

Centrale di teleriscaldamento: le vibrazioni anomale sul generatore

del turbogruppo

www.vareserisorse.it

Teleriscaldamento.

Varese Risorse gestisce la centrale di teleriscaldamento che serve una parte della città, 125 utenze. La rete si estende per più di 15 km e serve utenze primarie quali gli Ospedali, l'Università dell'Insubria e la Fondazione Molina. La centrale genera potenza termica primariamente tramite una cogenerazione, secondariamente tramite cinque caldaie di riserva e integrazione alimentate a gas naturale. La cogenerazione si realizza tramite un turbo gruppo della potenza nominale di 5 MWe composto da una turbina a gas GE/Nuovo Pignone PGT5, un riduttore Flender Grafenstaden TRE50/53 e da un alternatore AVK DIDBN150/145 m/4 e una caldaia a recupero della potenza termica di 11 MW_t, munita di postcombustore della potenza termica di 4 MW_t. L'acqua calda a 90 °C viene distribuita nella rete di teleriscaldamento cittadino tramite un sistema di pompaggio in grado di spingere 1800 m³/h tramite sei pompe dotate di motori elettrici azionati da inverter e due pompe in stand by. Concentrando l'attenzione sul turbogas, in esso sono presenti due alberi distinti, uno che collega il compressore alla turbina di alta pressione, l'altro la turbina di bassa pressione al carico meccanico, nel caso di specie il generatore elettrico. Per collegare la turbina al generatore è presente un riduttore che porta la velocità di rotazione da 10.290 rpm a 1.500 rpm. L'alternatore ha la particolarità di avere un solo cuscinetto, sul lato eccitatrice; all'estremità opposta infatti il rotore si appoggia interamente su quello presente nel riduttore.

Presso la centrale di teleriscaldamento di Varese, gestita da Varese Risorse SpA, da circa 16 anni, oltre a distribuire acqua calda per riscaldamento e per usi sanitari, si è generata potenza elettrica, circa 4,8 MW, immessa ad alta tensione (132 kV) nella rete nazionale tramite un generatore sincrono trifase AVK, accoppiato, per mezzo di un riduttore, ad una turbina a gas GE/Nuovo Pignone. Tuttavia, dopo alcune operazioni di manutenzione sull'intero treno dell'impianto di potenza, si sono registrate vibrazioni anomale sul generatore che ne costringevano la fermata. Nonostante numerose campagne di test atte ad individuare le cause del problema e alcuni interventi anche gravosi sulla macchina per tentare di risolverlo, si è stati costretti ad acquistare un nuovo generatore elettrico per ripristinare il normale funzionamento. Ciò è avvenuto malgrado siano stati coinvolti in tali attività i costruttori di turbina e alternatore, entrambi tra i leader nel mondo e per questo il caso registrato a Varese può essere ritenuto singolare nel panorama mondiale. Il turbogruppo è stato così fermo per quasi due stagioni termiche, periodo nel quale Varese Risorse non ha potuto produrre calore in assetto cogenerativo per la rete di teleriscaldamento e vendere l'energia elettrica sul mercato libero.

Descrizione del problema

Aprile 2005 - L'impianto così descritto rimane in funzione senza problemi di vibrazioni fino alla manutenzione effettuata nell'aprile 2005 da Nuovo Pignone sulla turbina. Tale intervento prevedeva, tra l'altro, il disaccoppiamento del riduttore dal treno e dal generatore, per fare le impronte al riduttore stesso. Sia lo statore che il rotore del generatore vengono invece puliti e viene fatto un test sull'isolamento.

Fabio Fidanza, Ingegnere nucleare, Direttore Varese Risorse SpA (fabio.fidanza@vareserisorse.it);
Arturo Paradiso, Alessandro Pilati, Ingegneri aerospaziali.

Ottobre 2005 - Una volta rimontata l'unità, si notano delle vibrazioni verticali sul cuscinio del generatore lato eccitatrice di circa 20 mm/s (RMS), mentre a regime il valore atteso è di 2,5 mm/s. A questo punto comincia una lunga serie di test, analisi ed interventi per capire l'origine del problema. L'ispezione del generatore evidenzia alcune biette statoriche rotte nella parte inferiore. Effettuata la ribiettatura ed un'equilibratura in loco da Piaggio & Figli Srl, per più di due giorni le vibrazioni sono stabilizzate, notandone un trend di aumento con eccitazione inserita (Figure 1 e 2). Quindi si richiede un'analisi completa delle vibrazioni del treno a Nuovo Pignone.

Novembre 2005 - L'analisi spettrale (Figura 3) evidenzia un forte picco alla frequenza sincrona del generatore.

Dicembre 2005 - La prova dell'impedenza dinamica (Figura 4) mostra la possibile presenza di corto circuiti nel rotore; inoltre due prove di avviamento indicano la marcata sensibilità del generatore all'eccitazione, in quanto, in tali condizioni, si ha un progressivo aumento di vibrazioni. Si decide quindi di contattare il costruttore del generatore, AVK, per risolvere i problemi di natura elettrica.

Gennaio-Febbraio 2006 - AVK provvede a riavvolgere il rotore e a bilanciarlo. I test effettuati in officina in Germania, in condizioni di accoppiamento meccanico differenti rispetto al campo, sembrano confermare l'efficacia dell'intervento evidenziando la perfetta funzionalità elettrica del generatore con un regime vibrazionale sceso a 8 mm/s.

Aprile 2006 - Al ritorno dell'unità nella centrale di terleriscaldamento di Varese si registrano nuovamente vibrazioni superiori al valore di allarme. Varese Risorse contatta allora Elettro Multi Service, concessionaria di Leroy-Somer con sede a Piacenza. EMS. indica che il problema può essere di natura meccanica dal momento che è presente un picco alla quarta armonica nel momento dell'eccitazione. Dal momento però che i problemi elettrici sono stati esclusi da AVK, tale picco può essere causato da allentamento meccanico, distacco di alcune spire o giochi eccessivi. A seguito di un controllo le spire sono risultate ben fissate; si è quindi provveduto ad un bilanciamento a caldo in un forno con peso equilibratore di ben 400 grammi. Tale campagna di test ha dato come risul-

tato una riduzione delle vibrazioni a 3 mm/s con macchina non eccitata, ma anche la persistenza del trend a salire una volta effettuato il parallelo con la rete.

Novembre 2006 - Nuovo Pignone si propone per una serie di test atti a ricercare una possibile condizione di esercibilità del turbogruppo anche a carichi ridotti. In tale cam-

FIGURA 1
Variazione dell'intensità di corrente di eccitazione rispetto al tempo

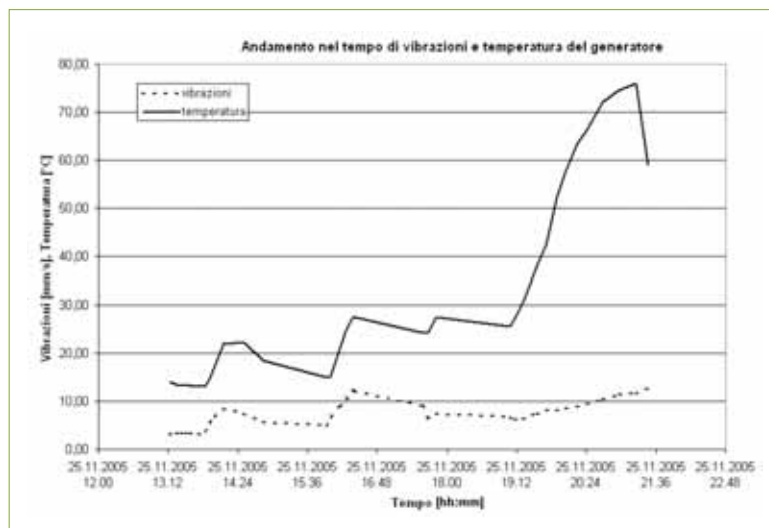
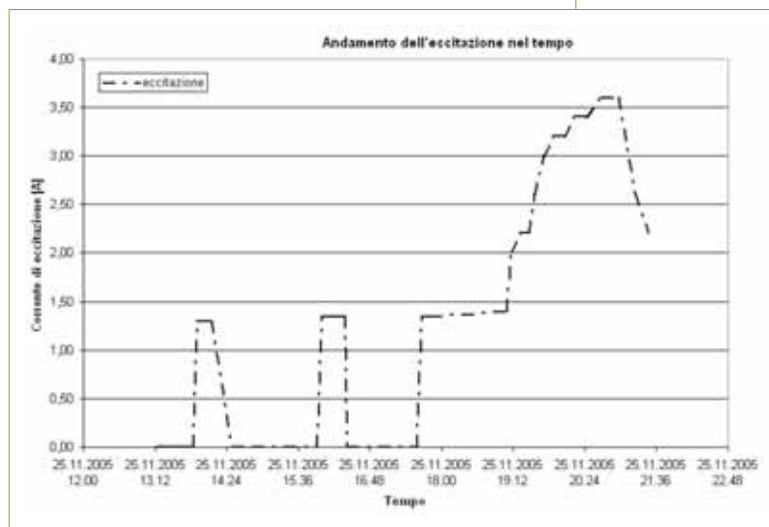


FIGURA 2
Variazione della vibrazione e della temperatura al variare del tempo

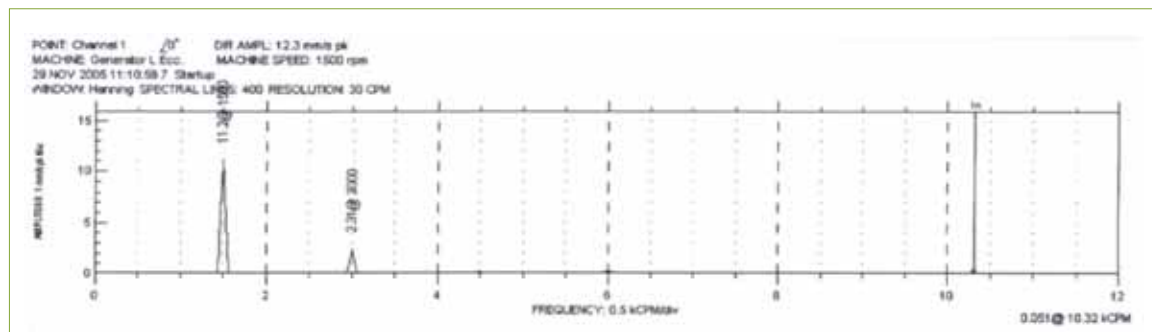


FIGURA 3
Spettro vibrazionale

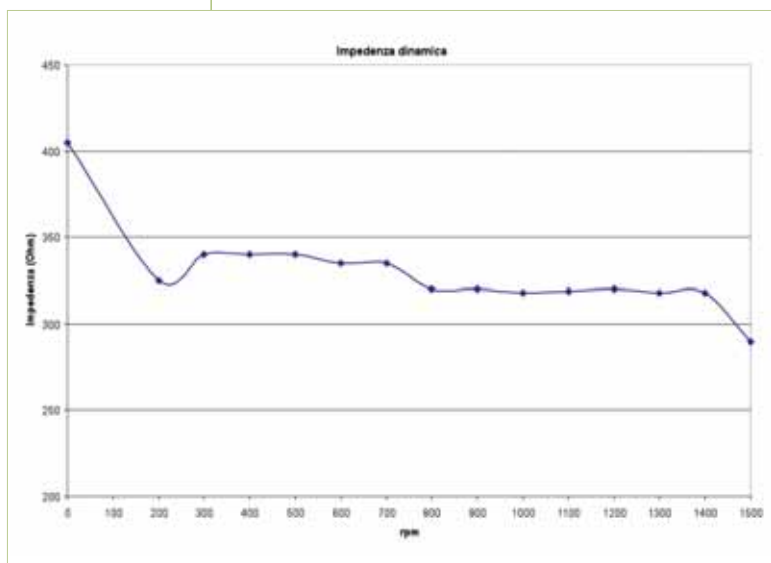


FIGURA 4 - Variazione dell'impedenza rispetto alla velocità di rotazione

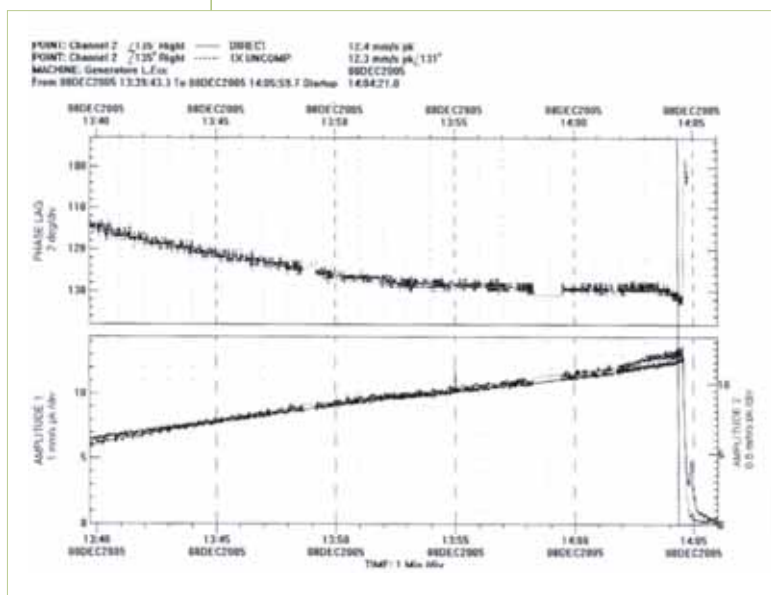


FIGURA 5 - Grafico dell'andamento registrato dell'ampiezza e della fase della vibrazione al variare del tempo

pagna si evidenzia che il generatore ha un comportamento sensibilmente diverso a caldo rispetto a freddo con vibrazioni nel primo caso pari al doppio che nel secondo. Picco verticale (mm/s)

Generatore caldo carico (2,2 MW)	15,9
Gen. caldo eccitato senza carico	15,1
Gen. caldo senza eccitazione	10,1
Gen. freddo senza eccitazione	5,9

Febbraio 2007 - Una seconda campagna di test effettuata da Nuovo Pignone prevede tra l'altro il tracciamento dei diagrammi polari dei cuscini dell'alternatore e del riduttore, i quali evidenziano uno sbandieramento del rotore dal lato eccitatrice mentre non si rilevano anomalie dal lato riduttore. Nonostante la portata degli interventi (sostituzione cuscinio del generatore, ricerca delle frequenze proprie, controllo riduttore da parte del personale Flender e allineamento) il problema non è stato risolto.

Giugno 2007 - Su progetto Nuovo Pignone viene acquistato un nuovo generatore per il turbogas da ASI Ansaldo. Nell'inverno 2007 il turbogas è rientrato in marcia commerciale.

Conclusioni

Le ipotesi sulle possibili cause più accreditate sono:

- marcata sensibilità termica;
- eventuali microcricche nel rotore.

La prima può essere dovuta a una distribuzione non uniforme di temperatura all'interno del rotore, causata, per esempio, da una ventilazione non omogenea. Questo fenomeno può essere ben osservato dall'aumento delle vibrazioni al crescere della temperatura provocato al momento dell'eccitazione e dalla variazione della fase delle vibrazioni (Figura 5). Si è confermato quanto osservato tramite un modello fisico del problema, in grado di legare la variazione di temperatura tra due zone diametralmente opposte del rotore alla velocità di vibrazione. La vibrazione risultante è infatti dell'ordine di grandezza di quelle misurate. Per quanto concerne la presenza eventuale di microcricche queste ultime, invece, possono essere state causate da un accoppiamento forzato e continuativo, come quello sperimentato dal generatore per più di dieci anni, tale da provocare una modifica permanente delle caratteristiche meccaniche al momento del disaccoppiamento, oppure da cadute accidentali del rotore. Quest'ultima ipotesi spiegherebbe anche la rottura di alcune bielte nella parte inferiore dello statore.

Si noti che le vibrazioni torsionali non sono state mai prese in considerazione come possibile causa poiché alle velocità critiche torsionali del turbogruppo, generate dalle risultanze dello studio di un modello fisico attagliato al caso di specie, non si sono rilevati picchi.

Il problema ha cagionato il forzato stop dell'alternatore con la conseguente impossibilità di produrre energia elettrica, oltre agli sforzi economici e tecnici per condurre le molteplici attività di diagnosi vibrazionali, test, manutenzione, sostituzione di parti. Si è quindi deciso, una volta appurata la non riparabilità del generatore AVK, di sostituire il generatore con un modello di simile potenza.