Hz. Un motore a due poli a pieno carico gira fra 2.900 e 2.950 giri: la sua 2x meccanica cade fra 96,7 e 98,3 Hz, a pochi hertz dai 100 Hz elettrici. Senza riferimento di velocita' e senza risoluzione sufficiente le due si confondono. Quel 2x alto puo' non avere niente a che fare con il giunto.

Non e' un limite degli strumenti economici, e' un fatto codificato. La ISO 13379-1:2012 chiede di assegnare a ogni modo di guasto quattro punteggi, fra cui rilevabilita' e confidenza della diagnosi, che si combinano in un indice di priorita' di monitoraggio. I punteggi bassi marcano i modi di guasto con sintomi non ripetibili, sconosciuti o non distinguibili da quelli di altri modi.

05 I cuscinetti: cosa si calcola, cosa si vede e basta

Le frequenze caratteristiche di un cuscinetto, pista esterna, pista interna, corpo volvente, gabbia, sono pura cinematica: dipendono da numero e diametro dei corpi volventi, dal diametro primitivo e dall'angolo di contatto, e si scalano con i giri dell'albero. Senza geometria e senza velocita' non si calcolano. Chi dichiara un difetto di pista esterna senza quei due dati sta saltando un passaggio.

E anche calcolate non sono esatte. L'angolo di contatto cambia con il carico e i corpi volventi slittano: i valori reali si scostano di qualche punto percentuale e le armoniche alte si spalmano invece di restare righe nette. E' questo a distinguerle dalle armoniche meccaniche: non sono multipli interi della rotazione.

- Resta visibile anche senza sapere che cuscinetto e': livello e andamento nel tempo dell'energia in alta frequenza
- Gli indicatori di impulsivita' del segnale, come fattore di cresta e kurtosis
- Una periodicitita' non intera trovata alla cieca nello spettro di inviluppo, che potrai nominare solo dopo aver inserito i dati del cuscinetto

Una nota sulla parola inviluppo, usata con leggerezza. L'analisi classica demodula una banda di risonanza in alta frequenza. Quale banda dipende dal cuscinetto e dalla struttura che lo tiene: la letteratura la colloca in un intervallo ampio, le note applicative storiche indicano come tipica la regione intorno agli 8-10 kHz. Con una banda utile di pochi kilohertz fai inviluppo su risonanze piu' basse, di macchina e di supporto: tecnica diversa, sensibilita' diversa. Chiedi sempre su quale banda viene fatta.

06 Cosa serve per chiudere una diagnosi

Scala di severita' e diagnostica sono due mondi normativi diversi. La ISO 20816-3:2022 dichiara essa stessa che la valutazione riguarda la vibrazione a banda larga, senza riferimento alle componenti in frequenza ne' alla fase, e che fissare criteri sulle singole componenti e' fuori dal suo scopo; nel campo di applicazione esclude anche la valutazione di cuscinetti e ingranaggi. Una zona A, B, C o D non e' una diagnosi di cuscinetto. E non vale per qualunque macchina rotante: le pompe rotodinamiche hanno la ISO 10816-7, mentre compressori volumetrici rotativi, macchine alternative e macchine sommerse restano fuori dalla ISO 20816-3. Prima di nominare una zona bisogna sapere su che macchina si misura.

Cosa mettere in campo prima di dichiarare una causa

- 1 Piu' punti di misura, su ogni cuscinetto e non su un solo supporto
- 2 Le tre direzioni: radiale orizzontale, radiale verticale, assiale
- 3 Un riferimento di fase e un segnale di velocita' dell'albero
- 4 I dati macchina: geometria dei cuscinetti, rapporti di trasmissione, numero di pale o barre rotoriche
- 5 Le condizioni operative del momento: una misura in transitorio non e' confrontabile
- 6 Chi conosce quella macchina, e per la lettura fine una competenza certificata

Ecco il punto onesto, e non e' scoraggiante. Una misura continua non fa la diagnosi. Fa un'altra cosa, e la fa bene: si accorge che qualcosa e' cambiato, quando e quanto in fretta. Ti dice dove guardare e quando conviene andarci, invece di aprire tutto a calendario. La diagnosi viene dopo, con piu' punti, la fase, i giri e qualcuno che decide. E nessuna misura prevede la data di un guasto: chi te la promette sta vendendo, non misurando.

Vuoi capire da quali macchine partire?

Guardiamo insieme il tuo parco macchine e ti diciamo dove il monitoraggio si ripaga e dove no. Senza impegno, e con il metodo di queste pagine.



gravion.sintropy.ai

WhatsApp +39 392 423 1638

sintropy-team@sintropy.ai