

Quando, come e perché innovare la manutenzione

Paolo Vestrucci

Dipartimento di Ingegneria Industriale,
Università di Bologna

Stefano la Rovere

NIER Ingegneria

Una via percorribile riconoscendone l'evoluzione culturale e adottando i potenti strumenti metodologici e tecnologici ormai disponibili

Scopo e obiettivi della manutenzione

L'etimologia della parola - *Manùs Tentiònem*: tenere in mano- rivela lo scopo della manutenzione, attività che accompagna da sempre lo sviluppo umano, rinnovando e approfondendo continuamente metodi e strumenti nel perseguire lo scopo della "tenere in mano". Ciò dell'usare efficientemente, del conservare, del risparmiare, ..., ma non solo.

Il "tenere in mano" suggerisce l'uso di un bene fatto rispettando tutti i fattori che lo definiscono. Ed è in particolare in momenti di crisi come l'attuale che si scoprono fattori ed aspetti prima trascurati, rinnovando e innovando anche le cose più note.

La definizione di Manutenzione ha subito importanti evoluzioni (a differenza dell'etimologia che dice lo scopo, la definizione traduce in un dato contesto storico lo scopo in obiettivi).

Cinquanta anni fa l'OCSE ha definito la manutenzione come la "funzione aziendale alla quale sono demandati il controllo costante degli impianti e l'insieme dei lavori di riparazione e revisione necessari ad assicurare il funzionamento regolare e il buono stato di conservazione degli impianti produttivi, dei servizi e delle attrezzature di stabilimento" (OCSE, 1963). Più recentemente, la manutenzione è stata definita come la "combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, previste durante il ciclo di vita di un'entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta" (UNI EN 13306, 2003).

E, se tradizionalmente la manutenzione ha due principali obiettivi:

- ripristinare le funzionalità interrotte in seguito l'insorgenza di guasti,
- impedire o limitare l'insorgenza di guasti e/o l'impatto sulle funzionalità del sistema,

l'obiettivo attualmente riconosciuto della manutenzione è di:

- garantire l'affidabilità, la disponibilità e l'esercizio in sicurezza (per le persone e per l'ambiente) e in qualità di sistemi complessi, massimizzandone la vita utile con il minimo costo globale.

Tale evoluzione è inquadrabile nel cosiddetto *Enterprise Asset Management*.

L' Enterprise Asset Management

Il contesto in cui attualmente operano le aziende è caratterizzato:

- dall'esigenza di valutare l'intero ciclo di vita delle risorse (*asset*),
- dalla necessaria sostenibilità economica e finanziaria dell'*asset*,
- dalle richieste di minimizzare il costo globale e massimizzare la vita utile dell'*asset*.

Tali nuove prospettive stanno determinando una rivalutazione e insieme l'innovazione della manutenzione come:

- fattore di riduzione dei costi (mancata produzione / erogazione servizio, scarsa qualità),
- fattore di miglioramento della competitività (maggiori volumi di pro-

duzione, migliore qualità dei prodotti, puntualità nelle consegne, ...),

- fattore di assicurazione della sicurezza, qualità e sostenibilità di sistemi e prodotti.

L'*Asset management* viene così a definire il "processo di gestione attraverso cui implementare le decisioni di maggior valore riguardo l'uso e la manutenzione degli asset".

Manutenzione, Manutenibilità, Reliability Centered Maintenance

Il processo di integrazione delle tematiche affidabilistiche e delle esigenze di manutenzione inizia negli anni '40 e poco dopo è introdotto il concetto di Manutenibilità come caratteristica di un sistema (più o meno facilmente ripristinabile) e come disciplina ingegneristica (che include gli aspetti probabilistici).

Negli anni '60, diversi studi (in ambito aeronautico) dimostrarono che le sostituzioni programmate di componenti di sistemi complessi in base ai criteri della Manutenzione preventiva, se applicati senza un sufficiente riguardo alle prestazioni affidabilistiche dei componenti, non apportavano alcun beneficio sulla affidabilità complessiva. Questi sono i primordi di ciò che oggi viene detta *Reliability Centered Maintenance*, RCM (o Manutenzione Centrata sull'Affidabilità).

L'RCM ha come obiettivo quello di consolidare l'affidabilità intrinseca del sistema: una serie di comportamenti organizzativi, di regole, di metodi e di procedure per il progetto e la gestione economica della manutenzione.

I passi fondamentali da realizzare per l'applicazione della RCM includono:

- la scomposizione del sistema in sottosistemi da analizzare separatamente e la definizione di un modello funzionale di riferimento,
- l'analisi delle condizioni di guasto;
- la stima delle prestazioni di affidabilità e disponibilità;
- l'identificazione dei componenti critici;
- l'analisi dei requisiti manutentivi e la definizione delle politiche di manutenzione.

Le applicazioni RCM maggiormente diffuse oggi si limitano alla definizione dei piani di manutenzione programmata statica, sulla base delle caratteristiche di affidabilità dei componenti.

La Manutenzione su Condizione (Condition Based Maintenance, CBM)

Introdotta già negli anni '70 come parte integrante di un approccio RCM, la CBM costituisce un'alternativa rispetto alla programmazione degli interventi, essendo dinamicamente legata alla conoscenza dello stato attuale del sistema. Il risultato atteso è un aumento della disponibilità e della sicurezza del sistema ed una diminuzione dei costi. Infatti, si procede -sempre, ma solo quando necessario- con l'intervento manutentivo

in presenza di evidenze di un prossimo guasto critico. La CBM sta recentemente riscontrando un'ampia diffusione in seguito allo sviluppo di nuove tecnologie:

- per il monitoraggio (termografia, ultrasuoni, sensori per elaborazione distribuita, ...),
- ICT (remotizzazione dei dati, il tele-controllo e la tele-manutenzione),
- per l'elaborazione dei segnali (capacità di calcolo, metodi avanzati, risultati precedenti).

Oltre alle informazioni sullo stato attuale di un componente e/o sistema, la manutenzione su condizione richiede:

- la conoscenza delle modalità di guasto e dei fenomeni di degrado,
- il monitoraggio delle condizioni in esercizio,
- la tempestiva rilevazione e identificazione delle condizioni di guasto, degrado e pre-guasto,
- la capacità di predire la «vita utile residua» a partire dai risultati del monitoraggio.

Le relazioni tra i meccanismi di guasto dei componenti e la gestione del ciclo di vita del sistema sono oggetto della *Prognostic and Health Management* (PHM).

II Prognostic and Health Management (PHM)

L'approccio PHM rappresenta il modo più avanzato di implementazione della CBM.

In tale ambito si inquadrano i metodi e modelli utilizzabili per:

- il rilevamento delle anomalie e dei guasti (*Faults detection*),
- la diagnostica dei guasti (*Faults diagnosis*),
- la prognostica (*Prognostic*).

Il rilevamento delle anomalie e dei guasti

La conoscenza delle condizioni del sistema richiede un monitoraggio che può essere di tipo visivo, riguardare le prestazioni, il rumore e le vibrazioni, l'usura, il calore, ecc.

In base ai dati monitorati ed ai segnali acquisiti è possibile rilevare tempestivamente una anomalia, passaggio essenziale per l'applicazione di criteri di manutenzione su condizione.

Gli scostamenti dalle condizioni normali di funzionamento (rispetto a quanto atteso) possono (o meno) essere riconosciuti come sintomi di una condizione di guasto, degrado o pre-guasto del sistema. A tal fine possono essere utilizzati metodi di classificazione basati su modelli o sui dati.

In entrambi i modi si perviene alla identificazione di una anomalia o di un guasto che deve essere adeguatamente diagnosticato.

La diagnostica dei dati

La diagnosi dei guasti consiste nell'identificazione delle cause delle condizioni anomale di funzionamento e nel riconoscimento della condizione di guasto, degrado, pre-guasto del sistema.

La diagnosi è generalmente affrontata come un problema di classificazione dei segnali e della loro associazioni alle condizioni del sistema. A tal fine, sono utilizzati metodi avanzati di elaborazione dati, ad esempio tecniche di Soft-computing (reti neurali, logica fuzzy, tecniche neuro-fuzzy).

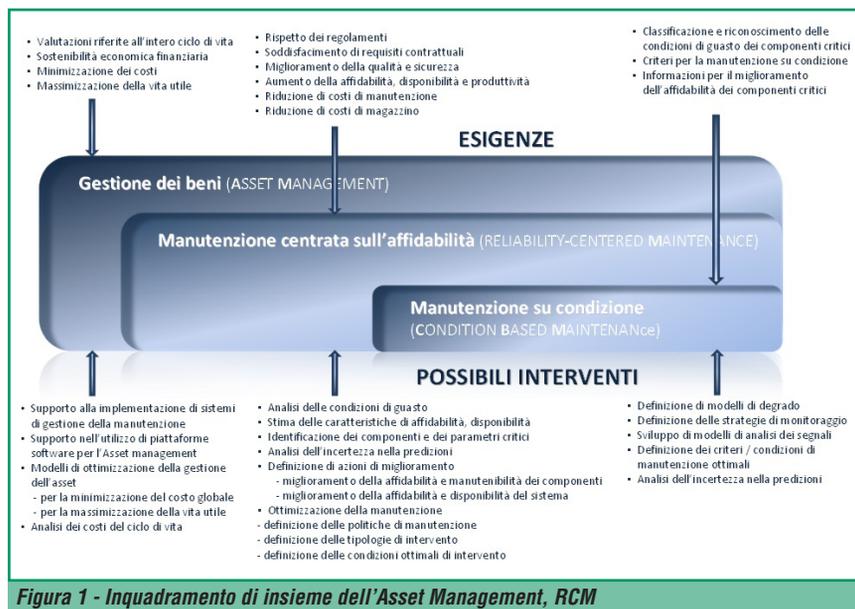


Figura 1 - Inquadramento di insieme dell'Asset Management, RCM

La prognostica

La prognostica ha l'obiettivo di predire se il sistema può realizzare le proprie funzioni per l'intera vita utile e, in caso contrario, la "vita utile residua", cioè il tempo che intercorre prima dell'occorrenza di un guasto critico.

Tali informazioni permettono di definire le modalità ottimali per l'intervento manutentivo.

Possono essere utilizzati metodi basati su modelli (ad es. per fenomeni di frattura e scorrimento) e metodi basati sui dati, mediante tecniche statistiche e di Soft-computing.

Conclusioni

È oggi possibile innovare la manutenzione riconoscendone l'evoluzione culturale e adottando i potenti strumenti metodologici e tecnologici ormai disponibili. La Figura 1 riassume il quadro di insieme: l'Asset Management è l'orizzonte in cui si può inquadrare la RCM, a sua volta inclusiva della CBM. Caso per caso va valutato cosa serve e come intervenire. In Figura 1 per i tre livelli sono riportate le differenti esigenze indirizzabili e i possibili interventi attivabili.

Paolo Vestrucci è nato a Forlì nel 1953. Ha ottenuto la laurea di Dottore in Ingegneria Nucleare nel 1976 presso l'Università di Bologna. Ha ottenuto un assegno di ricerca da ENEA (1977) e dal CNR (1978-1981) lavorando presso il Laboratorio di Ingegneria Nucleare dell'Università di Bologna. Nel 1981-1982 è stato



ricercatore presso la North Carolina State University (Raleigh, USA). Dal 1981 è Ricercatore presso il Laboratorio di Ingegneria Nucleare dell'Università di Bologna, mentre dal 1987 è Professore Aggregato presso la Facoltà di Ingegneria, Dipartimento di Energia, Nucleare e del Controllo Ambientale.

Stefano La Rovere è laureato in Ingegneria Nucleare presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli studi di Bologna. Conseguito il Dottorato di ricerca sul tema "Affidabilità, disponibilità, diagnostica e manutenzione di sistemi complessi" presso la medesima Facoltà. I principali temi di interesse riguardano l'applicazione di tecniche di simulazione per la soluzione di modelli probabilistici com-



plici e lo sviluppo di analisi di importanza, incertezza e sensibilità.

In NIER Ingegneria dal 2002, è esperto di validazione di sistemi elettronici, elettrici e elettromeccanici utilizzati in ambito ferroviario, nelle analisi di affidabilità e di manutenibilità di reti sotterranee (acqua e gas metano) e nell'analisi di rischio del reattore sperimentale a fusione ITER.

gli Autori