

Ottimizzazione dei sistemi di filtrazione d'aria per turbine a gas

Il corretto utilizzo dei filtri dell'aria può migliorare l'efficienza delle turbine a gas, in quanto rappresentano una barriera al passaggio delle sostanze contaminanti che aderiscono alle pale della turbina e ne peggiorano il funzionamento. I filtri aria rappresentano una specifica perdita di carico

Carlo Coltri
Vokes Air

Le prestazioni dei filtri aria sono definite secondo la norma EN 779/2011 aggiornata di recente per tenere conto anche dell'efficienza minima. Secondo la norma, i filtri sono classificati in filtri grossolani (G) (*coarse*), medi (M) (*medium*) e fini (F) (*fine*) (**tabella 1**).

I parametri che caratterizzano i filtri sono:

- efficienza in massa media A_m , ossia il rapporto tra la quantità totale di polvere utilizzata per l'intasamento trattenuta dal filtro e la quantità di polvere iniettata fino alla caduta di pressione finale (questo parametro viene utilizzato per classificare i filtri grossolani di classe G);
- efficienza in numero media E_m per particelle con diametro di $0,4 \mu\text{m}$ (questo parametro viene utilizzato per classificare i filtri di classe M ed F);

- capacità di accumulo, ossia la quantità di polvere accumulata fino alla pressione finale (in g);
- perdita di carico iniziale, ossia la perdita di carico (Pa) del filtro nuovo funzionante alla portata d'aria di prova;
- efficienza minima: è l'efficienza minima tra l'efficienza iniziale, l'efficienza scaricata dai fenomeni elettrostatici e la minore efficienza durante tutta la procedura di carico del test.

Miglioramento dell'efficienza mediante impiego di filtri assoluti

Una turbina a gas di elevata potenza aspira significative portate d'aria (fino a 2 milioni di m^3/h)

Group	Class	Final pressure drop Pa	Average arrestance (A_m) of synthetic dust %	Average efficiency (E_m) of $0,4 \mu\text{m}$ particles %	Minimum efficiency (a) of $0,4 \mu\text{m}$ particles %
Coarse	G1	250	$50 \leq A_m < 65$		
	G2	250	$65 \leq A_m < 80$		
	G3	250	$80 \leq A_m < 90$		
	G4	250	$90 \leq A_m$		
Medium	M5	450		$40 \leq E_m < 60$	
	M6	450		$60 \leq E_m < 80$	
Fine	F7	450		$80 \leq E_m < 90$	35
	F8	450		$90 \leq E_m < 95$	55
	F9	450		$E_m \leq 95$	70

Tab. 1 – Classificazione dei filtri secondo la norma EN 779/2011 in "grossolani" (G) ("coarse"), medi (M) ("medium") e fini (F) ("fine")

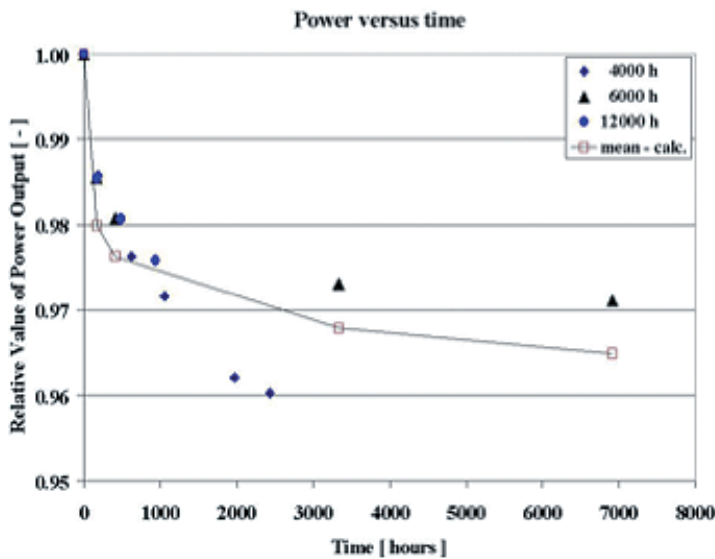


Fig. 1 – Andamento dell'efficienza della turbina in funzione del tempo dovuto all'effetto del fouling

d'aria) nella quale è sospeso particolato atmosferico di varia natura: residui di combustione, polveri, particelle e fibre di origine minerale e vegetale, sali solubili, idrocarburi ecc.

La presenza del particolato causa principalmente tre fenomeni: erosione, corrosione e fouling:

- l'erosione è causata da piccole particelle con diametro superiore a 5 μm e provoca lo smussamento del profilo delle pale oltre alla riduzione dello spessore della pala stessa;
- la corrosione avviene per effetto di una progressiva abrasione della superficie del metallo ed è un fenomeno legato alla reazione chimica tra le particelle solide aspirate e la superficie del metallo;
- il fouling, o sporcamento del compressore, consiste nel deposito sulle pale del compressore del particolato che causa la riduzione del rapporto di compressione con conseguente perdita di potenza.

L'obiettivo del sistema filtrante è quello di ridurre gli effetti indesiderati, in particolare il fouling, al fine di mantenere il corretto funzionamento della turbina a gas.

Per turbine di grande potenza, il sistema filtrante (detto "camera filtri" o *air intake*) contiene centinaia di filtri, disposti su grandi "pareti filtranti" reticolari, alle quali si accede tramite ballatoi esterni e interni, posti su più livelli.

Per ottenere la migliore performance è importante che il sistema filtrante sia stato progettato tenendo attentamente conto dei parametri tipici del microclima locale e delle caratteristiche dell'inquinamento ambientale del luogo di installazione. Un sistema di filtrazione per una zona rurale con contaminanti tipici quali polveri minerali, sali fertilizzanti, fibre, insetti, pollini dovrà essere diverso da uno per una zona umida

costiera (con la pericolosa presenza di nebbia salina) o per clima desertico.

Un buon sistema di filtrazione aria deve poi essere studiato in modo da non essere vicino a fonti inquinanti come sfiati di nebbie d'olio dei sistemi di lubrificazione (molto spesso vicini agli *air intake* nelle centrali) o a fonti di polvere, come delle miniere a cielo aperto.

Il miglioramento dell'efficienza dei sistemi di filtrazione delle turbine a gas, in parte oggetto di questo studio, è basato sull'utilizzo di filtri ad altissima efficienza (Hepa o Epa).

Normalmente il sistema di filtrazione è formato da pannelli coalescenti in fibra di vetro, seguiti da filtri a tasche flosce di classe G4 o M5 con il filtro finale di classe F8/F9.

Di seguito si confrontano i dati relativi a questo sistema con quelli relativi a un sistema dotato di filtro finale assoluto (di altissima efficienza).

Tralasciando i pannelli coalescenti che saranno trattati nel seguente paragrafo, viene analizzato di seguito il sistema classico basato su un prefiltro G4 e filtro finale F8; a fronte di una condizione ambientale esterna di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di concentrazioni di polveri, in una turbina da 250 MW entrano mediamente 13,1 kg/anno di polvere, che causano fenomeni di fouling, corrosione ed erosione.

Questo sistema ha una perdita di carico iniziale di 145 Pa.

L'alternativa da analizzare è un prefiltro G4, un filtro F9 e un filtro finale H11; in questo caso nella turbina arriveranno 26,8 g/anno con una perdita di carico iniziale di 360 Pa, notevolmente più alta di quella del caso precedente.

Se si passa da due a tre stadi, si ha il fattore negativo dell'aumento della perdita di carico a fronte di una significativa riduzione della polvere che arriva alla turbina.

Per calcolare il valore dell'incidenza della perdita di carico sul *power loss factor* di una turbina mediamente si considera che 50 Pa di perdita

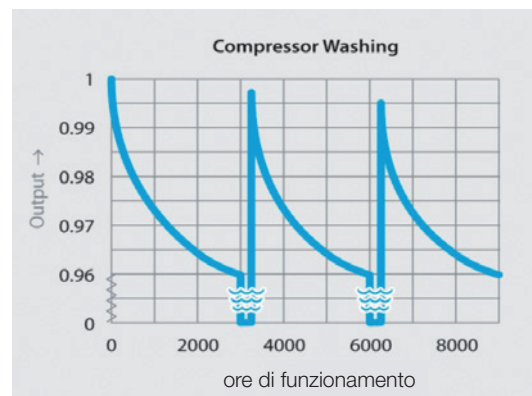


Fig. 2 – Andamento dell'efficienza della turbina dovuto al fouling con la filtrazione classica

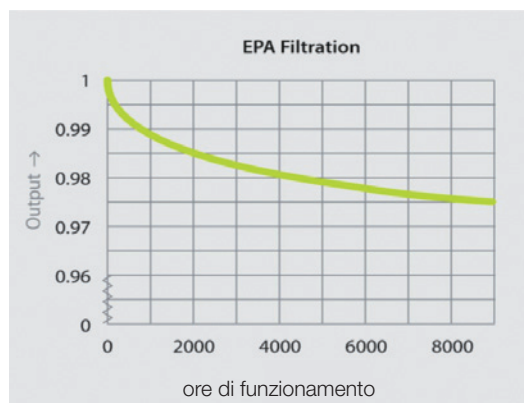


Fig. 3 – Andamento dell'efficienza della turbina dovuto al fouling con la filtrazione con filtri assoluti

di carico incidono approssimativamente per lo 0,1%.

Nella **figura 1** è riportato l'andamento dell'efficienza della turbina in funzione del tempo dovuto all'effetto del fouling [1].

Nella gestione delle turbine a gas, per riportare l'efficienza della turbina a un valore ottimale, si utilizzano i lavaggi off-line, ossia lavaggi con acqua e detergenti (considerati rifiuti pericolosi una volta utilizzati).

Nella **figura 2** e nella **figura 3** sono riportati, rispettivamente, gli andamenti dovuti al fouling con la filtrazione classica e quella con il filtro assoluto. Si può notare come nella filtrazione con filtro assoluto non sia necessaria il lavaggio off-line per 9000 ore. Questi andamenti sono confermati in [2].

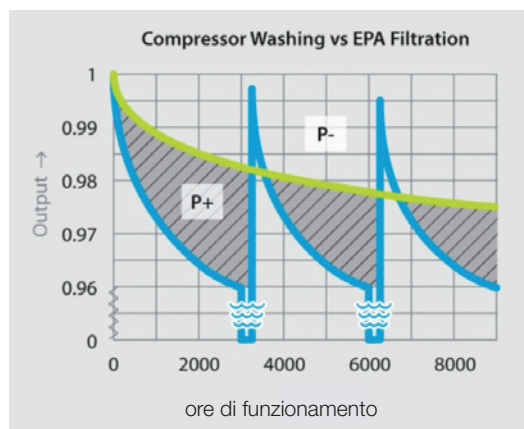


Fig. 4 – L'andamento dell'efficienza della turbina con filtrazione con filtro assoluto presenta minore fouling e minor peggioramento dell'efficienza

Sovrapponendo le due curve si ottiene il risultato della **figura 4**, confermato dai dati empirici, in cui si vede che la turbina con filtrazione con filtro assoluto ha minore fouling e minore peggioramento dell'efficienza.

Per quantificare il vantaggio bisogna fare un bilancio energetico tra minore fouling e maggiore perdita di carico.

La maggiore perdita di carico si può stimare in circa 0,4% (circa 200 Pa di differenza). Il minore fouling consente di avere circa 1,2% di miglioramento dell'efficienza (dato empirico medio). Il risultato complessivo è quindi un potenziale

miglioramento dell'efficienza di 0,8%. L'investimento (retrofit delle camere filtro) consiste nel cambiare il sistema di alloggiamento (telai metallici) dei filtri in modo che possano essere installati su tre stadi.

Su una turbina da 37 MW, il cambiamento da un sistema di filtrazione a due stadi a un sistema con filtrazione a tre stadi con filtro Epa ha portato un risparmio di 2300 MWh in un anno.

Miglioramento dell'efficienza mediante eliminazione di pannelli coalescenti o grate anti pioggia e utilizzo di prefiltri idrofobici

In passato il modo più semplice per fermare l'acqua al primo stadio degli air intake consisteva nell'utilizzo di pannelli coalescenti in fibra di vetro o di grate alettate anti pioggia. Questi sistemi presentano però un'elevata perdita di carico, soprattutto nel caso dei pannelli coalescenti sporchi: centinaia di Pa sono sprecati per poter catturare l'acqua ed evitare che arrivi ai filtri finali e alla turbina.

L'introduzione sul mercato di filtri di materiale idrofobico che svolgono la doppia funzione di filtro e coalescente ha permesso di ottenere notevoli vantaggi in termini di perdita di carico, mantenendo però la capacità di fermare l'acqua e aumentando la performance di filtrazione.

In vecchie camere filtro con pannelli coalescenti e/o grate anti pioggia nel primo stadio, si possono sostituire i pannelli con questi nuovi prefiltri coalescenti senza dover intervenire sulla struttura esistente e si può migliorare significativamente l'efficienza della turbina.

Miglioramento dell'efficienza mediante sostituzione dei filtri

Molto spesso la politica di "cambio filtri" per ogni stadio filtrante è definita non tanto in funzione del limite di perdita di carico, quanto in base a considerazioni di altri tipo, come ad esempio le fermate programmate dell'impianto per interventi manutentivi. Tenendo presente il costo di soli 50 Pa in termini di efficienza, esistono evidenti spazi di miglioramento nelle normali gestioni di una turbina a gas cambiando il filtro esattamente nel momento opportuno; il costo di sostituzione del filtro, infatti, non è paragonabile economicamente al peggioramento dell'efficienza dovuta a un filtro sporco con alta perdita di carico.

Conclusioni

I filtri aria sono molto spesso trascurati nella definizione di un progetto in ambito power; i filtri sono considerati *commodity* o semplici perdite di carico.

Questo studio evidenzia come una corretta selezione e gestione dei filtri, che tengano conto delle condizioni ambientali e delle nuove tecnologie, possano portare consistenti miglioramenti di efficienza alle turbine.

Bibliografia

- [1] Veer T., Haglerod K., Bolland O.: *Measured Data Correction for Improved Fouling and Degradation analysis of Offshore Gas Turbine* - Norwegian University of Science and Technology, pag. 6
- [2] Watanabe K., Arimura H., Akagi K., Sakuma H.: *Modernization and up grade programs for Mitsubishi Heavy Duty Gas Turbines*, pag. 5

Relazione presentata al convegno organizzato da Animp (Sezione Energia) e ATI Lombardia sul tema "Gestione della rete, energie rinnovabili e mercato del gas: quali risposte dai cicli combinati" - Milano, 26 giugno 2012



Carlo Coltri

Carlo Coltri è nato a Milano nel 1970 e si è laureato al Politecnico di Milano in Ingegneria Gestionale. La sua esperienza nel settore impiantistico è iniziata con KSB Italia (pompe e valvole), come responsabile Marketing e come Key Account Manager per la Business Unit Energia. Attualmente ricopre il ruolo di Country Sales Mana-

ger per Vokes Air in Italia, multinazionale svedese produttrice di filtri aria per turbine a gas. Dal 2011 ha anche la responsabilità corporate dello sviluppo per la Business Unit Power generation. E' membro del Comitato direttivo della Sezione Energia ANIMP e membro dell'Advisory Board di Power Turbine Europe.

How Correct Use of Air Filters can improve the Efficiency of Gas Turbines

The study will explain how the correct use of air filters can significantly improve the efficiency of gas turbines. Whilst the main focus will be filtration's role in the defense against contaminants that blunt performance, this paper will also examine the most effective methods of water removal and outline the key considerations when scheduling filter replacement.

1. Improving efficiency through EPA filtration
2. Improving the efficiency of gas turbines by eliminating coalescing panels or gratings rain and the use of prefilters hydrophobic.
3. Improve efficiency through the correct filter replacement