

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

Manutenzione predittiva con inverter intelligenti

Evoluzione dei **sistemi di automazione industriale**

Nel passaggio all'attuale millennio, abbiamo assistito a un profondo cambiamento nella tecnologia, che ha portato a un modo completamente nuovo di lavorare in mondo digitale. Questa è la quarta rivoluzione industriale. La prima rivoluzione industriale, avvenuta nel corso del XVIII e XIX secolo, è stata una rivoluzione meccanica, innescata dall'invenzione della macchina a vapore. Alla fine del XIX e all'inizio del XX secolo, la seconda rivoluzione industriale si è sviluppata con l'adozione della produzione di massa, dell'elettrificazione e dei cambiamenti nelle comunicazioni. Questo periodo è detto anche Rivoluzione Elettrica. Più tardi, nel XX secolo, la terza rivoluzione industriale ha portato progressi nei semiconduttori, nell'informatica, nell'automazione e in Internet. Questa fase è nota anche come Rivoluzione Digitale.

La quarta rivoluzione industriale è nata dalla connessione in rete di computer, persone e dispositivi alimentati da dati e machine learning. Sebbene il termine "Industria 4.0" sia piuttosto vago, una possibile definizione di Industria 4.0 descrive il collegamento in rete intelligente di persone, dispositivi e sistemi utilizzando tutte le possibilità della digitalizzazione lungo l'intera catena.

Tendenze nei **sistemi di automazione per l'Industria 4.0**

L'impatto dell'Industria 4.0 sui sistemi motore è una migrazione dalla "piramide dell'automazione" ai "sistemi collegati in rete". Ciò significa che i vari elementi del sistema, come motori, convertitori di frequenza, sensori e controlli, sono interconnessi e collegati a un cloud, un centro dati in cui i dati vengono archiviati, elaborati, analizzati e vengono prese le decisioni.

Illustrazione: Piramide dell'automazione

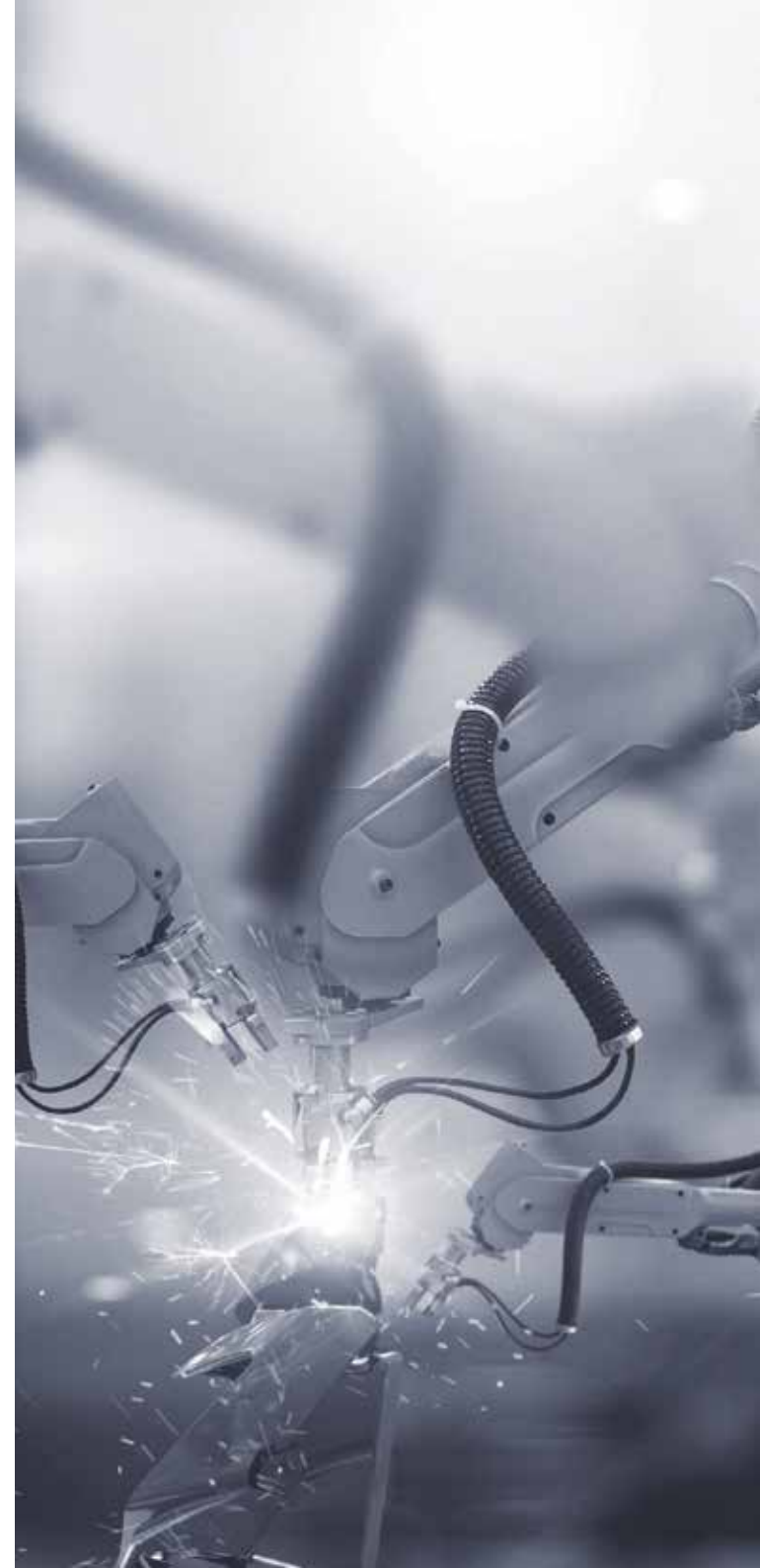
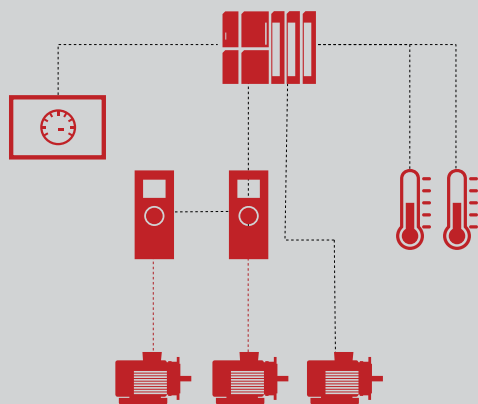
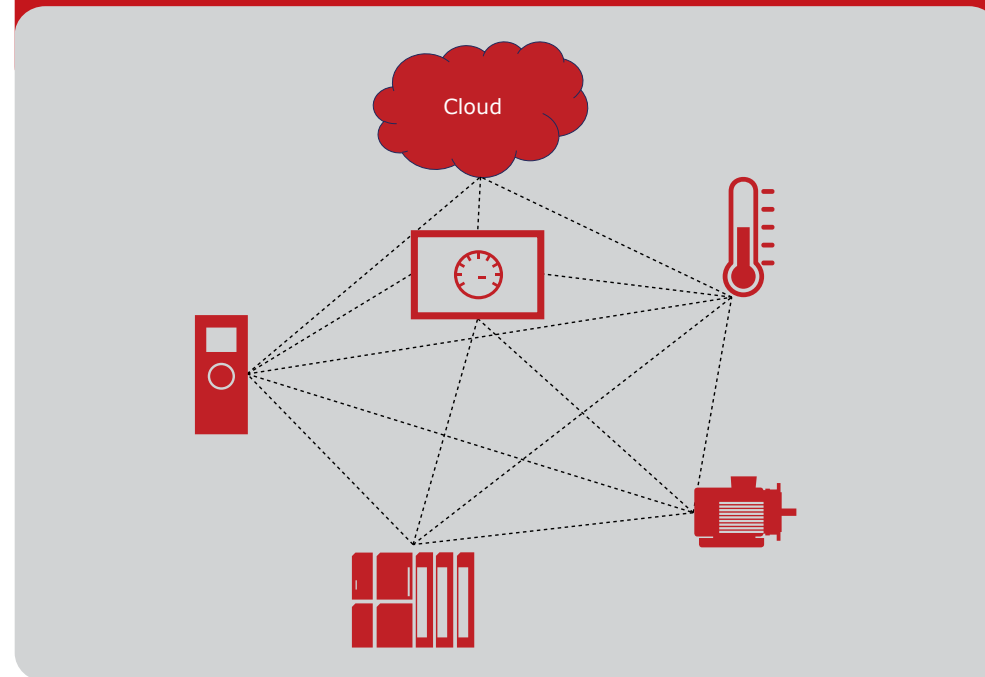




Illustrazione: Rete di automazione



In una rete di automazione, la quantità di dati è importante. Poiché i dati sono prodotti principalmente da sensori, il loro numero nei moderni sistemi di automazione è in aumento. I motori e le macchine azionate come ventilatori, pompe e trasportatori non sono i partecipanti più ovvi in una rete di dati. I sensori sono quindi necessari per raccogliere dati da queste macchine. I sensori sono connessi alla rete di dati utilizzando vari sistemi. Durante l'introduzione di un sistema avanzato di monitoraggio delle condizioni, il costo aggiuntivo dei sensori e della connettività è spesso considerato un ostacolo.

I moderni convertitori di frequenza a velocità variabile aprono nuove opportunità nella rete di automazione dell'Industria 4.0. Tradizionalmente, i convertitori di frequenza venivano considerati processori di potenza per il controllo della velocità del motore. Attualmente, anche i convertitori di frequenza fanno parte della catena di informazioni, sfruttando la potenza di elaborazione integrata, la capacità di memorizzazione e l'interfaccia di comunicazione all'interno dello stesso.

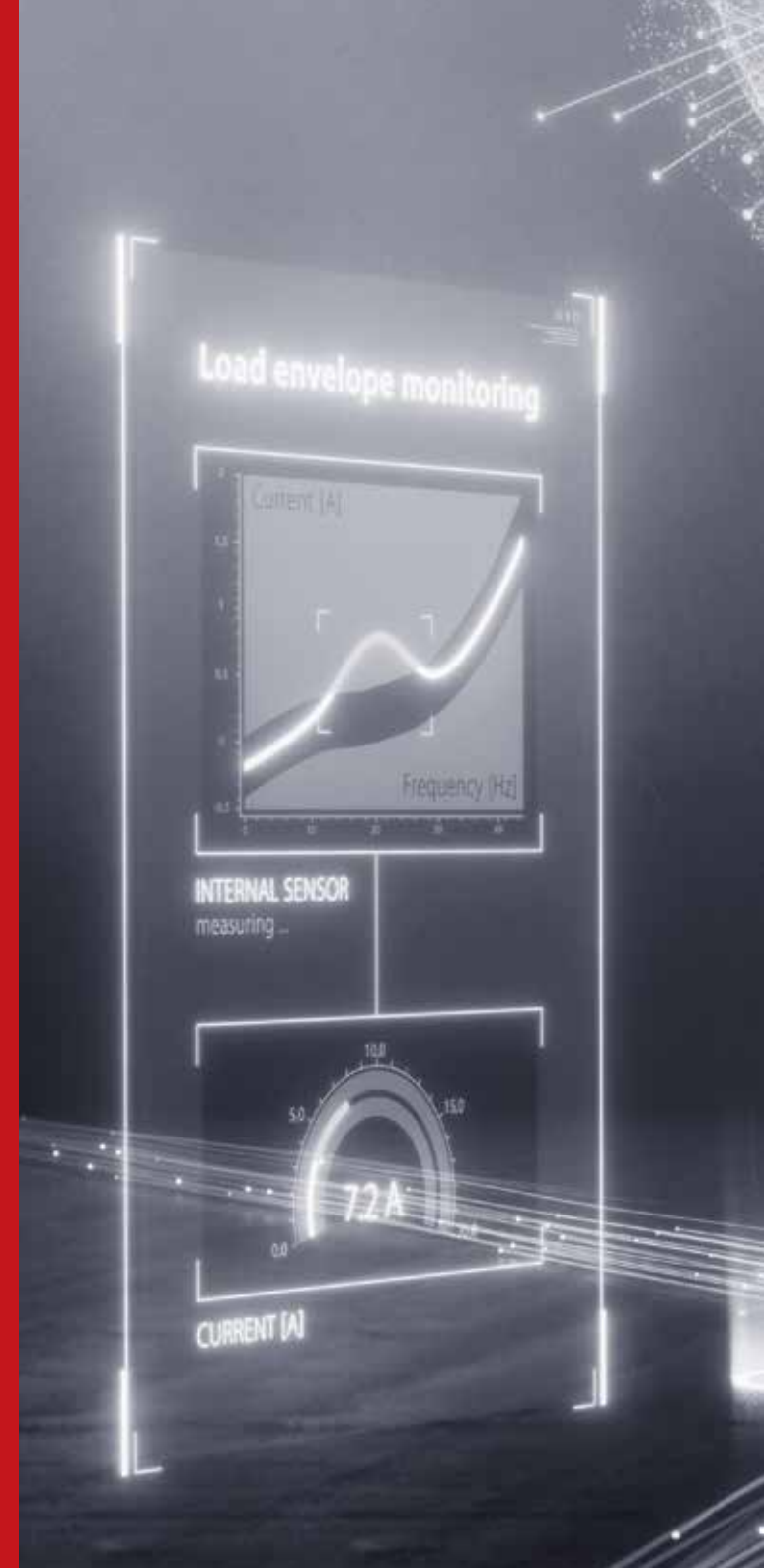
Cos'è un **convertitore di frequenza intelligente**?

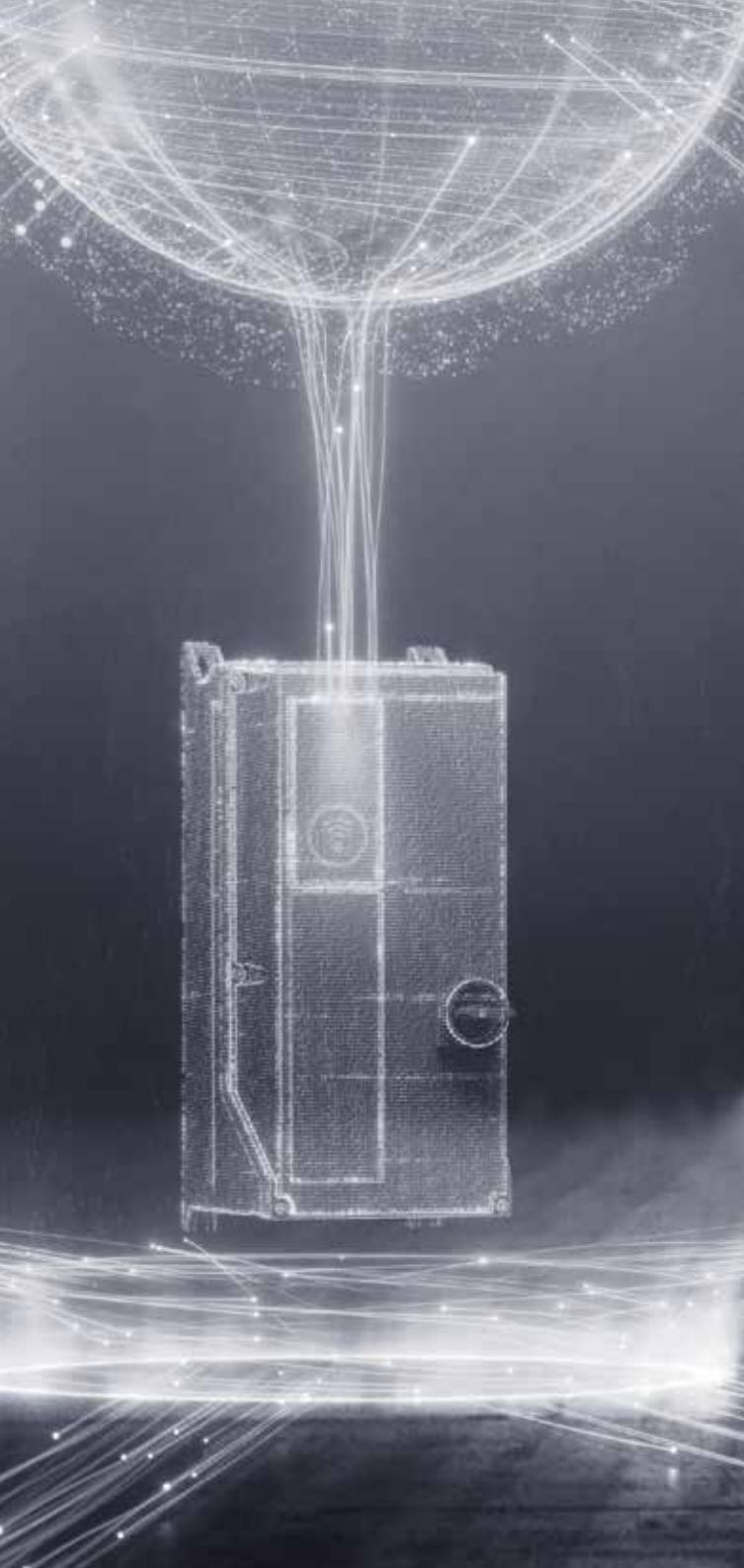
Nella rete dell'Industria 4.0, il convertitore di frequenza svolge un ruolo importante ed è caratterizzato da alcune funzioni caratteristiche:

- **Connettività sicura:** il convertitore di frequenza può collegarsi ad altri elementi in modo sicuro. Altri elementi della rete possono includere convertitori di frequenza, PLC, sensori e un cloud.
- **Il convertitore di frequenza funge da sensore:** il convertitore di frequenza utilizza l'analisi della corrente e della tensione del motore per rilevare le prestazioni del motore e dell'applicazione.
- **Il convertitore di frequenza funge da hub per i sensori:** il convertitore di frequenza acquisisce dati da sensori esterni relativi al processo controllato dal convertitore stesso.
- **Il convertitore di frequenza funge da controllore:** il convertitore di frequenza può sostituire il PLC quando le limitazioni dell'applicazione lo consentono.
- **Porta il tuo concetto di dispositivo:** connettività wireless con dispositivi intelligenti (smartphone, tablet).

Le informazioni provenienti dal convertitore di frequenza possono essere identificate come segue:

- **Segnali istantanei:** segnali che vengono misurati direttamente dal convertitore di frequenza utilizzando sensori integrati. Dati come la corrente motore, la tensione, la temperatura del convertitore di frequenza e la loro derivata, ovvero la potenza come moltiplicazione della corrente e della tensione, o la coppia motore. Inoltre, il convertitore di frequenza può essere utilizzato come hub per collegare sensori esterni che forniscono segnali istantanei.
- **Segnali elaborati:** segnali derivati dai segnali istantanei. Ad esempio, la distribuzione statistica (valori massimi, minimi, media e deviazione standard), l'analisi del dominio di frequenza o gli indicatori del profilo di missione.
- **Segnali analitici:** segnali che forniscono indicazioni sulle condizioni del convertitore di frequenza, del motore e dell'applicazione. I segnali vengono utilizzati per attivare la manutenzione o per migliorare la progettazione del sistema.





Le tecniche di analisi della corrente motore permettono al convertitore di frequenza di monitorare le condizioni del motore e dell'applicazione. La tecnica consente potenzialmente di eliminare i sensori fisici o di estrarre le prime segnalazioni di guasto che non sarebbe stato possibile rilevare. Ad esempio, l'utilizzo di questa tecnica consente di rilevare in anticipo i guasti agli avvolgimenti o l'eccentricità del carico meccanico.

Il concetto di convertitore di frequenza come hub di sensori prevede il collegamento di sensori esterni al convertitore, evitando così la necessità di un gateway per collegare il sensore fisico alla rete di dati. I sensori di vibrazione, di pressione e di temperatura sono esempi di sensori che possono essere collegati al convertitore di frequenza. Il vantaggio di questo concetto non è solo legato al costo, ma anche alla possibilità di correlare i dati del sensore con diversi tipi di dati presenti nel convertitore di frequenza. Un esempio ovvio è la correlazione tra il livello di vibrazione di un sensore esterno e la velocità del motore, poiché la vibrazione dipende dalla velocità.

Manutenzione predittiva

Di seguito sono elencati diversi tipi di strategie di manutenzione:

- **Manutenzione correttiva:** dopo un guasto il prodotto viene sostituito.
- **Manutenzione preventiva:** il prodotto viene sostituito prima che si verifichi un guasto, anche se il prodotto non riceve alcuna comunicazione.
- **Manutenzione predittiva:** il prodotto emette un avviso quando la sua durata effettiva varia rispetto alla durata prevista e vengono indicate le possibili cause principali.
- **Manutenzione preventiva:** il prodotto fornisce un avviso prima che raggiunga le ore di funzionamento previste per avviare l'intervento di manutenzione.

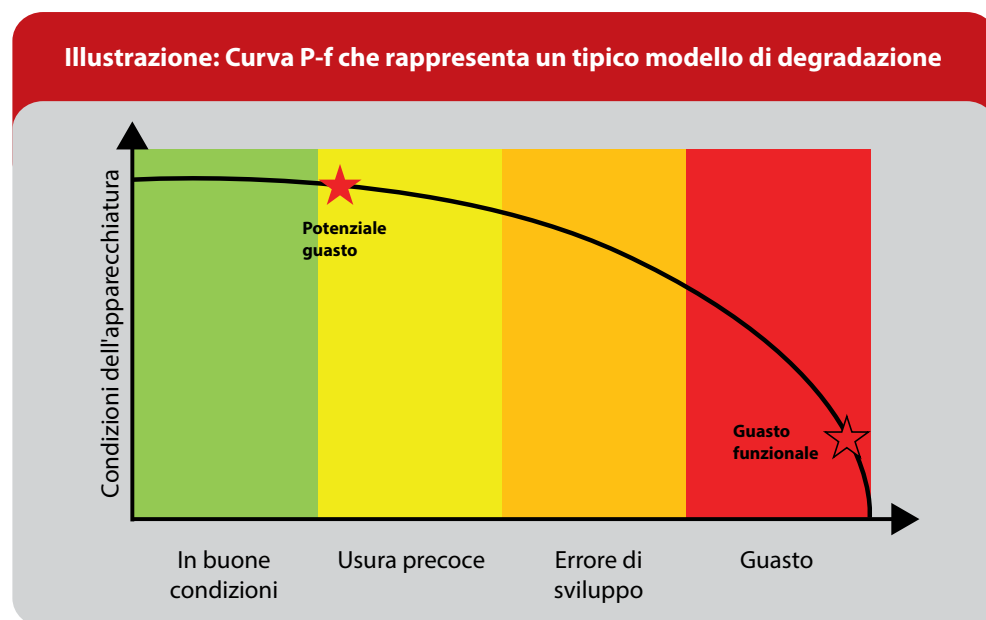
Perché è necessaria **la manutenzione predittiva?**

La manutenzione correttiva e quella preventiva sono basate sui guasti (eventi) o sul tempo. Pertanto, la manutenzione viene effettuata in caso di guasti (correttiva) o dopo ore di funzionamento prestabilite (preventiva). Questi tipi di manutenzione non utilizzano feedback provenienti dall'applicazione corrente.

Con l'introduzione dell'Industria 4.0 e la disponibilità dei dati dei sensori, la manutenzione predittiva e preventiva è ora possibile. Tali strategie di manutenzione utilizzano i dati reali dei sensori per determinare le condizioni dell'apparecchiatura in servizio (manutenzione predittiva) o per prevedere i guasti futuri (manutenzione preventiva).

Manutenzione predittiva **Panoramica e vantaggi**

La manutenzione predittiva è la tecnica di manutenzione più semplice e intuitiva basata sui dati dell'applicazione reale. I dati acquisiti vengono utilizzati per monitorare lo stato dell'attrezzatura in servizio. A tale scopo, i parametri chiave vengono selezionati come indicatori per identificare i guasti in fase di sviluppo. Le condizioni di un'attrezzatura generalmente si deteriorano nel tempo. Ciò è illustrato dalla curva P-f che mostra un tipico modello di degradazione. Un guasto funzionale si verifica quando l'apparecchiatura non esegue la funzione prevista. La manutenzione predittiva ha lo scopo di individuare i potenziali guasti prima che si verifichino.



In questo caso, la pianificazione degli interventi di manutenzione offre numerosi vantaggi, tra cui:

- **Riduzione dei tempi di fermo**
- **Eliminazione di interruzioni impreviste della produzione**
- **Ottimizzazione della manutenzione**
- **Riduzione delle scorte di ricambi**





Funzioni di monitoraggio delle condizioni per convertitori di frequenza a velocità variabile

Una parte integrante della manutenzione predittiva prevede il monitoraggio delle condizioni dell'attrezzatura. Nelle applicazioni a velocità variabile, le condizioni dell'applicazione spesso dipendono dalla velocità. Ad esempio, i livelli di vibrazione tendono ad aumentare a velocità più elevate, sebbene questa relazione non sia lineare. Infatti, a determinate velocità possono verificarsi risonanze che scompaiono quando la velocità viene aumentata.

L'utilizzo di un sistema autonomo per monitorare le condizioni di un'applicazione a velocità variabile è complicato dalla necessità di conoscere la velocità e la correlazione tra il valore monitorato e la velocità. L'utilizzo dei convertitori di frequenza per il monitoraggio delle condizioni ("convertitore di frequenza come sensore" o "convertitore di frequenza come hub del sensore") è una soluzione vantaggiosa, in quanto le informazioni sulla velocità dell'applicazione sono già presenti nel convertitore di frequenza. Inoltre, le informazioni sulla coppia e sull'accelerazione del carico/motore sono prontamente disponibili nel convertitore di frequenza.

Il monitoraggio delle condizioni segue **una procedura in tre fasi:**

1. Stabilire un riferimento
2. Definire le soglie
3. Eseguire il monitoraggio

Stabilire **un riferimento**

Per un sistema di monitoraggio delle condizioni efficiente, il primo passo importante consiste nel determinare e definire le normali condizioni di funzionamento.

Stabilire un riferimento significa stabilire la condizione operativa normale per l'applicazione, denominata linea di base. Esistono diversi modi per determinare i valori di riferimento.

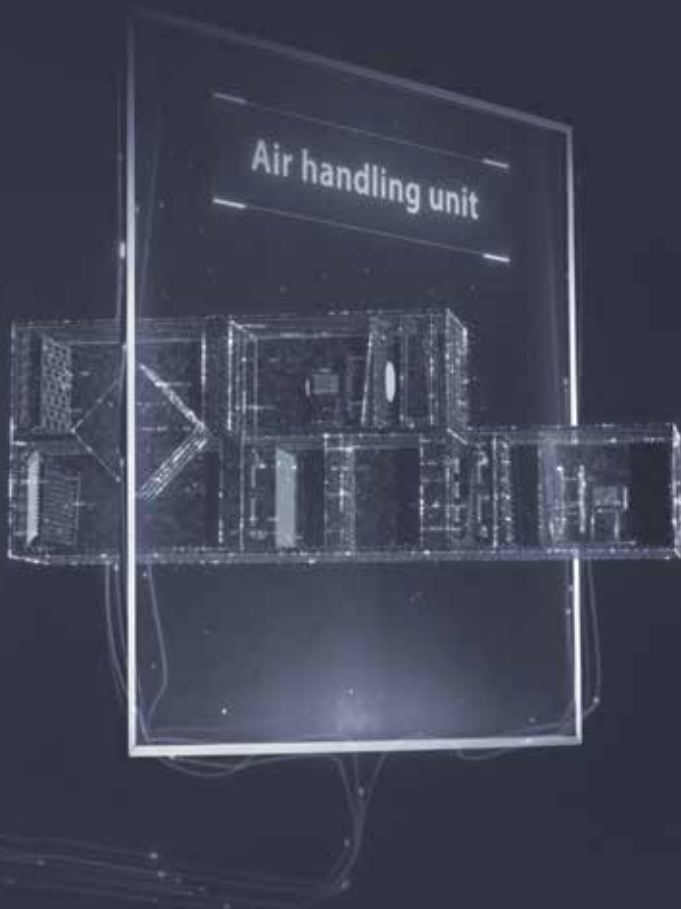
Riferimento manuale: quando i valori di riferimento vengono definiti utilizzando l'esperienza precedente, i valori noti vengono programmati nel convertitore di frequenza.

Funzionamento di base: il riferimento può essere determinato durante la messa in funzione. Con questo metodo, viene eseguita una scansione della velocità attraverso l'intervallo di velocità interessato, determinando la condizione in ciascun punto di velocità. Tuttavia, in alcuni scenari durante la messa in funzione, è possibile che l'applicazione non funzioni a pieno regime o che sia necessario un periodo di rodaggio. In queste situazioni, il funzionamento di base deve essere eseguito dopo il periodo di rodaggio per acquisire uno stato operativo che sia il più vicino possibile al funzionamento normale.

Riferimento online: si tratta di un metodo avanzato che acquisisce i dati di riferimento durante il funzionamento normale. Ciò è utile quando non è possibile eseguire un funzionamento di base, perché l'applicazione non consente l'esplorazione dell'intero intervallo di velocità.

Dopo aver stabilito il riferimento, il passo successivo è quello di generare soglie per avvisi e allarmi. I limiti indicano la condizione dell'applicazione durante la quale l'utente deve essere informato. Esistono vari modi per indicare la condizione dell'apparecchiatura e uno dei più diffusi nel settore è uno stato a semaforo con quattro colori, come descritto nella **specificata VDMA 24582 Riferimento neutro del bus di campo per il monitoraggio delle condizioni nell'automazione industriale.**





I colori indicano quanto segue:

- **Verde:** indica che l'attrezzatura è in buone condizioni e funziona in modo efficiente.
- **Giallo:** indica il livello di Avviso 1 e il superamento del primo livello. Un intervento di manutenzione può essere pianificato dal personale addetto alla manutenzione.
- **Arancione:** indica l'Avviso 2 o il livello critico e il superamento del secondo livello. Gli interventi di manutenzione devono essere effettuati immediatamente dal personale addetto alla manutenzione.
- **Rosso:** indica un allarme e indica che il macchinario si arresterà ed è necessaria una manutenzione correttiva.

Definizione delle soglie per **avvisi e allarmi**

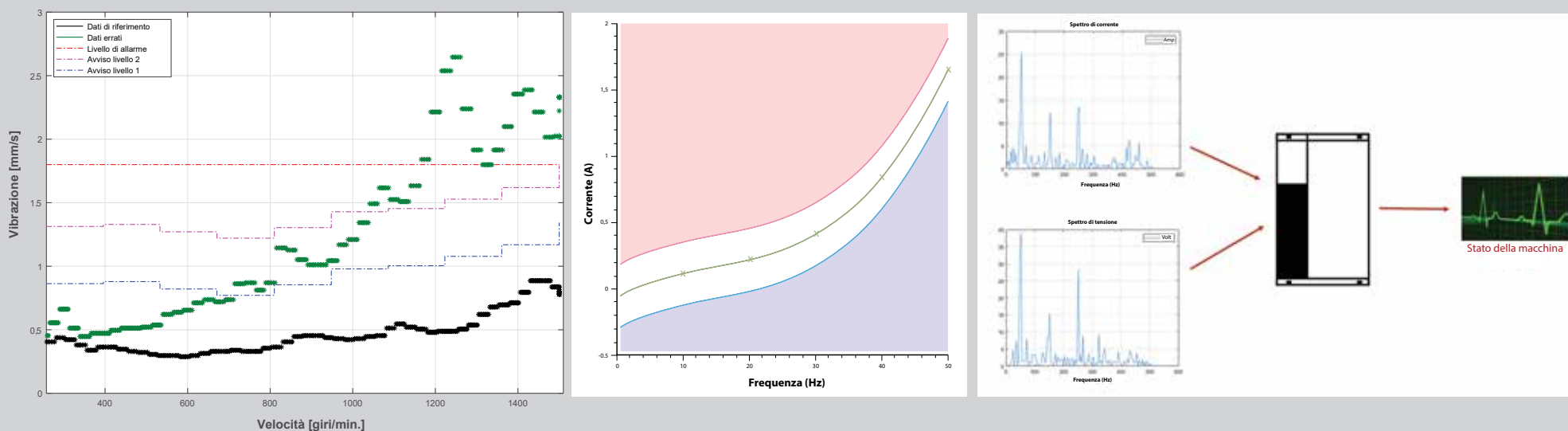
Per definire i valori soglia vengono utilizzati i seguenti metodi:

- **Assoluto:** questo è il metodo comune quando i valori dell'apparecchiatura sono già noti. La soglia ha un valore fisso indipendentemente dal valore di riferimento misurato. Ad esempio, quando l'operatore conosce il limite assoluto per l'attrezzatura, viene impostato un valore assoluto per la soglia di allarme. In caso di monitoraggio delle vibrazioni, per la soglia di allarme possono essere utilizzati i valori limite indicati in norme quali ISO 10816/20816 come valore assoluto.
- **Offset:** il metodo di impostazione dei valori soglia richiede la comprensione dell'applicazione e dei valori di riferimento. La soglia dipende dal valore di riferimento rispetto al quale viene scelto un offset definito dall'utente. Il rischio in questo caso è quello di impostare un valore molto basso o alto che porta a falsi positivi. Impostazioni errate possono causare un monitoraggio non reattivo, anche in caso di guasti.
- **Fattore:** questo metodo è più semplice da usare rispetto alla compensazione, perché richiede una minore comprensione dell'applicazione. La soglia dipende dal valore di riferimento che viene moltiplicato per un fattore. Ad esempio, il valore di soglia può essere il 150% del riferimento. Il rischio in questo caso è quello di stabilire una soglia molto alta.

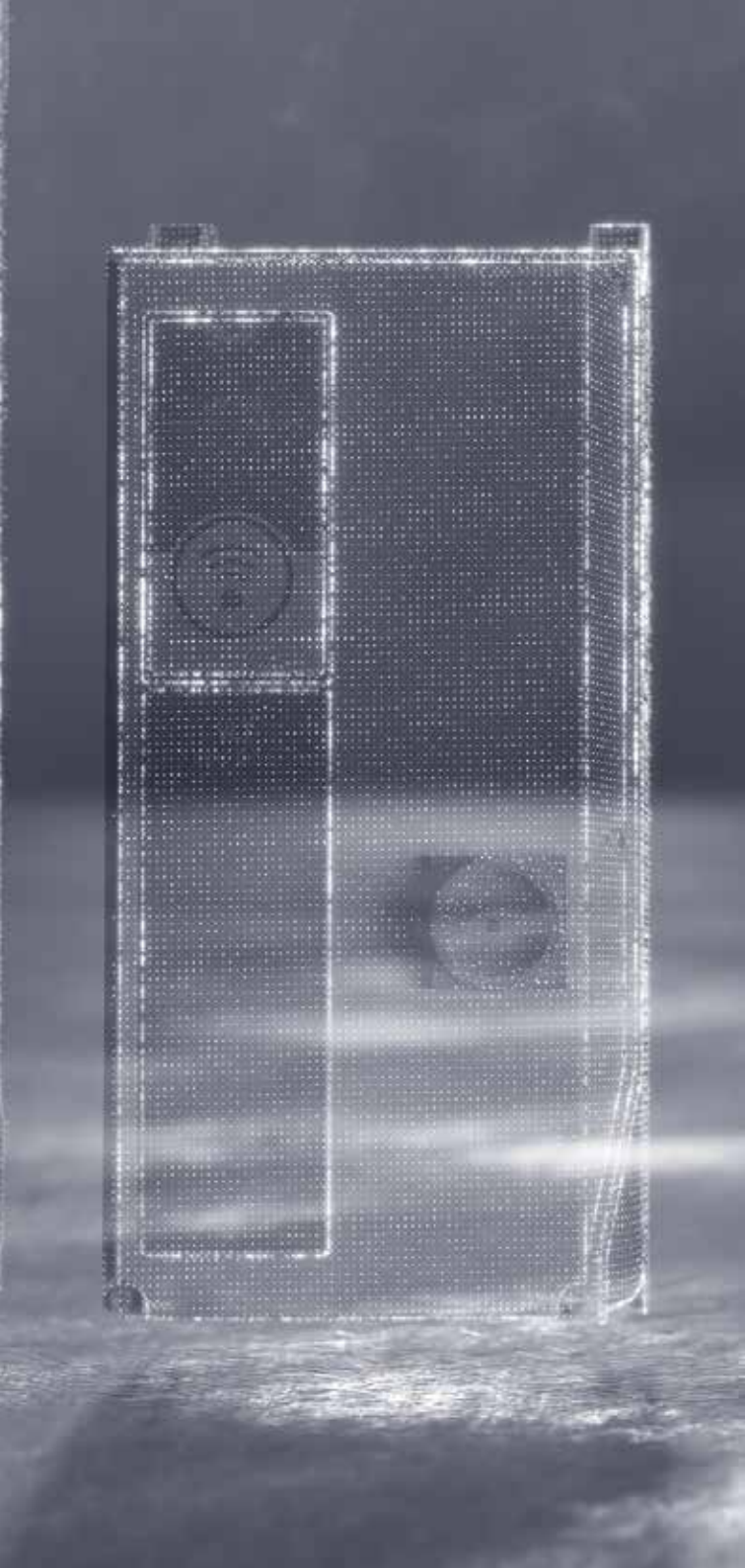
Monitoraggio

Il monitoraggio viene eseguito con un confronto continuo con le soglie. Durante il funzionamento normale, i valori effettivi vengono confrontati con il valore soglia. Quando i parametri monitorati superano un limite per un tempo predefinito, viene attivato un avviso o un allarme. Il timer è configurato per agire come filtro, in modo che i transitori brevi non attivino avvisi e allarmi.

Illustrazione: Procedure di manutenzione preventiva



I valori effettivamente monitorati possono essere letti dal convertitore di frequenza tramite LCP, comunicazione bus di campo o IoT. Inoltre, le uscite digitali possono essere configurate per reagire a specifici avvisi e allarmi. Alcuni convertitori di frequenza dispongono di un server web integrato che può essere utilizzato anche per leggere lo stato della condizione.



Conclusione

Oggi i convertitori di frequenza sono molto più di semplici processori di potenza. Grazie alla capacità di agire come sensori e hub di sensori, elaborare, memorizzare e analizzare i dati, insieme alle capacità di connettività, sono diventati elementi vitali nei moderni sistemi di automazione .

I convertitori di frequenza sono spesso già presenti nelle installazioni automatizzate e rappresentano quindi un'ottima occasione per passare all'Industria 4.0.

Ciò consente nuovi modi di eseguire la manutenzione, come la manutenzione predittiva. Le funzioni sono già disponibili in alcuni convertitori di frequenza e i primi utilizzatori hanno già iniziato a utilizzare il convertitore di frequenza come sensore.

Per saperne di più, visita il sito **danfoss.it**

Qualsiasi informazione, incluse, in via meramente esemplificativa, le informazioni sulla selezione del prodotto, la sua applicazione o uso, il design, il peso, le dimensioni, la capacità o qualsiasi altro dato tecnico contenuto nei manuali dei prodotti, nelle descrizioni dei cataloghi, pubblicità, ecc. e resa disponibile sia in forma scritta, orale, elettronica, online o tramite download, sarà considerata puramente informativa, esarà considerata vincolante solamente se e nella misura in cui ne sia fatto esplicito riferimento in un preventivo o in una conferma d'ordine. Danfoss non si assume alcuna responsabilità per eventuali errori nei cataloghi, brochure, video e altro materiale. Danfoss si riserva il diritto di modificare i propri prodotti senza alcun preavviso. Ciò vale anche per i prodotti già in ordine ma non consegnati, sempre che tali modifiche si possano apportare senza modificare la forma, la misura o la funzionalità del prodotto. Tutti i marchi di fabbrica citati sono di proprietà di Danfoss A/S o delle società del gruppo Danfoss. Il nome e il logo Danfoss sono marchi depositati di Danfoss A/S. Tutti i diritti riservati.