

Traduzione dell'articolo "RELIABILITY-CENTERED MAINTENANCE" di Mike Busch tratto dalla rivista Sport Aviation di gennaio 2010.

E' arrivato il momento di applicarla anche all'aviazione generale?

MANUTENZIONE ORIENTATA ALL'AFFIDABILITÀ . Parte 1.

SOMMARIO

Primo di tre articoli che spiegano le ragioni di impostare una manutenzione che tenga conto del peso della manutenzione di elementi complessi, come il motore, e dei miglioramenti effettivi dell'affidabilità.

Nel 1974, il Dipartimento della difesa degli USA commissionò all'United Air Lines uno studio sulle tecniche utilizzate dalle industrie dei velivoli di linea per sviluppare dei programmi di manutenzione con rapporto costo-efficacia favorevole per i velivoli commerciali. Il rapporto finale, dal titolo Reliability-centered Maintenance (F.S. Nowlan & H. Heap, National Technical Information Service, 1978), ha descritto un approccio alla manutenzione dei velivoli radicalmente differente, fondato sull'analisi rigorosa delle pratiche tradizionali e della valutazione dei loro limiti.

Tradizionalmente, la maggior attenzione ai programmi di manutenzione è stata data alla definizione di revisioni specifiche e degli intervalli di ritiro - intervallo tra due revisioni, TBO – per ottenere un livello di affidabilità soddisfacente. D'altra parte, l'analisi ingegneristica della mole di dati operativi provenienti da un certo numero delle maggiori linee aeree commerciali ha determinato una conoscenza intima delle condizioni che devono esistere affinché la manutenzione programmata sia efficace. Due scoperte sono state sorprendenti:

1. Per un componente complesso, come il motore, la revisione programmata ha un piccolo effetto sull'affidabilità generale, a meno che esso non presenti un singolo modo di avaria.
2. Per molti componenti, non c'è semplicemente una programmazione della manutenzione che sia tecnicamente ed economicamente fattibile. Per esempio, i ricercatori della manutenzione centrata sull'affidabilità (RCM) hanno determinato, già negli anni 70, che le revisioni programmate delle turbine non hanno prodotto alcun beneficio dell'affidabilità o dell'aspetto economico e che mantenere questi motori strettamente controllati nella condizione in cui si trovano (on-condition) determina una vita più lunga, costi ridotti di manutenzione e miglioramento dell'affidabilità.

RCM ha determinato un notevole risparmio di costi per le aerolinee. Per esempio, il DC-8 pre-RCM prevedeva 4 Mil. di ore-uomo di ispezioni strutturali durante le sue prime 20.000 FH, mentre il Boeing 747 post-RCM richiede solo 66.000 ore-uomo per lo stesso intervallo. Ciò rappresenta una riduzione di quasi due ordini di grandezza.

Non solo ci sono questi risparmi enormi, ma sono stati ottenuti senza una riduzione della sicurezza o uno scadimento dell'affidabilità. Al contrario, sicurezza e affidabilità presenti sono

migliorate in quasi tutti i casi in cui la manutenzione è passata da ritiro dal volo - revisione - sostituzione programmati alla manutenzione on-condition.

Questo mese, parlerò di alcuni principi fondamentali della RCM, il prossimo mese esplorerò come questi possono essere applicati ai nostri velivoli a pistoncini. Poiché dobbiamo entrare nella teoria del RCM, tenete presente che si tratta di un argomento difficile. La mia ditta di gestione della manutenzione tratta 150 velivoli, con motori a pistoncini, operati dai proprietari, servendosi della RCM e, ogni anno, noi risparmiamo migliaia di dollari, degli operatori, per la manutenzione. Le aerolinee e i militari hanno usato la RCM per decenni, risparmiando una fortuna e ora è il momento giusto di affrontare questo aspetto anche nell'aviazione ricreativa.

FUNZIONI E AVARIE

Ogni impianto e componente di un velivolo svolge una o più funzioni. Lo scopo della manutenzione è di assicurare che quegli elementi svolgano le loro funzioni con un livello accettabile di prestazione. In alcuni casi, (per es. la capacità di sopportare i carichi inerziali), il livello accettabile è stabilito dalla FAA durante la certificazione del velivolo; in altri casi (per es. affidabilità della spedizione), il livello accettabile è stabilito dal gestore o operatore del velivolo. Lo scopo della manutenzione è di assicurare che ogni elemento continui a mantenere il proprio livello di prestazioni.

Prima di poter stabilire un livello razionale della prestazione di un componente, dobbiamo esaminare le conseguenze di un'avaria. Per un componente la cui avaria determina la morte o il ferimento di una persona (per es. la rottura del longherone), la probabilità di avaria dev'essere infinitamente bassa. In altre parole, per un componente, il cui guasto comporta un semplice inconveniente (per es. l'avaria del COMM 2), è accettabile una maggiore probabilità di avaria.

Dal punto di vista della manutenzione, dobbiamo fare tutto ciò che serve per prevenire l'avaria di elementi critici per la sicurezza, come i longheroni e i motori, anche se è dispendioso farlo. D'altra parte, non ha alcun senso, di solito, sforzarsi di prevenire l'avaria di elementi non critici; utilizziamo il componente finché non si guasta e allora lo ripariamo quando si guasta.

Spesso, le conseguenze di un'avaria dipendono dal contesto operativo del componente. L'avaria di una pompa a vuoto è molto meno critica, se il velivolo è dotato di una pompa a vuoto di riserva o di un girorizzante elettrico. L'avaria di un motore è molto meno critica su un velivolo quadrimotore che su un monomotore. La rottura di un longherone è meno critica se l'ala è progettata con un criterio del tipo plurilongherone fail-safe.

Il RCM classifica le conseguenze di un'avaria in quattro categorie, in ordine inverso di importanza:

- **Conseguenze per la sicurezza.** Un'avaria ha delle conseguenze per la sicurezza se comporta la morte o il ferimento di qualcuno.
- **Conseguenze operative.** Un'avaria ha conseguenze operative se impedisce l'impiego del velivolo.

- **Conseguenze nascoste.** Un'avaria ha delle conseguenze nascoste se non sono evidenti all'equipaggio di volo, ma possono determinare un'avaria successiva con conseguenze più serie.
- **Conseguenze non operative.** Le avarie in questa categoria sono evidenti all'equipaggio di volo, ma non influenzano né la sicurezza né l'impiego del velivolo, solo i costi della riparazione.

REALIZZABILE? VALE LA PENA DI APPLICARLO?

La RCM non richiede che si prevenivano tutte le avarie. Riconosce che non tutte le avarie sono uguali e che le risorse della manutenzione debbano essere orientate verso la riduzione delle avarie veramente importanti. La RCM si concentra sui guasti degli elementi che riducono la sicurezza o la reale operatività del velivolo e sulla ricerca di quelli nascosti, in modo che siano corretti in tempi ragionevoli. Per i guasti con conseguenze non operative, la strada migliore è quella reattiva, anziché preventiva (per es. ripararla quando si manifesta).

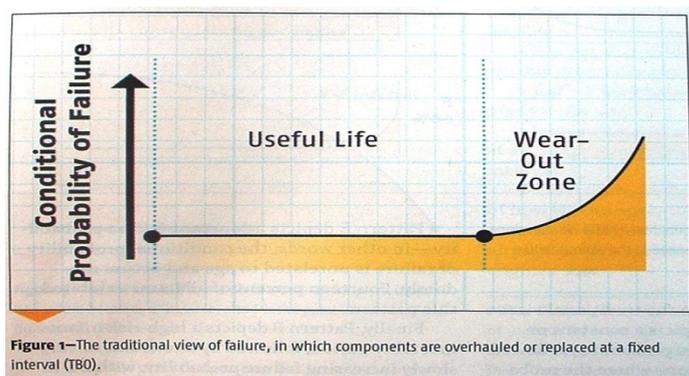
Per quelle che influenzano negativamente la sicurezza o l'impiego del velivolo, la RCM prova a prevenire l'avaria identificando delle attività manutentive preventive e mirate (proactive tasks) da eseguire prima che l'avaria si manifesti. Questi compiti possono prevedere revisione programmata, sostituzione programmata o manutenzione on-condition (in base alla condizione, ndt). Comunque, prima di adottare dei compiti proattivi, si deve, per prima cosa, dimostrare che siano fattibili e che valga la pena di adottarli. Un compito è:

- **Tecnicamente realizzabile:** se riduce le conseguenze delle avarie associate con un prolungamento (della vita, ndt) che risulti accettabile per il gestore o l'operatore del velivolo.
- **Vale la pena di applicarlo:** se riduce le conseguenze delle avarie associate con un prolungamento (della vita, ndt) che giustifichi i costi diretti e indiretti dell'operazione.

Se non è possibile trovare un'azione manutentiva che sia, nello stesso tempo, tecnicamente realizzabile e valida da applicare, allora l'avaria dev'essere eliminata mediante un atto di riparazione. Ciò potrebbe significare una manutenzione correttiva (riparare solo quando si rompe), ricerca delle avarie (controlli funzionali programmati per trovare le avarie nascoste) o riprogettazione (per es. installare una riserva).

AVARIE DOVUTE AL TEMPO

Molti gestori, meccanici, tecnici aeronautici credono ancora che la strada migliore per migliorare l'affidabilità dei complessi impianti di un velivolo, come i motori, sia di eseguire alcune azioni proattive di manutenzione su base periodica. Il giudizio comune è che quelle dovrebbero consistere in revisioni o sostituzioni a intervalli prestabiliti. La fig.1 rappresenta questo tipo di visione delle avarie.

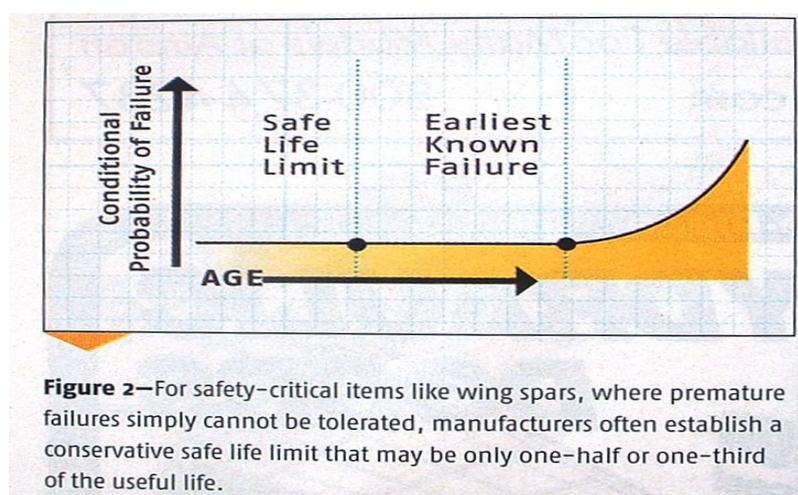


Questa visione tradizionale si fonda sull'ipotesi che la maggior parte dei componenti funzioni regolarmente per un periodo di tempo definito (useful life), dopo il quale la probabilità dell'avaria comincia ad aumentare rapidamente (wear-out zone). Si afferma, con queste nozioni, che l'analisi delle avarie ci consentirà di predire la vita utile di un componente e di effettuare le azioni programmate per revisionare o rimpiazzare il componente stesso, prima che esso raggiunga il momento in cui il rischio del guasto diventi inaccettabile.

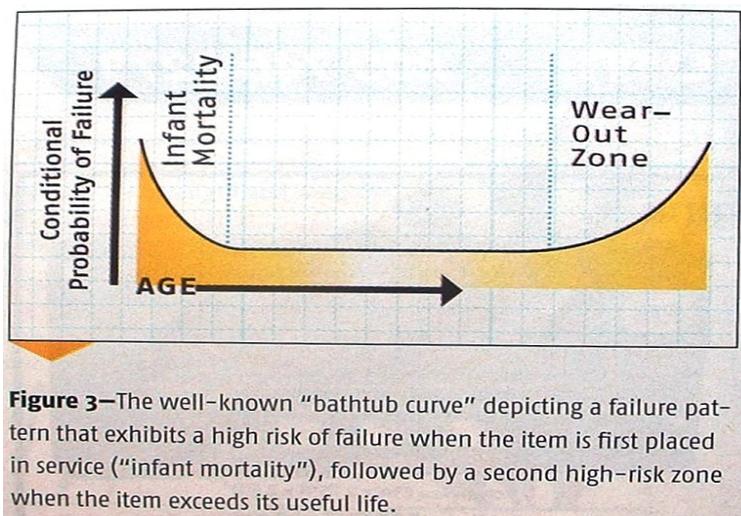
Quest'ipotesi è valida per i componenti che hanno un solo modo di avaria, dominante, correlato con l'invecchiamento. Per esempio, l'andamento dell'avaria mostrato nella fig. 1 è adeguato quando si considera un elemento che di solito si guasta per l'affaticamento del metallo a causa delle sollecitazioni ripetitive, come avviene per un longherone o per la testa di un cilindro.

In questa visione, la probabilità del guasto durante la vita utile del componente è normalmente piccola, ma non nulla. Perciò, ci si deve aspettare un numero modesto di rotture prima del raggiungimento del termine della vita utile, dove la probabilità del guasto inizia ad aumentare.

Per gli elementi critici per la sicurezza del volo, come i longheroni alari, le cui rotture hanno delle conseguenze catastrofiche per la sicurezza, l'approccio tradizionale prevede di stabilire un limite di vita sicura (safe life limit), il quale assicura che il componente sia ritirato dal servizio prima che la probabilità della rottura raggiunga un valore troppo basso, come si vede nella fig.2.



Comunque, i ricercatori RCM hanno determinato, qualche decina di anni fa, che veramente pochissimi componenti e impianti presentano un andamento delle avarie corrispondente all'approccio tradizionale. Per esempio, molti componenti complessi hanno un andamento delle avarie che assomiglia molto più a quello della fig. 3:



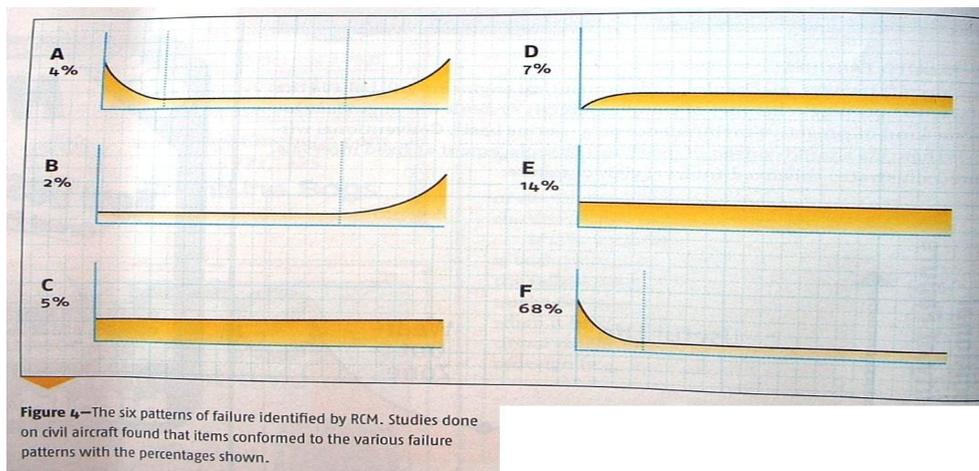
Con quest'andamento, conosciuto come “a vasca da bagno” per ovvie ragioni, il componente mostra un alto rischio di avaria, appena entrato in servizio, comunemente noto come “mortalità infantile”. Una volta superato il periodo della mortalità precoce la probabilità dell'evento di guasto scende a un livello basso per la durata della rimanente vita utile, dopodiché aumenta poiché si mantiene il componente in servizio nella zona di usura.

Questo comportamento, comunemente accettato, è quello tipico dei motori a pistoni, anche se io penso non essere del tutto corretto (vedremo qualcosa di più il prossimo mese).

I SEI ANDAMENTI DELLE AVARIE

Una delle più sorprendenti scoperte dei ricercatori RCM è che ci sono, effettivamente, sei differenti andamenti delle avarie caratteristici dei vari componenti meccanici, elettrici ed elettronici dei velivoli. Li vediamo nella figura 4.

La curva B corrisponde alla visione tradizionale delle avarie correlate con l'età del componente. Rappresenta un andamento della probabilità costante o in lievissimo aumento, seguito da una zona di usura molto pronunciata, dove la probabilità del guasto aumenta rapidamente. Tuttavia, gli studi RCM hanno determinato che solo il 2% di tutti i componenti mostra, effettivamente, un andamento delle avarie come quello mostrato, inclusi i componenti il cui modo di avaria dominante è la sollecitazione ripetitiva a fatica del metallo. Per tali componenti, può essere appropriato o desiderabile fissare un limite della vita (safe life o TBO).



La curva A, a vasca da bagno, riguarda un altro 4%. Quest'andamento mostra un periodo con elevato rischio di mortalità precoce, seguito da un altro con probabilità costante o crescente molto lentamente. Anche questi componenti possono godere di un limite fissato alla durata della vita, sapendo che il numero di avarie premature è abbastanza limitato rispetto alla maggior parte che raggiunge il TBO.

La curva C rappresenta la probabilità d'avaria che aumenta gradualmente con l'età, ma non mostra un'evidente zona di usura. Circa il 5% dei componenti presenta questo comportamento. Di solito non si impone un limite di vita preciso.

La curva D mostra la probabilità d'avaria bassa quando il componente è nuovo o revisionato, che poi aumenta in modo costante per tutto il tempo di funzionamento. Questo comportamento è caratteristico di circa il 7% dei componenti.

La curva E rappresenta la probabilità costante d'avaria, in altre parole, la probabilità condizionale dell'avaria non è correlata con il tempo e si manifesta casualmente. Il 14% dei componenti presenta questo comportamento.

Infine, la curva F riporta un periodo con mortalità infantile ad alto rischio, seguita da una probabilità di guasto costante o molto ridotta, senza un apparente zona di usura o di vita utile. Gli studi RCM hanno mostrato che ben il 68% dei componenti dei velivoli civili presenta questo comportamento, specialmente quelli elettronici.

Queste constatazioni contraddicono il pensiero tradizionale che l'affidabilità è, in modo predominante, correlata con il tempo di funzionamento e che più spesso un componente è revisionato o sostituito, meno tenderà a guastarsi. Gli studi RCM mostrano con chiarezza che, a meno di una modalità di rottura predominante (per es. la fatica dei metalli), il limite di vita e le revisioni programmate possono poco o nulla per il miglioramento dell'affidabilità. Infatti, per il 72% dei componenti, rappresentato dalle curve del tipo A e F, la revisione programmata o la sostituzione, possono in realtà far aumentare il tasso di guasto globale, introducendo il rischio della mortalità precoce in un impianto o componente già affidabile.

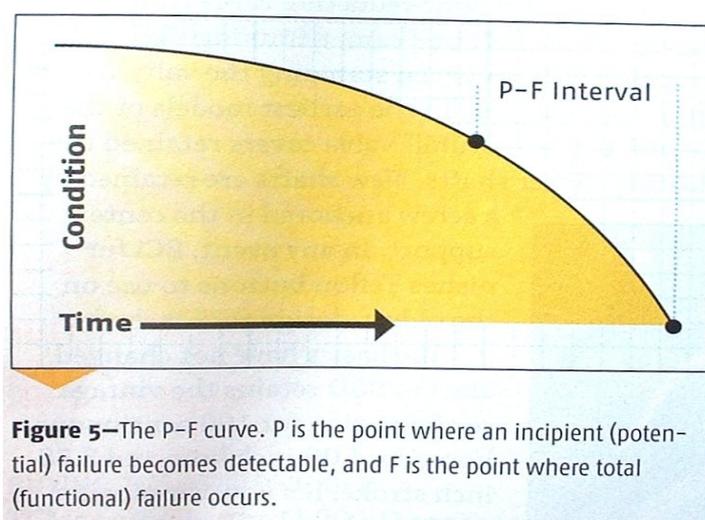
Gli studi RCM mostrano che i limiti di vita utile e le revisioni programmate sono tecnicamente fattibili solo se:

1. c'è un periodo di vita (TBO) chiaro, dopo il quale il componente mostra un rapido aumento della probabilità condizionale di avaria (per es. una zona evidente di danneggiamento) e
2. la maggior parte dei componenti sopravvive a questo periodo, cioè la probabilità delle avarie premature è abbastanza limitata.

MANUTENZIONE ON-CONDITION

La manutenzione on-condition consiste nel controllo di potenziali avarie, in modo che l'azione possa essere intrapresa per prevenire guasti funzionali prima che avvengano.

Anche se la RCM ha rilevato che spesso ci sono delle scarse relazioni o non ci sono del tutto tra il tempo di servizio (time-in-service) e una probabile avaria, la maggior parte dei guasti fornisce una specie di avviso del fatto. Se riusciamo a cogliere questi avvisi in tempo utile, saremo capaci di effettuare le azioni manutentive per prevenire l'avaria stessa ed evitarne le conseguenze, come si vede nella fig. 5.



Se si riesce a riconoscere un'avaria incipiente nell'intorno del punto P (laddove comincia a essere rilevabile) e il punto F (dove avviene il guasto definitivo), può darsi che si possa agire in modo da prevenirne le conseguenze. Se ciò sia tecnicamente fattibile o no dipende da quanto rapidamente l'avaria avviene nella realtà, dall'anticipo con cui diventa rilevabile e da quanto difficile è il suo riconoscimento.

Il periodo di tempo di avviso tra la scoperta dell'avaria potenziale e l'avverarsi dell'avaria funzionale definitiva è conosciuto, nel linguaggio RCM, come "intervallo P-F". Può essere misurato in ore, cicli, mesi calendariali o ogni altra misura adeguata. Per rilevare delle avarie in modo affidabile prima della loro comparsa, gli interventi (task) della manutenzione on-condition devono essere eseguiti a intervalli che siano inferiori a quello P-F. In pratica, normalmente è buona cosa

stabilire la loro frequenza in modo che corrisponda alla metà dell'intervallo P-F. Se l'intervallo P-F vale 100 hr, dobbiamo eseguire l'ispezione ogni 50 hr, per assicurarci di scoprirla abbastanza in anticipo sul suo avverarsi. Questa situazione di monitoraggio è considerata fattibile tecnicamente, se:

- è possibile identificare una condizione di avaria potenziale ben definita e rilevabile,
- l'intervallo P-F è abbastanza ampio e prevedibile,
- è pratico ispezionare o tenere sotto controllo il componente a intervalli di circa la metà del P-F.

Il prossimo mese, entreremo nel merito degli aspetti essenziali di come applicare i principi RCM alla manutenzione dei nostri velivoli dell'aviazione generale, con motore a pistoni, con particolare attenzione ai motori a pistoni.

Se volete imparare qualcosa di più riguardo al RCM, leggete:

- *Reliability-centered Maintenance*, John Moubray, second edition. 1997 ISBN'-8311-3078-4;
- *Reliability-centered Maintenance*. Il rapporto originale del 1978 Nowlan & Heap è disponibile presso il National Technical Information Service (www.NTIS.gov). il numero del documento è ADA066579.