



REGIONE CAMPANIA

Provincia di Avellino

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEL COMUNE DI GUARDIA LOMBARDI

Comune di Guardia Lombardi

Località “*Piani Mattine*”

Proponente: **High Wind s.r.l.** Corso Italia, 27- 39100 Bolzano; pec: highwind@emsmail.it

Tavola n. **R07**

PROGRAMMA DI MANUTENZIONE IMPIANTO

Progetto Definitivo

Elaborazione: dicembre 2019

Progettazione

Arch. Walter Donato MORANO



Spazio per visti ed autorizzazioni/osservazioni:

Sommario

❖	<i>INDIVIDUAZIONE DEI SISTEMI CRITICI</i>	2
❖	<i>GENERATORE</i>	4
❖	<i>I GUASTI EVIDENZIATI SUI MOTORI ELETTRICI</i>	4
❖	<i>GUASTI RILEVATI DURANTE LE MANUTENZIONI O PROVE</i>	4
❖	<i>PROGRAMMA MANUTENTIVO</i>	4
a.	analisi dei parametri di progettazione e collaudo;	5
b.	monitoraggio dei sistemi o dei componenti;	6
c.	confronto dei dati;	7
d.	registrazione dati e anomalie in un database;	7

❖ *INDIVIDUAZIONE DEI SISTEMI CRITICI*

Il programma di manutenzione dell'impianto è redatto seguendo le impostazioni della norma UNI 10336 "Criteri di progettazione della manutenzione".

Per la definizione della criticità dei sistemi, in base all'esame della normativa in materia di progettazione della manutenzione (UNI 10336) e vista la politica gestionale che intende attuare il proponente, si è ricorso all'utilizzo della disponibilità.

Si considera componente critico, per gli aerogeneratori in oggetto, quel componente, organo o sistema che in seguito al suo degrado fisico e funzionale, con conseguente avaria e/o rottura, ne riduce la disponibilità.

Tale affermazione scaturisce dal fatto che la produzione di energia è funzione di parametri ambientali esterni, e che il livello di produzione può essere aumentato con interventi di tipo manutentivo, atti a rendere disponibile la macchina nei periodi di alta ventosità, in cui si ottiene una elevata produzione di energia elettrica.

La scelta di tale parametro è indirizzata verso l'affidabilità del sistema complessivo: appare di conseguenza logico considerare critici, e analizzare più a fondo, quei sistemi

che manifestano il maggior numero di avarie, e che quindi necessitano di interventi manutentivi più frequenti.

Per quanto riguarda la frequenza delle avarie, i valori sono estrapolati principalmente dall'analisi di impianti simili e da una ricerca bibliografica, tendente all'individuazione dei principali parametri statistici dei singoli componenti costituenti le macchine.

Si è tenuto conto, inoltre dei tempi di riparazione propriamente detti, anche dei tempi di smontaggio e rimontaggio e dei tempi di approvvigionamento dei pezzi, assegnando un valore qualitativo in base alla complessità costruttiva del componente, alla dislocazione dello stesso all'interno della navicella, ed al tempo di approvvigionamento dei materiali e dei ricambi necessari.

Come esempio si potrebbe pensare ai cilindri di attuazione del passo che sono situati all'interno del mozzo, quindi in una posizione non facilmente raggiungibile, o al generatore che è racchiuso in un involucro necessario al suo raffreddamento, o alle pale del rotore, che nel caso di avaria grave con necessità di sostituzione, oltre a dover essere smontate tramite l'utilizzo di una gru da circa 120m, devono essere fatte arrivare direttamente dalla sede dello stabilimento di produzione degli aerogeneratori.

Ne consegue, che per mantenere un'elevata disponibilità, è necessario tenere un tempo medio di ripristino il più basso possibile. Infine occorre tenere in debita considerazione il fatto che durante il funzionamento delle macchine, alcuni organi lavorano incessantemente o quasi per tutto l'anno, mentre altri sono soggetti ad un numero di ore di lavoro nettamente minore.

Essendo l'usura funzione del numero di ore di esercizio, quei componenti a basso "coefficiente di utilizzazione" provocheranno presumibilmente minori problematiche e pertanto necessiteranno di un numero di interventi minore.

Si pensi ad esempio ai motoriduttori di imbardata, che, come risulta dall'analisi delle ore di funzionamento, lavorano su tutte le macchine, mediamente meno di 200 ore annue.

Differente è invece l'utilizzo di altri componenti o sistemi, come ad esempio il sistema PLC che monitorizza senza sosta la macchina, o al sistema del passo che rimane anch'esso sempre in attività.

Ai parametri ora analizzati è stato assegnato un peso legato all'incidenza del parametro stesso sulla affidabilità.

Ricordando che lo studio della criticità viene incentrato o indirizzato verso l'affidabilità e disponibilità, i pesi assegnati ai tre parametri sono nell'ordine: 50% alla frequenza dei guasti, 30% al tempo medio di ripristino e 20% alle caratteristiche di funzionamento.

Per la ricerca del sistema critico, si è proceduto tramite una analisi qualitativa.

Noti i parametri ed i relativi pesi P_i , e noti gli indici di valutazione, per ogni singolo sistema, si può calcolare l'indice di criticità tramite la seguente:

$$\text{Indice di Criticità} = \sum_i P_i * V_i$$

ed una volta ordinati i sistemi in esame in modo decrescente in base a tali indici, si individuano le macchine o sistemi critici, in base al valore stesso dell'indice.

In base a queste considerazioni, a tale sistema, sono stati assegnati indici di valutazione massimi in ogni categoria.

Una volta individuati i sistemi critici, si procede ad una ulteriore analisi per l'individuazione dell'appropriata politica manutentiva.

Uno studio completo in tal senso, è stato effettuato sul "generatore", che ha un ruolo fondamentale nella lista di criticità.

❖ *GENERATORE*

Per questo tipo di macchine si fa riferimento alle indicazioni del costruttore.

Per cercare di conoscere i principali difetti e i componenti più propensi al guasto si è ricorso ai dati conoscitivi di altri impianti analoghi ed alla letteratura.

❖ *I GUASTI EVIDENZIATI SUI MOTORI ELETTRICI*

Molti dei guasti dei motori elettrici sono di natura meccanica. Dati storici sui guasti indicano che la rottura dei cuscinetti pesa per circa il 37% sul totale dei guasti dei motori.

La seconda maggior causa è attribuita agli avvolgimenti statorici e rotorici, per circa il 33% del totale.

Entrambe le cause valgono perciò il 70% dei guasti sui motori elettrici.

❖ *GUASTI RILEVATI DURANTE LE MANUTENZIONI O PROVE*

Da un'attenta analisi dei guasti, si è giunti ad identificare e classificare la serie di cause e concause alla base della generazione dei guasti.

Nel caso degli avvolgimenti statorici, l'interruzione dell'isolamento è la causa visibile, mentre le cause scatenanti sono il "normale invecchiamento", la presenza di "condensa", la "contaminazione", attribuibili al contesto esterno.

Queste pesano complessivamente per il 35%.

Appare quindi evidente come la vita delle macchine possa essere prolungata con azioni corrette di manutenzione predittiva, attraverso il monitoraggio e l'attenzione alla percezione dei sintomi premonitori di guasto.

Questi segnali, talvolta deboli, devono essere noti e rilevabili attraverso opportune metodologie e modalità operative, oggetto della manutenzione preventiva.

❖ *PROGRAMMA MANUTENTIVO*

Precedentemente si è accertato che il generatore, per le macchine in esame, rappresenta un sistema critico e si sono individuate le principali cause che potrebbero creare problemi, fra queste:

- dalla letteratura: probabili avarie sugli avvolgimenti e sui cuscinetti;
- dall'analisi dei service report manutentivi: avarie riscontrate sugli

avvolgimenti, sul gruppo dei contatti rotanti (circuito di eccitazione del rotore), sull'unità di ventilazione dei contatti rotanti.

Sostanzialmente si ha quindi una forte convergenza fra i dati riportati in letteratura quelli riscontrati durante il funzionamento di impianti analoghi.

Si vuole ora proporre una tecnica di monitoraggio capace di evidenziare eventuali segnali deboli premonitori di un imminente guasto.

Si è pensato di utilizzare una manutenzione preventiva su condizione, ossia con monitoraggio del sistema ad intervalli di tempo variabili e dipendenti dai segnali registrati di volta in volta.

Nel prospetto che segue sono calendarizzati le seguenti manutenzioni, in aggiunta degli interventi di manutenzione preventiva, con cadenza semestrale che sono:

1. controllo connessione cavi;
2. controllo e lubrificazione cuscinetti;
3. controllo gruppo contatti rotanti;
4. sostituzione spazzole in carbonio;
5. verifica integrità e pulizia filtro ventola contatti rotanti; oltre ai seguenti impostati con cadenza pari a 1000 ore di funzionamento effettivo;
6. controllo termografico di tutte le parti elettriche (connessioni, interruttori, contatti rotanti)
7. controllo dello stato dell'isolante dei conduttori;
8. controllo vibratorio dei cuscinetti.

Per quanto riguarda, invece, la manutenzione preventiva occorre impostare la stessa attraverso una procedura di monitoraggio basata sull'analisi vibratoria e termografica, estesa a tutti i componenti critici e non dell'aerogeneratore, come ad esempio a tutte le parti rotanti (cuscinetti albero lento, cuscinetti pompe idrauliche e ventilatori, cuscinetti moltiplicatore, rotismi moltiplicatore) e le parti elettriche ed elettroniche (interruttori, connessioni elettriche, verifica stato conduttori, controllo trasformatore, controllo schede elettroniche).

Naturalmente, le frequenze delle ispezioni sono variabili a seconda del componente interessato, ma comunque calcolabili secondo la metodologia e lo schema utilizzato per il generatore.

L'analisi dei dati delle successive vibration history consente la formulazione di un programma di manutenzione predittiva basato sull'analisi delle vibrazioni.

La procedura di monitoraggio si dovrà sviluppare nelle fasi seguenti e dovrebbe coinvolgere per alcuni aspetti il costruttore:

a. analisi dei parametri di progettazione e collaudo;

ogni componente meccanico (moltiplicatore, generatore, sistema del passo), è sottoposto inizialmente dal produttore ad una serie di collaudi per la verifica delle tolleranze, delle condizioni operative e dei range di utilizzo impostati in fase di progettazione.

Questi limiti quantitativi, per ogni tipologia di macchina, sono riportati in apposita documentazione allegata ai manuali di utilizzo e manutenzione.

La loro analisi è essenziale per definire la tipologia di strumentazione adottabile, le tarature e le impostazioni necessarie degli strumenti di diagnostica, il posizionamento dei sensori.

In particolare, per la misura delle vibrazioni, è essenziale l'analisi suddetta in fase di collaudo al banco della macchina, in quanto permette di confrontare i parametri di partenza, macchina perfettamente funzionante, con quelli in esercizio al fine di verificare lo stato di salute della macchina;

b. monitoraggio dei sistemi o dei componenti;

Come già detto si adottano principalmente due tecniche di monitoraggio: l'analisi delle vibrazioni e la termografia.

A fianco a tali tecniche si può anche effettuare, attraverso l'utilizzo di un multimetro, *l'analisi dell'isolante dei conduttori statorici e rotorici*.

Vibrazioni. La presenza di una qualsiasi anomalia in un sistema dinamico dà luogo ad una variazione dell'intensità vibratoria del sistema stesso.

In alcuni casi possono manifestarsi picchi di intensità tale da superare il "rumore di fondo" proprio del sistema.

Alcune fra le tecniche di analisi vantaggiosamente utilizzate per la misura delle vibrazioni dei cuscinetti e disponibili in commercio, sono:

- *Livelli globali:* questi indicatori sono facili da utilizzare per il monitoraggio in generale dell'usura dei cuscinetti a rotolamento con velocità di rotazione maggiori di 300 rpm. Le soglie di severità devono essere fissate per ogni velocità di rotazione e per ogni carico.
- *Defect factor:* questo specifico indicatore, avente una sola scala di valutazione indipendente dalla velocità di rotazione, può essere applicato a motori, pompe e ventilatori. Il Defect Factor mette in evidenza gli effetti delle cricche a fatica e delle usure estese degli elementi rotanti. Esso non è affidabile alle basse velocità di rotazione.
- *Kurtosis:* questo indicatore statistico è adatto per l'analisi delle difettosità a basse velocità di rotazione. Ma le macchine non devono essere sede di shocks continui o transienti (ingranaggi di forni rotanti, riduttori per cicli pesanti, ecc.). Normalmente questo indicatore deve essere usato con valori globali rms e segnali temporali.
- *Concatenazione dello spettro:* fornisce tutte le informazioni sulle vibrazioni della macchina. Attraverso la funzione di ricerca automatica delle frequenze dei difetti cursori armonici e delle bande laterali è possibile individuare i difetti dei cuscinetti a partire dallo stadio primitivo di evoluzione.
- *Spettro envelope:* questo metodo di calcolo deve essere effettuato su di una zona di risonanza dello spettro della vibrazione (esso deve operare su di uno spettro a larga banda). Il metodo fornisce buoni risultati per il 90% dei casi analizzati e non lavora correttamente per il restante 10% dei casi a causa di: errato filtraggio dell'area di calcolo, numero insufficiente di shocks in alta frequenza.
- *Metodi indiretti:* l'analisi delle scatole ingranaggi, attraverso l'elaborazione delle frequenze di ingranamento, può fornire informazioni complementari sui meccanismi di usura dei cuscinetti. In particolare, attorno alla frequenza di ingranamento, si manifestano le componenti della modulazione soprattutto quando il gioco del cuscinetto diventa importante.

I risultati delle diagnosi migliorano quando si prende in considerazione la struttura meccanica nella sua interezza.

Termografia. Il principio si basa sulla misura della distribuzione dell'energia irradiata da una superficie, correlata alla variazione di temperatura e/o emissività superficiale dell'oggetto in esame.

Un'anomalia in tale distribuzione di temperature è indicativa di un possibile difetto.

Il metodo termografico trova oggi applicazione in numerosi settori, tra i quali vi è sicuramente quello della manutenzione, dove tale tecnica viene utilizzata nelle seguenti applicazioni:

- *Ispezione di linee elettriche e sottostazioni.*
- *Ispezione di quadri elettrici per individuazione punti caldi.*
- *Ispezione di componenti elettrici.*
- *Individuazione di surriscaldamento per usura, disallineamento o mancanza di*
- *lubrificazione di cuscinetti e motoriduttori*
- *Controllo temperatura dei componenti di centrali oleodinamiche (olio, pompa,*
- *motore, valvole, accumulatori, filtri, ecc.).*
- *Controllo di organi meccanici in movimento ed individuazione delle zone calde*
- *causa attrito o mancanza lubrificazione.*
- *Quadri di comando e trasformatori*
- *Azionamenti di motori elettrici*

c. confronto dei dati;

lo stato di salute di una specifica macchina o componente deve essere valutato confrontando le misure ottenute sul campo attraverso l'utilizzo di apposita strumentazione, con i limiti quantitativi imposti in fase di progettazione;

d. registrazione dati e anomalie in un database;

è di fondamentale importanza per l'applicazione corretta delle metodiche manutentive su condizione la realizzazione di un database che inglobi tutte le informazioni rilevate dall'impianto.

Con i dati ricavati dal monitoraggio è possibile modificare gli intervalli delle future ispezioni, predisporre la sostituzione di componenti, avere in qualsiasi momento un trend di dati confrontabili, implementare ed ottimizzare il sistema di manutenzione.



Progettazione

Arch. Walter Donato MORANO