

# Manutenzione industriale con l'uso della termografia. Guida alle applicazioni.



## Indice

1. Rilevamento di collegamenti elettrici allentati o corrosi
2. Rilevamento di squilibrio elettrico e sovraccarichi
3. Ispezione di cuscinetti
4. Ispezione di motori elettrici
5. Ispezione di sistemi a vapore



1.

# Rilevamento di collegamenti elettrici allentati o corrosi

Le immagini termografiche effettuate sui sistemi elettrici sono in grado di mostrare le condizioni operative delle apparecchiature installate. Infatti, sin dall'introduzione della termografia,

ovvero da oltre quaranta anni, la principale applicazione termografica non militare è stata l'ispezione degli impianti elettrici.



Il motivo per cui la termografia è così adatta al monitoraggio degli impianti elettrici è che i componenti elettrici cominciano a deteriorarsi subito dopo l'installazione. Qualunque sia il carico di un circuito, fattori come vibrazioni, usura ed età provocano l'allentamento dei contatti elettrici, mentre le condizioni ambientali possono accelerarne la corrosione. In breve, tutti i collegamenti elettrici, nel tempo, vanno incontro a problemi. Se non vengono individuati e riparati, tali collegamenti difettosi sono causa di guasti. Fortunatamente, un contatto allentato o corrosivo aumenta la resistenza nel punto di collegamento e poiché un aumento della resistenza elettrica provoca un aumento di calore, tramite un'immagine termica è possibile rilevare un problema durante il suo sviluppo, prima che si trasformi in un guasto a tutti gli effetti. L'individuazione e la correzione dei collegamenti difettosi prima che si verifichi un guasto, previene lo sviluppo di incendi ed eventuali interruzioni potenzialmente gravi per le attività produttive, commerciali e istituzionali. Queste azioni predittive sono importanti perché il guasto di un impianto fondamentale comporta inevitabilmente un aumento dei costi, un aggravio di manodopera e materiali nonché una riduzione della produttività, mettendo a rischio la redditività aziendale, la sicurezza di dipendenti, utenti e clienti.

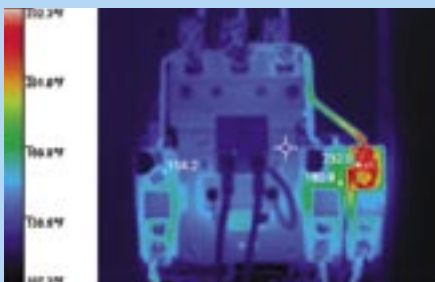
Le argomentazioni riportate di seguito sono incentrate sull'uso della termografia per l'individuazione di problemi relativi a collegamenti allentati, eccessivamente tesi o corrosi negli impianti elettrici, tramite il confronto delle temperature dei collegamenti stessi all'interno dei quadri.

## Cosa controllare

Controllare le coperture e mettere in esercizio l'impianto con almeno il 40% del carico massimo. Misurare il carico in modo da valutare adeguatamente le misure rispetto alle normali condizioni di funzionamento. Attenzione: le coperture dei quadri elettrici devono essere rimosse soltanto da personale qualificato autorizzato utilizzando le adeguate protezioni personali. Memorizzare immagini termiche di tutti i collegamenti con temperature superiori a quelle di altri collegamenti simili sottoposti a carichi simili.

## Cosa cercare

In generale, individuare i collegamenti più caldi degli altri. Essi presentano un'alta resistenza probabilmente dovuta all'allentamento, all'eccessiva tensione o alla corrosione. Generalmente (ma non sempre), le zone calde correlate ai collegamenti risultano più calde nel punto di alta resistenza e si raffreddano man mano che ci si allontana. Come osservato, in caso di ulteriore allentamento o corrosione, i collegamenti



Le letture relative ai collegamenti sulla pompa evaporatore sono superiori di 50° nella fase C.

surriscaldati possono provocare un guasto e quindi devono essere sistemati.

La soluzione migliore è creare un percorso di ispezione regolare che includa tutti i quadri elettrici chiave e qualsiasi altro collegamento ad alto carico, come dispositivi di azionamento o di disconnessione, comandi, ecc. Salvare un'immagine termica di ciascun collegamento sul computer e tenere traccia delle misure nel tempo, utilizzando il software in dotazione con la termocamera. In questo modo, si ottengono immagini di riferimento che consentiranno di determinare più facilmente eventuali anomalie di una zona calda e di verificare se gli interventi di riparazione sono stati efficaci.

### Cosa indica un "allarme rosso"

Le apparecchiature in condizioni tali da costituire un rischio per la sicurezza dovrebbero essere riparate con priorità assoluta. Le linee guida fornite dall'International Electrical Testing Association (NETA) suggeriscono che quando la differenza di temperatura ( $\Delta T$ ) tra componenti simili sottoposti a carico simile

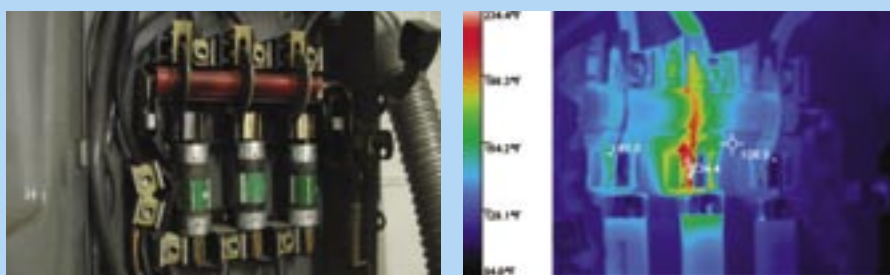
supera i 15°C, è necessario effettuare immediatamente un intervento di riparazione. L'associazione NETA raccomanda di procedere allo stesso modo anche quando il valore  $\Delta T$  tra un componente e la temperatura ambiente supera i 40°C.

### Potenziale costo del guasto

Lasciato irrisolto, il surriscaldamento di un collegamento elettrico allentato o corrosivo potrebbe causare l'interruzione di un semplice fusibile e comportare il fermo dell'intero processo produttivo. Quindi, occorrerebbe almeno mezz'ora per interrompere l'alimentazione, trovare un fusibile di ricambio in magazzino e sostituire il fusibile guasto. Il costo relativo alla perdita di produzione varierebbe in base al tipo di industria e di lavorazione; tuttavia per alcuni settori, mezz'ora di perdita produttiva può comportare costi molto elevati. Ad esempio, nel settore delle acciaierie, la perdita produttiva risultante da inattività è stata valutata di circa €1.000 al minuto.

### Follow-up

I collegamenti surriscaldati devono essere smontati, puliti, riparati e rimontati. Se l'anomalia persiste, è possibile che il problema non siano i collegamenti, ma potrebbe essere stato effettuato un intervento di riparazione errato. Utilizzare un multimetro, un multimetro a pinza o un analizzatore di rete per individuare altre possibili cause del surriscaldamento, come una condizione di sovraccarico o di squilibrio. Ogniqualvolta viene individuato un problema tramite una termocamera, utilizzare il software correlato per documentare i risultati in un report, includendo un'immagine termica e un'immagine digitale dell'apparecchiatura. Questo è il modo migliore per evidenziare i problemi riscontrati e gli interventi di riparazione consigliati.



Le letture della temperatura indicano che i collegamenti sulle fasi A e B su questo dispositivo di interruzione dell'illuminazione principale sono caldi, evidenziano un problema di bilanciamento del carico.

### Suggerimento per l'acquisizione delle immagini

L'hardware utilizzato per i collegamenti e i contatti elettrici è spesso lucido e riflette l'energia a raggi infrarossi emessa da altri oggetti nelle vicinanze; ciò può interferire con la misura della temperatura e l'acquisizione delle immagini. Anche un'apparecchiatura molto sporca può compromettere la precisione delle immagini. Per ovviare a questi inconvenienti, attendere che l'apparecchiatura non sia sotto tensione e applicare uno strato di colore scuro non riflettente sulle aree della misurazione. Fare attenzione a non utilizzare materiali combustibili come carta carbone o nastro in plastica.

## Rilevamento di squilibrio elettrico e sovraccarichi

Le immagini termiche evidenziano facilmente le differenze di temperatura nei circuiti elettrici trifase industriali, rispetto alle normali condizioni di funzionamento. Attraverso l'analisi dei gradienti termici delle tre fasi, i tecnici possono rapidamente individuare le anomalie

prestazionali su singole diramazioni, dovute a squilibrio o sovraccarico.

Lo squilibrio elettrico può essere dovuto a diversi tipi di cause: erogazione dell'alimentazione difettosa, bassa tensione su una diramazione o resistenza di isolamento anomala all'interno degli avvolgimenti del motore. Anche un piccolo squilibrio di tensione può provocare il deterioramento dei collegamenti, riducendo la quantità di tensione fornita. I motori e gli altri carichi utilizzeranno così un'eccessiva quantità di corrente, produrranno una coppia inferiore (con sollecitazione meccanica associata) e tenderanno a guastarsi più velocemente. Uno squilibrio di grave entità può provocare l'interruzione di un fusibile, riducendo il funzionamento a una sola fase. Nel frattempo, la corrente non equilibrata tornerà sul neutro e di conseguenza lo stabilimento verrà penalizzato dall'ente erogatore per eccessivo consumo di elettricità. In pratica, è di fatto riconosciuto che è

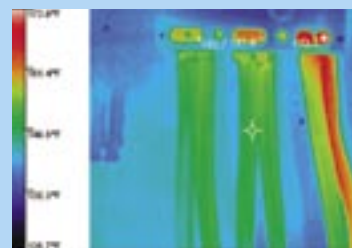
impossibile equilibrare perfettamente le tensioni nelle tre fasi. Per aiutare gli operatori delle apparecchiature a determinare livelli accettabili di squilibrio, l'ente NEMA (National Electrical Manufacturers Association) ha redatto delle specifiche per diversi dispositivi. Questi riferimenti di base sono utili termini di paragone durante le operazioni di manutenzione e diagnosi.

### Cosa controllare

Acquisire inizialmente immagini termiche di tutti i quadri elettrici e degli altri punti di collegamento ad alto carico, come dispositivi di azionamento o di blocco comandi, ecc. Qualora vengano riscontrate temperature più elevate, seguire quel circuito ed esaminare le derivazioni e i carichi associati. Controllare i quadri e gli altri collegamenti dopo aver rimosso le coperture. Sarebbe opportuno controllare i dispositivi elettrici quando si trovano in condizioni di completo riscaldamento e stabilità di regime, con almeno il 40% del carico tipico. In questo modo, le misure possono essere adeguatamente valutate e confrontate con le normali condizioni di funzionamento.

### Cosa cercare

Carichi uguali dovrebbero corrispondere a temperature uguali. In una situazione di carico non equilibrato, le fasi con carico maggiore risultano più calde delle altre a causa del calore generato dalla resistenza. Tuttavia, un carico non equilibrato, un sovraccarico,

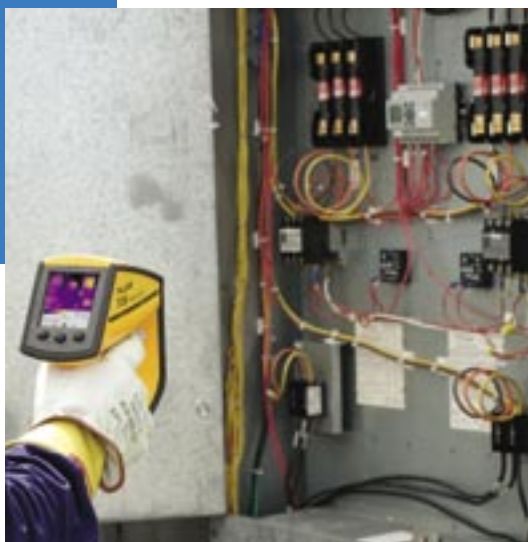


Le letture relative ai collegamenti sulla pompa evaporatore sono superiori di 50° nella fase 3.

### Attenzione:

Le coperture dei quadri elettrici devono essere rimossi soltanto da personale qualificato autorizzato utilizzando le adeguate procedure di protezione personale.

un collegamento difettoso o uno squilibrio di armoniche possono generare un quadro simile. Per la diagnosi del problema si richiede la misura del carico elettrico. **Nota:** un circuito o una derivazione più fredda del normale possono essere indice di un componente guasto. Una procedura valida è quella di creare un percorso di



ispezione regolare che includa tutti i collegamenti elettrici chiave. Utilizzando il software in dotazione con la termocamera, salvare ciascuna immagine acquisita su un computer e tenere traccia delle misure nel tempo. In questo modo, si ottengono le immagini di riferimento da confrontare con immagini successive. Questa procedura consente di determinare l'eventuale anomalia di una zona calda o fredda. Dopo aver eseguito le operazioni correttive, l'acquisizione di nuove immagini consente di determinare se gli interventi di riparazione sono stati efficaci.

### Cosa indica un "allarme rosso"

La priorità degli interventi di riparazione dovrebbe essere innanzitutto stabilita in base alla sicurezza (ossia intervenendo in primo luogo sulle apparecchiature che costituiscono un rischio per la sicurezza), seguita dalla criticità delle apparecchiature e dal gradiente termico rilevato. Le linee guida dell'ente NETA (InterNational Electrical Testing Association) consigliano di intervenire immediatamente quando la differenza di temperatura ( $\Delta T$ ) tra componenti simili sottoposti a carichi simili supera i 15°C oppure quando il valore  $\Delta T$  tra la temperatura di un componente elettrico e quella ambientale supera i 40°C. Gli standard NEMA (NEMA MG1-12.45) avvertono di non utilizzare motori con squilibri di tensione superiori all'uno per cento. Infatti, l'ente NEMA consiglia di effettuare il derating dei motori

se utilizzati a livelli di squilibrio superiori. Per altri tipi di apparecchiature le percentuali di squilibrio possono essere diverse.

### Potenziale costo del guasto

Il guasto di un motore è una conseguenza tipica di uno squilibrio di tensione. Il costo totale include il costo del motore, la manodopera richiesta per la sostituzione, il costo del prodotto eliminato a causa della produzione irregolare, il funzionamento della linea e la perdita dei profitti durante il periodo di inattività della linea. Per la sostituzione di un motore da 50 hp, si prevede un costo annuale di € 5000, manodopera inclusa, nonché 4 ore di inattività annuali con una perdita economica di € 6000 all'ora.

**Costo totale: € 5000 + (4 x € 6000) = € 29.000 all'anno**

### Follow-up

Quando un'immagine termica indica che un intero conduttore risulta più caldo degli altri componenti appartenenti a un settore di un circuito, è possibile che il conduttore sia più piccolo del normale o sovraccarico. Per stabilire qual'è l'ipotesi corretta, controllare la potenza nominale e il carico attuale del conduttore. Utilizzare un multimetro, un multimetro a pinza o un analizzatore di rete per controllare l'equilibrio e il carico della corrente su ciascuna fase. Per quanto riguarda la tensione, verificare che non avvengano variazioni di tensione a livello della protezione e del gruppo di comando. In generale, la tensione

della linea non deve essere superiore al 10% del valore nominale riportato sulla targa. La tensione tra il neutro e la terra indica quanto è carico il sistema e consente di rilevare la corrente armonica. In caso di tensione neutro-terra superiore al 3% è necessario effettuare ulteriori indagini.

I carichi sono soggetti a variazioni e una fase può improvvisamente essere inferiore del 5% su una diramazione nel caso in cui un carico monofase molto elevato diventi operativo. I cali di tensione dovuti a fusibili e interruttori possono anche presentarsi come uno squilibrio a livello del motore ed un eccesso di calore nella zona di origine del problema. Prima di supporre di aver individuato la causa, effettuare un controllo incrociato tra le misure rilevate tramite la termocamera e quelle date da un multimetro o da un multimetro a pinza.

Né l'alimentatore né i circuiti derivati devono essere caricati al limite massimo consentito.

Le equazioni di carico del circuito devono tener conto delle armoniche. La soluzione più comune al sovraccarico consiste nel redistribuire i carichi tra i circuiti oppure nel gestire il sovraccarico quando i carichi si presentano nel corso del processo.

Grazie al software in dotazione, è possibile documentare ogni problema sospetto individuato con una termocamera in un report, includendo un'immagine termica e un'immagine digitale dell'apparecchiatura. Questo è il modo migliore di evidenziare i problemi e di suggerire gli interventi di riparazione.

### Suggerimento per l'acquisizione delle immagini

L'uso principale della termografia è quello di individuare le anomalie elettriche e meccaniche. È possibile che la temperatura di un dispositivo (anche relativa) non sia sempre l'indicatore migliore di quanto sia prossimo il verificarsi di un guasto. È necessario considerare anche molti altri fattori, tra cui le variazioni della temperatura ambiente, i carichi meccanici o elettrici, le indicazioni visive, la criticità dei componenti, gli storici di componenti simili, le indicazioni ottenute da altri test, ecc. L'insieme di questi fattori dimostra che la termografia può essere impiegata efficacemente nell'ambito di un programma di monitoraggio dello stato complessivo di un'apparecchiatura e di manutenzione predittiva.

## 3. Ispezione dei cuscinetti

In caso di guasto dei cuscinetti di un motore, il motore si riscalda e si avvia un processo di deterioramento della lubrificazione. Gli avvolgimenti si surriscaldano e il sensore

della temperatura interviene ed arresta il motore. Nel peggiore dei casi, l'albero si blocca, il rotore si arresta e il motore si guasta definitivamente.

Molti programmi di manutenzione predittiva (PdM) impiegano la termografia per il monitoraggio delle temperature di un'apparecchiatura e prevedono come rilevare ed evitare guasti dell'apparecchiatura stessa utilizzando i valori di temperatura misurati. Attraverso l'impiego delle termocamere a infrarossi per l'acquisizione di mappe bidimensionali delle temperature dei cuscinetti e della sede del motore, i tecnici sono in grado di confrontare le temperature

operative correnti con i valori di riferimento e individuare i potenziali guasti.

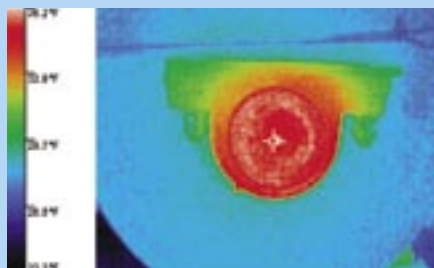
### Cosa controllare

In generale, l'analisi delle vibrazioni è considerata la tecnologia PdM migliore per il monitoraggio di grossi cuscinetti che siano accessibili e che girano e a velocità relativamente elevata, ma può essere effettuata in modo sicuro solo quando è possibile collocare i trasduttori sui cuscinetti. Per cuscinetti

relativamente piccoli (ad es. nei rulli dei trasportatori) utilizzati in dispositivi a bassa velocità, fisicamente inaccessibili e pericolosi da raggiungere durante il funzionamento dell'apparecchiatura, la termografia è un'ottima alternativa all'analisi delle vibrazioni. Nella maggior parte dei casi, è possibile effettuare un'indagine termografica con l'apparecchio in funzione a distanza di sicurezza. L'acquisizione di un'immagine termografica con una termocamera portatile richiede meno tempo rispetto all'analisi delle vibrazioni. L'apparecchiatura meccanica deve essere ispezionata quando si verifica un surriscaldamento in condizioni di stabilità di regime e con carico normale. In questo modo, è possibile interpretare le misure come condizioni normali di funzionamento. Acquisire un'immagine termica del cuscinetto da controllare e, se possibile, acquisire immagini di cuscinetti della stessa zona che svolgono la stessa funzione o simili, ad esempio memorizzare le immagini di cuscinetti montati alle estremità opposte di un nastro trasportatore, dei rulli di una macchina per la fabbricazione della carta o di un altro supporto sullo stesso albero.

### Cosa cercare

I problemi a livello dei cuscinetti vengono generalmente individuati confrontando le temperature di superficie di cuscinetti simili che operano in condizioni analoghe.



L'albero e i cuscinetti surriscaldati possono essere indice di guasto dei cuscinetti, scarsa lubrificazione o disallineamento.

Le condizioni di surriscaldamento si presentano come "zone calde" all'interno di un'immagine a infrarossi e, generalmente, vengono rilevate confrontando apparecchiature simili. Nel controllo dei cuscinetti di un motore, questa procedura implica il confronto delle temperature tra la testa di motori diversi o tra lo statore e la testa.

In generale, è opportuno creare un percorso di ispezione regolare che includa tutte le apparecchiature con parti rotanti. Se esiste già un percorso di analisi delle vibrazioni, è possibile aggiungere facilmente la termografia alle attività di monitoraggio dei cuscinetti. In ogni caso, è opportuno salvare un'immagine termica di ciascun componente principale dell'apparecchiatura sul computer e tenere traccia delle misure nel tempo, utilizzando il software in dotazione con la termocamera. In questo modo, si ottengono immagini di riferimento con cui effettuare il confronto.

Questa operazione consente di determinare l'eventuale anomalia di una zona calda e di verificare se gli interventi di riparazione sono stati efficaci.

### **Cosa indica un "allarme rosso"**

Le apparecchiature in condizioni tali da costituire un rischio per la sicurezza dovrebbero essere riparate con priorità assoluta. Inoltre, determinare la necessità di un intervento su un impianto per evitare che un cuscinetto provochi il guasto di un componente fondamentale dell'apparecchiatura, è un'attività che varia caso per caso e che diventa sempre più semplice con l'esperienza. Ad esempio, su una

linea difficile da monitorare, un produttore di auto è passato dall'analisi delle vibrazioni alla combinazione di vibrazioni e termografia per determinare che le normali temperature operative dei cuscinetti sulla linea rientravano in un intervallo specifico. Oggi un cuscinetto al di sopra del limite normale di funzionamento viene considerato dal personale aziendale addetto alla termografia, come una situazione di "allarme".

Quando si usa la termografia su cuscinetti che normalmente non vengono monitorati tramite analisi delle vibrazioni o anche durante controlli saltuari, cercare di uniformarsi alle prescrizioni delle case costruttrici e stabilire alcuni criteri di "allarme", come si farebbe con altre tecnologie di monitoraggio. Ad esempio, potrebbe essere conveniente, stabilire regole empiriche per i differenziali di temperatura ( $\Delta T$ ) per i cuscinetti impiegati su particolari tipi di apparecchiature che utilizzano metodi di lubrificazione specifici (ingrassaggio, bagno di olio, ecc.).

### **Potenziale costo del guasto**

In caso di guasto di un cuscinetto in un motore, una pompa, un dispositivo di azionamento o un altro specifico componente fondamentale, è possibile effettuare l'analisi dei costi di riparazione, manodopera e dell'eventuale perdita di produzione. In uno stabilimento automobilistico, ad esempio, il guasto di una pompa che si trova sulla linea di produzione potrebbe dare luogo a costi superiori a € 15.000 per interventi di riparazione, a € 30.000 al minuto per perdita di produzione e a € 600 al minuto per la

manodopera. Quindi, vale la pena mantenere la pompa in perfetta efficienza.

### **Follow-up**

Tutte le apparecchiature con parti rotanti generano calore nei punti di frizione in corrispondenza dei cuscinetti. La lubrificazione riduce la frizione e, di conseguenza, riduce e dissipa il calore. La termografia consente di "fotografare" letteralmente questo processo rivelando lo stato di usura dei cuscinetti. Quando le immagini termiche presentano un cuscinetto surriscaldato, è necessario creare una procedura di manutenzione sia per la sostituzione che per la lubrificazione del cuscinetto. L'analisi delle vibrazioni o un'altra tecnologia PdM può essere d'aiuto nella scelta del modo in cui procedere.

Ogniqualvolta viene individuato un problema tramite una termocamera, utilizzare il software correlato per documentare i risultati in un report, includendo un'immagine termica e un'immagine digitale dell'apparecchiatura. Questo è il modo migliore per evidenziare i problemi riscontrati e suggerire gli interventi di riparazione.

### **Suggerimento per l'acquisizione delle immagini:**

Modificare le protezioni e le coperture delle apparecchiature sui trasportatori e i componenti di azionamento in modo da rendere possibile l'ispezione dei cuscinetti e degli accoppiamenti tramite termografia. Considerare l'installazione di uno sportelletto cernierato o utilizzare una rete metallica al posto del metallo solido. Nell'effettuare queste modifiche, assicurarsi di non compromettere la sicurezza del personale.

## 4. Ispezione dei motori elettrici

I motori elettrici sono la spina dorsale dell'industria. Il Dipartimento dell'energia degli USA ha stimato che nei soli Stati Uniti esistono 40 milioni di motori impiegati nel settore

industriale e il fatto che tali motori assorbano il 70% dell'elettricità consumata dalle industrie ne dimostra l'importanza.



Un programma di prevenzione dei guasti dispendiosi in uno stabilimento trarrà grossi vantaggi dall'introduzione della termografia come tecnica di monitoraggio dello stato dei motori elettrici. Grazie a una termocamera portatile è possibile acquisire misure di temperatura a infrarossi del profilo termico di un motore sottoforma di un'immagine bidimensionale.

Le immagini termiche rivelano le condizioni di funzionamento dei motori elettrici attraverso la loro temperatura di superficie. Questo tipo di monitoraggio è importante poiché consente di prevenire malfunzionamenti imprevisti dei motori negli impianti principali di processi produttivi, commerciali e istituzionali. Tali misure preventive sono importanti perché il guasto di un impianto fondamentale comporta inevitabilmente aumenti dei costi, un aggravio di manodopera e materiali, nonché, la riduzione della produttività e, se non risolto, può mettere a rischio la redditività aziendale, e la sicurezza di dipendenti, utenti e clienti.

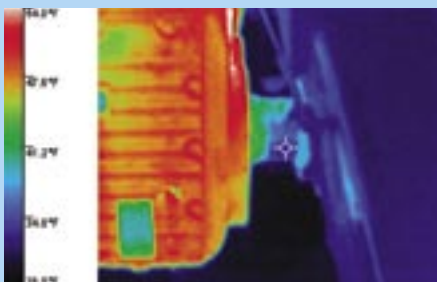
### Cosa controllare

È preferibile controllare i motori quando lavorano nelle normali condizioni di funzionamento. A differenza di un termometro a infrarossi che rileva la temperatura in un singolo punto, una termocamera è in grado di acquisire contemporaneamente le temperature in migliaia di punti diversi, in tutti i componenti principali: motore, accoppiamento dell'albero, cuscinetti del motore e dell'albero di trasmissione.

Ricordare: ogni motore è progettato per funzionare a una determinata temperatura interna. Gli altri componenti non devono essere necessariamente caldi quanto l'alloggiamento del motore.

### Cosa cercare

Tutti i motori devono riportare la normale temperatura operativa sulla targa. Nonostante la fotocamera a infrarossi non sia in grado di raggiungere l'interno del motore, la temperatura della superficie esterna è un indicatore della temperatura interna. L'aumento della temperatura interna del motore provoca l'aumento della temperatura esterna. Quindi, un tecnico di termografia già esperto di motori può avvalersi di questa tecnologia per identificare condizioni, quali flusso d'aria insufficiente, guasto imminente dei cuscinetti e deterioramento dell'isolamento nel rotore o nello statore di un motore rilevando la temperatura all'esterno del motore stesso. In generale, è opportuno creare un percorso di ispezione che includa tutte le combinazioni principali di motore/dispositivi di azionamento. Quindi, salvare un'immagine di ciascuna combinazione sul computer e tenere traccia delle misurazioni nel tempo. In questo modo, si ottengono le immagini di riferimento con cui effettuare il confronto, questo consente di determinare l'eventuale anomalia di una zona calda e di verificare se gli interventi di riparazione sono stati efficaci.



Il corretto funzionamento dei cuscinetti viene indicato da bassi valori di temperatura.



### Cosa indica un "allarme rosso"

Le apparecchiature in condizioni tali da costituire un rischio per la sicurezza dovrebbero essere riparate con priorità assoluta. Inoltre, tenere presente che ciascun motore ha una temperatura operativa massima, generalmente riportata sulla targa, che rappresenta il valore di temperatura massimo consentito al di sopra della temperatura ambiente (la maggior parte dei motori è progettata per il funzionamento a una temperatura ambiente non superiore a 40°C). In generale, ogni aumento di 10°C al di sopra della temperatura nominale, dimezza la durata del motore.

La pianificazione di regolari ispezioni dei motori elettrici consente di identificare i motori che iniziano a surriscaldarsi. Un'immagine termica iniziale è sufficiente per rilevare l'eventuale aumento di temperatura di un motore rispetto a un altro motore che svolge le stesse funzioni.

### Potenziale costo del guasto

In caso di un motore specifico, è possibile effettuare un'analisi in base al costo del motore, al tempo di inattività medio di una linea di produzione a seguito del guasto di un motore, alla manodopera richiesta per sostituire il motore, ecc. Senza dubbio, le perdite di produttività dovute al tempo di inattività variano in base al tipo di industria. Ad esempio, la perdita di produzione derivante da una macchina di fabbricazione per la carta può essere pari a € 3.000 all'ora, mentre nel caso di un'acciaieria la perdita può ammontare a € 1.000 al minuto.

### Follow-up

Se si sospetta un surriscaldamento dovuto a una delle condizioni riportate di seguito, procedere come indicato:

#### a. Flusso d'aria insufficiente.

Se è possibile spegnere temporaneamente il motore senza compromettere l'attività dell'impianto, tenere spento il motore per un periodo sufficientemente lungo per consentire la rapida pulizia

delle griglie di aspirazione. Programmare una pulizia completa del motore durante il successivo spegnimento pianificato dell'impianto.

#### b. Squilibrio di tensione o sovraccarico.

La causa più comune, un collegamento ad alta resistenza nel gruppo di comando, nel dispositivo di distacco o nella cassetta di giunzione del motore, può essere generalmente individuata tramite un'ispezione termografica e confermata utilizzando un multimetro, un multimetro a pinza o un analizzatore di rete.

#### c. Guasto imminente di un cuscinetto.

Quando le immagini termiche indicano il surriscaldamento di un cuscinetto creare una procedura di manutenzione per sostituire o lubrificare il cuscinetto. Sebbene sia piuttosto costosa e richieda l'intervento di un esperto, l'analisi delle vibrazioni spesso risulta utile nella scelta del modo in cui procedere.

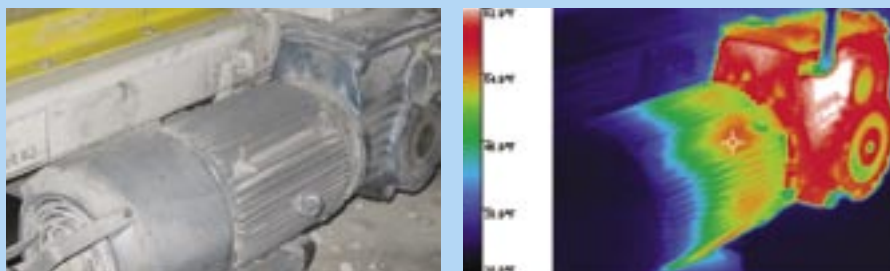
#### d. Deterioramento dell'isolamento.

Il tester d'isolamento consente di testare gli avvolgimenti di un motore. Se l'isolamento presenta segni di deterioramento, provvedere quanto prima alla sostituzione del motore.

#### e. Disallineamento dell'albero.

Nella maggior parte dei casi, l'analisi delle vibrazioni è in grado di confermare un accoppiamento fuori allineamento. Se è possibile spegnere temporaneamente il motore, utilizzare i comparatori a quadrante dei dispositivi di allineamento laser per effettuare le correzioni.

Ogniquale volta viene individuato un problema tramite una termocamera, utilizzare il software correlato per documentare i risultati in un report, includendo un'immagine termica e un'immagine digitale dell'apparecchiatura. Questo è il modo migliore per evidenziare i problemi riscontrati e suggerire gli interventi di riparazione.



Questa immagine termica presenta un motore freddo (sinistra) e una trasmissione calda (destra) con un'anomalia relativa a una zona particolarmente calda segnalata dal colore bianco..

### Suggerimento per l'acquisizione delle immagini:

Talvolta può risultare difficile ottenere una visione diretta del componente che si desidera ispezionare, come un motore o un componente della trasmissione montato in alto, nella parte superiore di una macchina. In questo caso, provare a usare uno specchio termico per vedere il riflesso del componente (un foglio di alluminio di 3 mm di spessore può essere l'ideale).

Prestando la dovuta **attenzione**, introdurlo temporaneamente o montarlo permanentemente in una posizione che favorisce l'ispezione dei componenti. L'alluminio non deve essere troppo lucido per risultare efficace. Tuttavia, se si sta tentando di ottenere letture di temperatura reali (in opposizione a quelle comparative), è necessario sapere come "caratterizzare" lo specchio e regolare le letture di emissività di conseguenza. Per far sì che questa tecnica funzioni, la superficie dello specchio deve essere pulita poiché la presenza di tracce oleose e/o patine può alterare le proprietà riflettenti dello specchio.

# 5.

## Processo: ispezione dei sistemi a vapore

Secondo il Dipartimento dell'energia degli Stati Uniti (DOE), più del 45% di tutto il carburante utilizzato dalle industrie americane viene consumato per produrre vapore. "Il vapore viene utilizzato per il riscaldamento delle materie prime e il trattamento dei prodotti semilavorati.

Inoltre, viene anche utilizzato come sorgente di alimentazione per le apparecchiature, per riscaldare gli edifici e generare elettricità. Ma il vapore non è esente da costi. Ogni anno vengono spesi miliardi di euro per alimentare le caldaie di generazione del vapore".

In generale, il vapore è un mezzo molto efficiente per trasportare l'energia termica poiché la quantità di calore latente richiesta per produrre vapore dall'acqua è abbastanza grande e il vapore viene facilmente spostato negli impianti con tubazioni pressurizzate in grado di rilasciare l'energia a costi accettabili. Quando il vapore raggiunge il punto di utilizzo e

rilascia il suo calore latente nell'ambiente o in un processo, si condensa in acqua che viene poi ricondotta nella caldaia dove viene nuovamente trasformata in vapore. Esistono diverse tecnologie di monitoraggio dei sistemi a vapore utili a determinarne lo stato di funzionamento. Tra queste tecnologie vi è la termografia a raggi infrarossi (IR). I tecnici addetti utilizzano le immagini termiche per ottenere immagini bidimensionali delle temperature di superficie delle apparecchiature e delle strutture. Le immagini termiche dei sistemi a vapore rivelano le temperature comparative dei componenti dei sistemi e, di conseguenza, indicano quanto sia efficace ed efficiente il funzionamento dei componenti dei sistemi a vapore.

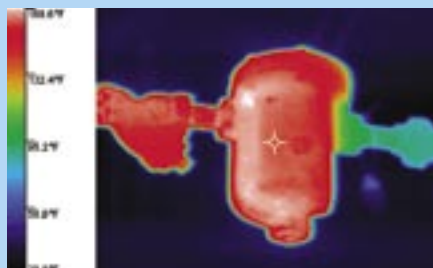
### Cosa controllare

L'uso di una combinazione di ispezioni tramite ultrasuoni e termografia migliora notevolmente la diagnosi dei problemi dei sistemi a vapore. Controllare tutti gli scaricatori di condensa e le linee di trasmissione del vapore,

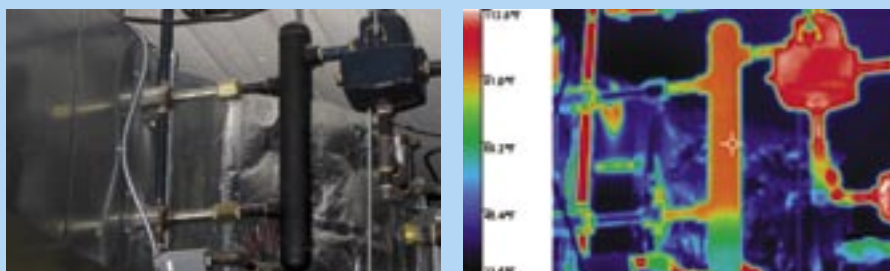
incluse tutte le linee sotterranee. Inoltre, effettuare la scansione degli scambiatori di calore, delle caldaie e delle apparecchiature a vapore. In breve, esaminare con una termocamera tutti i componenti del sistema a vapore.

### Cosa cercare

**Gli scaricatori di condensa** sono valvole progettate per rimuovere la condensa e l'aria dal sistema. Durante le ispezioni, effettuare test termici e ultrasonici per individuare gli scaricatori di condensa guasti e un loro eventuale difetto di apertura o chiusura. In generale, se un'immagine termica presenta un'elevata temperatura di ingresso e una bassa temperatura di uscita (< 100°C), è indice che lo scaricatore sta funzionando correttamente. Se la temperatura di ingresso è notevolmente inferiore rispetto alla temperatura del sistema, è indice che il vapore non raggiunge lo scaricatore. Verificare la presenza di un problema a monte (una valvola chiusa, un tubo ostruito, ecc.). Se le temperature di ingresso e uscita risultano uguali, è probabile che lo scaricatore non si sia aperto e che stia "soffiando vapore" nella linea della condensa. In questo caso il sistema continua a funzionare ma con una grande dispersione energetica. Basse temperature di ingresso e uscita indicano che lo scaricatore non si chiude e la condensa sta riempiendo lo scaricatore e la linea di ingresso.



In caso di corretto funzionamento, come mostrato in questo esempio, le immagini termiche degli scaricatori di condensa devono mostrare un brusco cambiamento di temperatura.



In caso di corretto funzionamento, come mostrato in questo esempio, le immagini termiche degli scaricatori di condensa devono mostrare un brusco cambiamento di temperatura.

Mentre il sistema è operativo, utilizzare una termocamera anche per eseguire la scansione di: **linee di trasmissione del vapore** per rilevare la presenza di ostruzioni, valvole chiuse e perdite nelle linee di vapore sotterranee; **scambiatori di calore** per rilevare la presenza di ostruzioni; **caldaie**, in modo particolare i refrattari e l'isolamento; **apparecchiatura a vapore** per rilevare la presenza di anomalie e **riparazioni recenti** per confermarne l'efficacia. Una buona soluzione è quella di creare un percorso di ispezione che includa tutti i componenti chiave dei sistemi a vapore nello stabilimento e ispezionare tutti gli scaricatori almeno una volta l'anno. Gli scaricatori più grandi o quelli principali dovrebbero essere ispezionati più spesso, poiché tendono a guastarsi più facilmente. Nel tempo questa procedura consente di determinare l'eventuale anomalia di una zona calda o relativamente fredda e di verificare se gli interventi di riparazione sono stati efficaci.

### Cosa indica un "allarme rosso"

Il vapore è molto caldo e spesso viene trasmesso ad alta pressione, quindi qualsiasi condizione che costituisce un rischio per la sicurezza deve essere risolta con priorità assoluta. In molte situazioni, la successione nella soluzione dei problemi può incidere sulle capacità produttive.

### Potenziale costo del guasto

Il costo per uno stabilimento in cui si blocca completamente il sistema a vapore, varia in base al tipo di industria. Tra le industrie che utilizzano principalmente il vapore vi sono le industrie chimiche, le industrie alimentari e delle bevande e le industrie farmaceutiche. L'ammontare del costo dei tempi di inattività per queste industrie è compreso tra € 700.000 e € 1.100.000 all'ora. Da un altro punto di vista, in un sistema a vapore da 7 bar, se si verifica un problema di apertura di uno scaricatore di medie dimensioni, la perdita economica

sarà di circa € 3.000 all'anno. Se nello stabilimento non è stata effettuata alcuna manutenzione sugli scaricatori di condensa da 3 a 5 anni, si presume che il 15-30% degli scaricatori siano guasti. Quindi, se il sistema è dotato di 60 scaricatori di medie dimensioni, è possibile che le perdite annuali da sfiato (blow-by) siano comprese tra € 27.000 e € 54.000.

### Follow-up

Per il controllo delle prestazioni degli scaricatori di condensa, le tecniche principali da utilizzare sono quelle "visive, acustiche e termiche". L'implementazione di un programma di ispezioni annuali degli scaricatori di condensa e delle apparecchiature associate tramite infrarossi ridurrà probabilmente le perdite di vapore del 50-75%.

Un approccio ragionevole a un programma di gestione dei sistemi a vapore è la determinazione delle priorità di riparazione in base alla sicurezza, alla perdita di vapore/energia e al potenziale impatto sulla perdita di produzione e sulla qualità.

Ogniquale volta viene individuato un problema tramite una termocamera, utilizzare il software correlato per documentare i risultati in un report, includendo un'immagine termica e un'immagine digitale dell'apparecchiatura. Questo è il modo migliore per evidenziare i problemi riscontrati e gli interventi di riparazione.

### Suggerimento per report:

Sul modulo del report, lasciare uno spazio vuoto per la programmazione di un'ispezione di follow-up, ad esempio chiamandolo "termogramma" o inserendo una data effettiva. Pianificare il lavoro in modo da effettuare un'ispezione di follow-up subito dopo l'esecuzione degli interventi di riparazione. Alcuni tecnici di termografia dedicano l'ultimo venerdì del mese a questo tipo di attività. Ciò offre la possibilità di confermare l'efficacia della riparazione e di motivare i tecnici addetti alla riparazione. Cosa più importante, consente di scoprire la vera causa del problema e individuare i componenti danneggiati. Questa procedura è fondamentale per la crescita a lungo termine dei tecnici di termografia.

# Termocamere Fluke Serie Ti

Le termocamere Fluke Serie Ti rappresentano una svolta nel campo della termografia e facilitano la diffusione di questa potente tecnologia. Progettate per le applicazioni industriali, questi prodotti mettono la

termografia a disposizione del personale di assistenza e manutenzione che conosce perfettamente le esigenze dello stabilimento e dei macchinari degli impianti.

## **Funzioni termografiche a portata di mano**

Facili da utilizzare, grazie alla funzione "punta e scatta" eseguibile con una sola mano e all'intuitiva guida a video, le termocamere Serie Ti non richiedono un training speciale per ottenere misure precise. È sufficiente puntare il bersaglio, mettere a fuoco lo strumento e l'intervallo di temperatura viene regolato automaticamente per presentare un'immagine nitida. Quando si aziona il meccanismo di attivazione, l'immagine e la misura associata vengono salvate contemporaneamente in memoria.

## **Robusti e affidabili**

Fluke è in grado di offrire una delle più vaste gamme di strumenti per test elettrici e diagnostici e le termocamere della Serie Ti fanno da complemento. Come tutti gli altri strumenti Fluke, sono dei prodotti affidabili, solidi e realizzati per resistere alle difficili condizioni di lavoro degli ambienti industriali.



**Fluke.** *Keeping your world up and running.*

**Fluke Italia s.r.l.**  
Viale Lombardia, 218  
20047 Brugherio (Mi)  
tel. 039.28973.1 - fax 039.2873556  
e-mail: [info@it.fluke.nl](mailto:info@it.fluke.nl)

**Web: [www.fluke.it](http://www.fluke.it)**