

## I ventilatori industriali

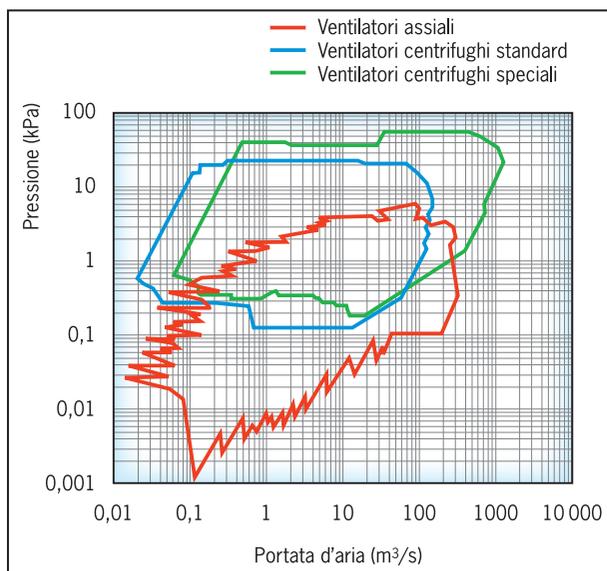
A differenza del comparto civile, i ventilatori impiegati in campo industriale pur non discostandosi come principi fondamentali, vantano una propria unicità in funzione delle specifiche lavorazioni e delle prestazioni richieste.

di Luca Ferrari

I requisiti e la relativa funzionalità dei moderni ventilatori industriali si sono notevolmente accresciuti nel corso degli anni. La varietà delle problematiche che si incontrano nello spostamento e trattamento dei diversi gas e le sempre maggiori prestazioni richieste, comportano difatti la necessità di progettare una vasta gamma di ventilatori in grado di poter ottimizzare la selezione voluta. In ambito industriale rimangono inevitabilmente sempre prioritarie alcune necessità, quali un basso costo d'investimento; un basso costo di esercizio e di gestione; un'alta affidabilità; una lunga durata; un indice di rumorosità tollerabile. Un'applicazione industriale ha quindi la necessità di mantenere con continuità un indice di affidabilità molto elevato, in quanto non è possibile accettare situazioni di default come lo è invece nelle applicazioni di solo comfort. Inoltre gli impegni a cui può essere soggetta l'unità ventilante sono decisamente più gravosi, tra i quali si ricorda il funzionamento continuo per 24 ore, le atmosfere aggressive, i carichi e gli sforzi ripetuti elevati. Il risultato finale è dunque quello di realizzare unità ventilanti, che pur conservando i principi fluidodinamici già noti, in realtà operano in situazioni spesso non convenzionali ed estreme, con conseguenti modifiche sostanziali delle regole di buon funzionamento che disciplinano di norma il loro comportamento in ambito civile.

### Le applicazioni

Lo sviluppo dei ventilatori specifici per il settore industriale ha seguito di pari passo l'evoluzione delle tecnologie dei processi ai quali venivano di volta in volta applicati. Nel tempo si sono così realizzati una considerevole variabilità di tipologie di ventilatori industriali che spaziano dal semplice ventilatore elicoidale impiegato per operazioni di leggera ventilazione, fino alle soffianti ad alte prestazioni di portata e pressione specifici necessari al funzionamento di macchine e impianti complessi. In generale, nel campo industriale vengono realizzate unità ventilanti in grado di elaborare portate d'aria (gas) superiori ai 1000 m<sup>3</sup>/s e fornire, tramite speciali macchine turboventilanti, salti



**1 Campi di esercizio delle diverse tipologie di ventilatori industriali. Speciali unità centrifughe possono operare con portate superiori ai 1000 m<sup>3</sup>/s e pressioni di oltre i 30 kPa.**

di pressione di oltre 30 kPa (figura 1). Oltre questo valore la definizione di ventilatore diventa impropria e risulta più corretto, in conformità alla classificazione ISO, parlare di turbocompressore. E' possibile inoltre distinguere due principali filosofie progettuali alle quali possono essere collegate l'utilizzo integrato e non, dei ventilatori industriali:

- la ventilazione, la depolverazione e il trasporto dell'aria, di particelle aerodisperse e di altri materiali risultato del processo di lavorazione;
- l'incremento dello scambio energetico dovuto al moto impulsivo fornito dal ventilatore (combustione, raffreddamento delle batterie di scambio termico, ecc.).

La specifica applicazione detta dunque la tipologia del ventilatore e il suo collocamento nell'impianto. Vengono così impiegati nel settore della produzione di energia elettrica grandi ventilatori (a più stadi centrifughi, ma anche assiali) in grado di assicurare portate d'aria superiori ai 50 m<sup>3</sup>/s per ottimizzare il processo di combustione e assicurare l'esatto mix tra il combustibile e l'aria, sia in depressione (induced draft fans) che in sovrappressione (forced draft fans). Allo stesso modo vengono utilizzati ventilatori assiali per convogliare le eccezionali portate d'aria per il raffreddamento delle unità di scambio termico e per le apparecchiature elettriche (alternatori, trasformatori). Altri campi che fanno largo

impiego dei ventilatori industriali sono quello chimico e petrolchimico. Inoltre molti processi chimici di ossidazione, rigenerazione, essiccazione e catalizzazione sono resi possibili anche grazie all'impiego di speciali ventilatori centrifughi ad alte pressioni (fino a 10 kPa) che vengono utilizzati come acceleratori dello scambio termico. Anche il mondo della produzione di componenti per l'edilizia si giova dell'aiuto dato da speciali unità ventilanti che svolgono il compito di convogliare ed espellere le polveri residue nei processi produttivi del cemento e aiutare i fenomeni di cottura e essiccazione nella produzione dei mattoni. Il settore siderurgico rappresenta probabilmente il settore dove trovano più ampia applicazione numerose versioni dei ventilatori industriali. Si hanno così ventilatori assiali per il raffreddamento veloce delle scorie, per il processo di granulazione con raffreddamento ad aria, e per il degasaggio di materiale ad ampie superfici stampate o espanse e in molto altro ancora. Vengono invece utilizzati potenti ventilatori centrifughi sulle linee di estrusione e laminazione dell'acciaio allo scopo di mantenere ad una temperatura uniforme (soaking pits) le barre e i coils prodotti. Anche nell'industria di produzione e lavorazione del vetro trovano ampia applicazione i ventilatori ad alta pressione per il raffreddamento della parti maggiormente esposte ai fenomeni



**2 Veduta dell'imponente carter esterno di un grosso ventilatore centrifugo "customer oriented" (Acovent).**

di surriscaldamento (ugelli del bruciatore e processo di fiberizzazione) e viceversa ventilatori a bassa pressione per accelerare la cessione del calore delle linee in acciaio contenenti il vetro fuso. Questo breve elenco lungi dall'essere esaustivo rende l'idea di un settore ampio e variegato dove la tecnologia e la ricerca di soluzioni innovative apre ogni volta la strada a nuove e inesplorate varianti costruttive dei ventilatori adottati.

**Le tipologie**

Si è già accennato al fatto che i ventilatori industriali, soprattutto quelli di grandi dimensioni, presentano di sovente delle particolarità costruttive tali da renderli di fatto un prodotto unico e non ripetibile.

In generale comunque, così come avviene nel settore civile, i ventilatori per impieghi industriali possono essere distinti in tre macro categorie: ventilatori centrifughi, ventilatori assiali e ventilatori a flusso misto. Il tipo di applicazione prevista detta prioritariamente anche la tipologia del ventilatore. Questo potrà

risultare dunque o un componente integrato a costituire una macchina/impianto complessi (ad esempio, scrubber, ciclone, ecc.) o viceversa un componente autonomo come nel caso dei processi di raffreddamento delle batterie di scambio termico. In entrambi i casi si può comunque affermare che le unità centrifughe (e in special modo quelle con girante a pale radiali) per la loro versatilità, robustezza e affidabilità, rappresentano largamente oggi la parte più consistente del mercato. Vengono difatti utilizzate anche con fluidi ad alte temperature, inquinati e aggressivi; in questi casi la girante e/o il carter possono essere realizzati totalmente in acciaio inox o in materiale plastico (figura 2). Negli ultimi anni si è andata poi consolidando la tendenza, già vista per i ventilatori assiali, di impiegare giranti centrifughe a pale rovesce con profilo alare, in grado di aumentare considerevolmente il valore dell'efficienza fin oltre l'80% (figura 3). Ventilatori centrifughi a doppia aspirazione assicurano inoltre elevate capacità di portata, mentre quelli pluristadio realizzano salti di

pressione di oltre 80 kPa. Pur avendo una diffusione in ambito industriale più circoscritta, i ventilatori assiali rappresentano in alcune situazioni e particolari processi produttivi l'unica soluzione praticabile (oltre ad essere meno costosi) in virtù del corpo compatto (sono meno pesanti e ingombranti) e della bassa massa rotante. Sono comunque a parità di condizioni più rumorosi (in special modo alle alte frequenze, in quanto di norma ruotano più velocemente) dei ventilatori centrifughi (figura 4). Il perfezionarsi della tecnologia applicata al moto di rotazione e spinta, ha comunque reso possibile di poter disporre di elevate pressioni statiche anche per questa tipologia di ventilatori. Sono anche in questo caso altresì previsti ventilatori multistadio (anche controrotanti) in grado di elaborare portate d'aria molto elevate. Delle differenti versioni previste, i modelli intubati (più efficienti) con cassa di tipo corto o lungo e palettatura a profilo aerodinamico, garantiscono le prestazioni numericamente più impegnative. Sono inoltre dotati di un controllo dinamico (o statico) dell'angolo d'inclinazione delle pale, modo per cui è possibile adattare le condizioni di esercizio e di funzionamento a quelle richieste. Normalmente il ventilatore assiale fornisce in controrotazione una portata d'aria del 65/70%, ma gli ultimi modelli permettono risultati nell'ordine del 95%. L'inversione del flusso deve essere eseguita a ventilatore fermo e può essere ottenuta scambiando i collegamenti elettrici. I ventilatori assiali a impulso (jet fans) sospesi al soffitto rappresentano l'ultima frontiera per quanto riguarda la movimentazione e la ventilazione in campo aperto di consistenti quantità d'aria, e trovano naturale applicazione nella ventilazione delle gallerie e delle autorimesse indoor. La presenza del motore all'interno del flusso costituisce un problema nel caso si debba elaborare un flusso d'aria caldo e/o umido. In questi casi sono stati realizzati ventilatori



**3 Girante di un ventilatore centrifugo a pale rovesce. Le dimensioni e la criticità del funzionamento costringono ad un accurato controllo in fabbrica di ogni elemento, ivi incluso il bilanciamento (Process Barron).**

con un'intelaiatura biforcata, consentendo di alloggiare il motore esternamente alla cassa. I ventilatori a flusso misto (elicocentrifughi), che permettono dunque un'aspirazione e uno scarico assiali, mentre il fluido segue internamente un percorso centrifugo, trovano modesta applicazione nei processi industriali.

#### **Esecuzioni costruttive**

Mentre i ventilatori assiali conservano generalmente una omogenea configurazione, i ventilatori centrifughi sono dotati di una più ampia libertà di esecuzione in modo che è divenuto necessario prevederne una classificazione regolamentata. Difatti la posizione del motore, il sistema di trasmissione della potenza e la geometria dell'aspirazione e dello scarico del fluido dal ventilatore centrifugo distinguono una regolare numerazione di configurazioni, classificate dall'associazione americana Amca (Air Movement and Control Association), così come riportato nella figura 5. Da un punto di vista delle prestazioni, un ventilatore nella configurazione 1 permette una flessibilità maggiore. In questa disposizione infatti, entrambi i cuscinetti sono esterni al flusso d'aria e quindi teoricamente non si pone nessun limite alle dimensioni del motore. In questo modo solo la velocità massima del ventilatore ed la durata del motore in

condizione di sovraccarico (service factor) limitano la scelta del motore. La disposizione 1 inoltre concede la flessibilità di avere quattro possibili posizioni del motore: W, X, Y e Z (figura 6). Diventa così realizzabile la disposizione del motore in una posizione preferenziale per l'ispezione, evitando anche qualsiasi possibile interferenza con la canalizzazione di mandata. Viceversa questa configurazione occupa uno spazio consistente del pavimento e richiede un appoggio strutturale esteso. La configurazione 3 risulta molto simile a quella 1, nel fatto che richiede anch'essa una base strutturale di appoggio per il motore, ma diversamente i cuscinetti della girante sono posizionati su entrambi i lati. Questo assicura un miglior stabilità strutturale e una dimensione più contenuta del ventilatore, inoltre risulta facilmente trasportabile anche attraverso percorsi angusti. Una sicura limitazione viene dalla temperatura di funzionamento data la prossimità del motore con il flusso d'aria elaborato. I ventilatori nelle configurazioni 9 e 10 sono anch'essi limitati dalle temperature della corrente d'aria (massimo 250 °C).

#### **Trasmissione del moto**

La maggior parte dei tipi di ventilatori industriali possono essere direttamente accoppiati (azionamento diretto) o forniti con trasmissione

a cinghia. Normalmente i grandi ventilatori centrifughi, a differenza di quelli assiali, vengono azionati attraverso una trasmissione a cinghia (figura 7). La trasmissione a cinghia permette una maggiore flessibilità nel poter modificare la velocità di rotazione del ventilatore tramite una variazione dei rapporti nelle pulegge, entro un intervallo normalmente compreso in un 25% di quella nominale. La trasmissione a cinghia offre l'indubbio vantaggio che il motore risulta esterno al corpo del ventilatore e può quindi essere sostituito facilmente. Di contro presenta una serie di perdite di potenza supplementari dovute ai diversi attriti sviluppati dai cinematismi della trasmissione (cinghie, pulegge, slittamenti e allineamenti). In virtù delle diverse e certamente più severe sollecitazioni, anche i diversi componenti dell'unità ventilante ad impiego industriale devono essere investigati con un'attenzione particolare. Per la sua complessità il sistema di trasmissione del moto risulta il componente più critico e quindi soggetto a possibili default. In particolare i cuscinetti posti sia sull'albero di trasmissione e/o di rotazione, sono soggetti ad innumerevoli complicanze se non che a costante logorio e deterioramento, fatti questi che ne abbreviano velocemente la vita residua di regolare funzionamento.

Fra le maggiori cause di dissesto dei cuscinetti è possibile riassumere in percentuale:

- un'inadeguata lubrificazione (36%);
- cedimento a fatica (34%);
- contaminazione con fluidi aggressivi (14%);
- altre cause, ad esempio vibrazioni (16%).

Diventa così necessario, oltre a prevedere un adeguato processo di manutenzione, l'aggiunta di un possibile circuito indipendente (esterno) adatto alla lubrificazione dei cuscinetti.

Questo diventa indispensabile per quelle



**4 Come per i modelli centrifughi, anche i ventilatori assiali per impieghi industriali vengono realizzati specificamente su commessa, in modo da rispondere esattamente alle esigenze progettuali dell'impianto.**

applicazioni industriali che per diversi motivi (alta velocità di rotazione, elevata temperatura ambiente, ecc.) raggiungono temperature elevate nei punti di contatto e scorrimento, vanificando così il sistema di lubrificazione statico (con ingrassaggio), in quanto oltre i 100 °C la viscosità dell'olio subisce un brusco deterioramento.

Quando invece le temperature elevate vengono riscontrate nella portata d'aria elaborata (gas), una corretta progettazione suggerisce di prendere in considerazione il posizionamento dei cuscinetti esterni al flusso (viceversa devono essere isolati e protetti). Nei ventilatori a trasmissione indiretta, la presenza della cinghia e delle rispettive pulegge, ed in modo particolare il suo pretensionamento, aggiungono inevitabilmente un ulteriore complessità all'unità ventilante.

Le pulegge scanalate sono disponibili a passo fisso o regolabile, in questo caso bisogna comunque accettare un aumento delle vibrazioni indotte. In virtù delle elevate potenze impiegate nel settore industriale e nel caso si opti per una trasmissione del moto tramite cinghia, è bene ricordare che

il carico del mozzo centrale è direttamente proporzionale alla potenzialità trasmessa ed indirettamente proporzionale al prodotto del diametro della puleggia per la velocità di rotazione, è che più questo è elevato e minore risulta la vita operativa dei rispettivi cuscinetti. E' facile dunque intuire che quando entrano in gioco potenze nell'ordine anche di decine/centinaia di kW è fortemente probabile un default dell'albero di rotazione. Vengono così realizzate per velocità di scorrimento superiori ai 30 m/s delle pulegge in ghisa e per potenze trasmesse superiori ai 5 kW è buona cosa utilizzare cinghie a doppia e tripla scanalatura.

#### **I motori elettrici**

Il motore asincrono polifase o a tre fasi con tensione nominale di 400 V, è stato adottato quasi unanimemente nell'industria come il motore elettrico universale.

La semplicità di un motore asincrono a tre fasi può essere attribuita all'alimentazione a tre fasi assicurata alle bobine dello statore, che può schematizzarsi come a tre gruppi di alimentazione monofasi differenti. Questi motori assicurano alte efficienze e sono

disponibili in una gamma che va da pochi frazionari kW fino alle centinaia di kW. Le loro caratteristiche possono essere adattate per soddisfare qualunque tipo di carico e per rispondere praticamente ad ogni esigenza industriale. I motori a tre fasi non possono essere utilizzati con i variatori di velocità come per i motori monofasi, e quindi vengono regolati tramite i convertitori statici di frequenza (inverter). La scelta del numero di giri del motore dovrebbe essere basata sui seguenti criteri:

- utilizzo di un motore elettrico da 1200 rpm quando la velocità di rotazione del ventilatore è pari a 300 rpm (o meno);
- utilizzo di un motore elettrico da 1800 rpm quando la velocità di rotazione del ventilatore è compresa tra i 301 a 2699 rpm;
- utilizzo di un motore elettrico da 3600 rpm quando la velocità di rotazione del ventilatore è pari o superiore ai 2700 rpm.

Onde evitare possibili surriscaldamenti del motore devono essere presi in considerazione sia la temperatura dell'isolamento della bobina e la temperatura di funzionamento del motore. Nel migliore dei casi, un motore dovrebbe consentire una temperatura moderatamente alta dell'isolamento e una temperatura di funzionamento relativamente bassa. Ciò fornisce un margine termico del fenomeno di sovraccarico del motore nei casi di avviamento con coppia di spunto elevata. La severità dell'impiego industriale obbliga anche ad un attenta valutazione del tipo di protezione con cui racchiudere esternamente il motore. I motori aperti o parzialmente aperti hanno aperture di ventilazione cui viene consentito il passaggio dell'aria esterna di raffreddamento sopra ed intorno alle bobine del motore; a differenza i motori completamente ermetici richiedono un sistema di raffreddamento autonomo e quindi aggravano la complessità dell'impianto. In ultimo va ricordato che la normativa ATEX obbliga i produttori di ventilatori impiegati in ambienti esplosivi o a rischio di esplosione a certificare il prodotto secondo gli standard dettati dalla normativa stessa.

<p><b>Configurazione 1 SWSI</b></p> <p>Semplice aspirazione. Per accoppiamento a cinghie o giunto. Girante a sbalzo. Supporti sulla base.</p>	<p><b>Configurazione 2 SWSI</b></p> <p>Semplice aspirazione. Per accoppiamento a cinghie o giunto. Girante a sbalzo. Supporti sostenuti dalla chiocciola.</p>	<p><b>Configurazione 3 SWSI</b></p> <p>Semplice aspirazione. Per accoppiamento a cinghie o giunto. Un supporto per parte sostenuto dalla chiocciola.</p>	<p><b>Configurazione 3 DWDI</b></p> <p>Doppia aspirazione. Per accoppiamento a cinghie o giunto. Un supporto per parte sostenuto dalla chiocciola.</p>	<p><b>Configurazione 4 SWSI</b></p> <p>Semplice aspirazione. Accoppiamento diretto. Girante a sbalzo sul motore sostenuto dalla base.</p>
<p><b>Configurazione 7 SWSI</b></p> <p>Semplice aspirazione. Per accoppiamento a cinghie o giunto. Esecuzione 3 SWSI più base per il motore.</p>	<p><b>Configurazione 7 DWDI</b></p> <p>Doppia aspirazione. Per accoppiamento a cinghie o giunto. Esecuzione 3 DWDI più base per il motore.</p>	<p><b>Configurazione 8 SWSI</b></p> <p>Semplice aspirazione. Per accoppiamento a cinghie o giunto. Esecuzione 1 più base per il motore.</p>	<p><b>Configurazione 9 SWSI</b></p> <p>Semplice aspirazione. Per accoppiamento a cinghie. Esecuzione 1 con motore sostenuto sul fianco della base. Posizione motore W o Z.</p>	<p><b>Configurazione 10 SWSI</b></p> <p>Semplice aspirazione. Per accoppiamento a cinghie. Esecuzione 1 con motore sostenuto all'interno della base.</p>
<p><b>SWSI</b> sezione semplice e semplice aspirazione  <b>DWDI</b> sezione doppia e doppia aspirazione</p>				

**5 Ventilatori centrifughi, configurazioni definite dall'associazione americana Amca.**

### Protezione e resistenza

In ambito industriale diventa spesso necessario proteggere anche le macchine operatrici con particolari rivestimenti, al fine di garantirne la funzionalità e soprattutto allo scopo di allungarne la vita residua. I fenomeni chimici corrosivi e abrasivi sviluppati nell'elaborazione di particolari sostanze e quelli contenuti in determinate atmosfere aggressive, vengono così limitati attraverso il trattamento e la ricopertura della girante e della coclea, se non di tutto il ventilatore, con speciali sostanze protettive. Va detto comunque che i rivestimenti non aumentano se non minimamente la resistenza strutturale della macchina. Nella numerose varianti presenti sul mercato si distinguono due filosofie protettive: rivestimento elettrostatico tramite polveri o per mezzo di una verniciatura

ricoprente ottenuta con liquidi speciali. Il primo processo nato in ambito civile si sta via via sempre di più sostituendo al secondo anche nel severo settore industriale. Infatti i rivestimenti con resina epossidica, in poliuretano e poliestere assicurano eccellenti proprietà meccaniche e chimiche di resistenza all'umidità e alla corrosione, e nel contempo una ricopertura più uniforme e quindi una finitura superficiale migliore. Inoltre il procedimento risulta decisamente meno costoso e più veloce (tempi di consegna) della protezione con solventi liquidi.

### Equilibratura e analisi delle vibrazioni

La mole e le dimensioni dei ventilatori industriali impongono un severa progettazione e un controllo sul bilanciamento e quindi indirettamente anche sui fenomeni vibratorii

indotti e trasmessi. Tra i componenti maggiormente responsabili si possono indicare: l'equilibratura della girante, la sua velocità di rotazione, i meccanismi cinematici di trasmissione del moto come la cinghia, le pulegge e i cuscinetti; il motore e suoi effetti elettrici. Come è noto la procedura di equilibratura risulta necessaria al fine di "centrare" la massa inerziale in corrispondenza dell'asse di rotazione. Nei ventilatori industriali in virtù del loro peso e velocità di rotazione maggiori è possibile procedere a questa sistemazione attraverso un corretto uso e posizionamento dei bulloni, dei dadi e delle rondelle in acciaio inossidabile, invece che tramite l'applicazione di specifici barrette. Conviene inoltre sempre, procedere con il metodo dell'equilibratura dinamica (in modo conforme alla normativa ISO 1940/1, grado

## I VALORI DI EFFICIENZA PER I NUOVI VENTILATORI

La Direttiva 2009/125/CE, detta anche "ErP" ("Energy related Products"), in vigore dal 2009, si pone l'obiettivo di ridurre il consumo energetico dei prodotti interessati mediante una progettazione ecocompatibile ("eco-design").

A tale scopo, per ogni gruppo di prodotti vengono stabiliti standard validi a livello di UE. Ai ventilatori con potenze elettriche in ingresso comprese tra 125 W e 500 kW si applica il Regolamento UE N. 327/2011 della Commissione (vedi tabella) reso vigente in due tempi:

- gennaio 2013 entrata in vigore della direttiva;
- gennaio 2015 ulteriore innalzamento dei rendimenti target cui fare riferimento.

Il regolamento prevede gradi di efficienza "N" diversi in funzione del tipo di girante.

Tipo di ventilazione	Ventilatore centrifugo a pale rovesce con coclea		Ventilatore centrifugo a pale curve in avanti e pale radiali con coclea		Ventilatore assiale		Ventilatore a flusso misto		Ventilatore centrifugo a pale rovesce senza coclea
	Statica A-C	Totale B-D	Statica A-C	Totale B-D	Statica A-C	Totale B-D	Statica A-C	Totale B-D	Statica A-C
2013	58	61	37	42	36	50	47	58	58
2015	61	64	44	49	40	58	50	62	62

Il grado di efficienza indica un parametro nel calcolo dell'efficienza energetica obiettivo di un ventilatore, che dipende dalla potenza elettrica in ingresso nel punto di efficienza energetica ottimale. Il valore numerico del parametro "N" corrisponde all'efficienza energetica obiettivo per una potenza di 10 kW. Da sottolineare come la Direttiva ErP ed il relativo Regolamento Europeo n. 327/2011 prendono in considerazione tutto l'insieme del ventilatore, dall'alimentazione dell'inverter (quando è compreso nel calcolo del rendimento obiettivo) al motore ed alla girante. In tal caso è irrilevante se il ventilatore funziona come singola unità o se è inserito come componente in un altro insieme o processo produttivo. Sono previste delle eccezioni (esclusioni) per ambienti tossici e corrosivi, con temperature elevate, ventilatori di emergenza e progettati in ragione della direttiva Atex 94/9/CE. I ventilatori che sono esclusi dall'applicazione del regolamento devono obbligatoriamente indicare in targa l'uso specifico per cui sono stati progettati. I costruttori sono dunque legalmente tenuti a garantire che tutti i loro prodotti venduti e utilizzati all'interno dell'Unione Europea siano conformi alla Direttiva. Quelli che non soddisfano il valore di efficienza richiesto non potranno avere il marchio CE. I modelli utilizzati sinora che non soddisfano i requisiti verranno dunque riprogettati o ritirati dal mercato.

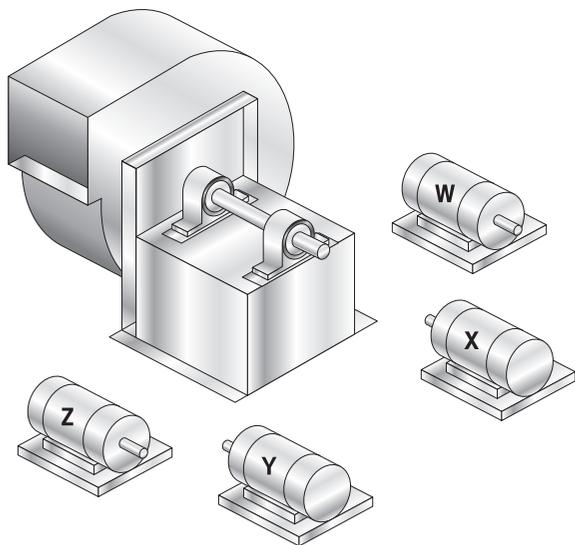
di equilibratura 6.3), quindi con il ventilatore in movimento, e non affidarsi alla sola equilibratura statica (da fermo). La vibrazione è definita come "il movimento meccanico alternato di un sistema elastico, i componenti di cui sono l'ampiezza, la frequenza e la fase". A differenza dei più "piccoli" ventilatori ad uso civile, le unità ventilanti industriali presentano di frequente una energia vibratoria importante. Inoltre la possibile specificità di ogni macchina fa sì che diventi molto impegnativo procedere ad una esatta progettazione e dimensionamento dei vari componenti e soprattutto della neutralizzazione a terra. L'analisi degli eventi vibratorii, viene eseguito con riferimento alla norma ISO 14694:2003, permette di rilevare le fonti di possibili disequilibri e scoprire eccessivi picchi e/o risonanze dei fenomeni. L'identificazione della frequenza specifica a cui la vibrazione si presenta rappresenta il

primo passo per compiere una più completa ed attenta valutazione.

### Rumore

Il rumore prodotto dai ventilatori per applicazioni industriali può essere suddiviso in rumore meccanico, rumore dovuto agli effetti fluidodinamici turbolenti e rumore di rotazione. Il rumore meccanico viene prodotto dai supporti delle parti rotanti, cinghie, motori di comando, ecc., dallo sbattimento di parti della struttura non sufficientemente rigide o non adeguatamente bloccate. Questo rumore può essere virtualmente eliminato ricorrendo a giunzioni ed a supporti antivibranti ed anche a pesanti blocchi di fondazione per ventilatori e motori. Il rumore dovuto agli effetti fluidodinamici turbolenti costituisce di solito la parte più importante del rumore prodotto dal ventilatore. Prende origine in zone di afflusso

turbolento ed è perciò strettamente dipendente dalle perdite dovute alle imperfezioni aerodinamiche nella progettazione del ventilatore. L'intensità acustica di tale suono aumenta molto rapidamente all'aumentare della velocità dell'aria e si moltiplica da 30 a 250 volte (vale a dire aumenta di 15-24 dB) ogni volta che la velocità raddoppia. Il rumore di rotazione è un rumore dovuto all'azione esercitata dalla girante sull'aria. Questo si verifica perché le forze agenti fra la ventola e l'aria non sono distribuite uniformemente entro la carcassa, ma sono concentrate in prossimità delle singole pale, generando pressioni statiche crescenti e decrescenti, le quali, benché stabili in se, ruotano con la ventola. Producono perciò in un punto stabile in prossimità della ventola, l'effetto di una pressione pulsante. La caratteristica che contraddistingue il rumore di rotazione



**6 Nei ventilatori centrifughi con trasmissione a cinghia la posizione del motore e del ventilatore è determinata a partire dal lato di funzionamento.**

**7 Coppia di ventilatori centrifughi con cinghia di trasmissione. La serranda circolare (vortex) parzializzata montata sull'aspirazione ad azionamento manuale, elettrico o pneumatico consente una regolazione della portata d'aria e migliora l'efficienza del ventilatore (Fanair).**



è che tutta l'energia è concentrata in suoni puri. La frequenza principale di questi suoni puri è sempre uguale al numero di pale della ventola, moltiplicato per la velocità espressa in giri al secondo, ma si hanno di solito, in diverse proporzioni, altri suoni di frequenza pari a 2, 3, 4 o più volte di questa frequenza fondamentale. Il rumore di rotazione può aumentare notevolmente a causa di un ostacolo posto vicino alla ventola e quindi tali ostruzioni andrebbero evitate oppure, raccordate con un buon profilo aerodinamico. Gli effetti peggiori sono dovuti a ostruzioni poste a monte di una ventola a flusso assiale, poiché la scia di aria turbolenta dietro l'ostruzione verrà colpita successivamente dalle pale della ventola; gli stessi effetti si produrranno nel caso di ostacoli situati a valle di una girante centrifuga (per esempio una serranda mal sagomata) a causa di pulsazioni di pressione provocate dall'impatto con l'ostruzione, da una parte di punta successive di velocità provenienti dalle pale della girante. La determinazione del livello di potenza sonora viene condotta secondo la norma ISO 3746:2010 (metodo di controllo con una superficie avvolgente su un piano riflettente).

#### Controlli e diagnosi

In virtù degli impegni gravosi e delle particolarità costruttive, onde consentire un funzionamento costante e sicuro nel tempo, i ventilatori industriali devono essere sottoposti a verifiche di controllo e diagnosi più frequenti che non delle applicazioni civili

In particolare per garantire un corretto funzionamento della macchina rotante è necessario effettuare periodici controlli con personale specializzato, tra i quali si segnalano:

- controllo degli allineamenti (laser aided);
- controllo dello stato dei cuscinetti e loro lubrificazione (per installazioni in ambienti aggressivi è necessario aumentare la frequenza della lubrificazione);
- analisi dello spettro di vibrazione;
- controllo della bilanciatura alla velocità di rotazione;
- rilievi dei livelli di rumorosità;
- verifica delle connessioni con eventuali canalizzazioni (system effect);
- running test (prove meccaniche con rilievi di vibrazione e temperatura).

Non meno importanti sono le diagnosi elettriche eseguite sempre allo scopo di prevenire i guasti, in base alle informazioni

ottenute da un controllo della macchina durante il suo normale funzionamento e/o durante una fermata programmata secondo i concetti della manutenzione predittiva. Le macchine elettriche sono costituite da due componenti da una parte meccanica e una parte elettrica. Per ognuna di esse, è necessaria l'applicazione di un metodo diagnostico appropriato.

Per la parte meccanica si procede con il rilievo dei valori di vibrazione, come per tutte le macchine rotanti, mentre per la parte elettrica, si controllerà in campo lo stato degli isolanti e le loro condizioni di assorbimento di polveri, umidità e altri fattori inquinanti, mediante prove ed ispezioni accessorie. Queste prove, (comunemente definite come "misure elettriche non distruttive") eseguite periodicamente, tengono informato il responsabile del servizio di manutenzione, sulle reali condizioni delle macchine elettriche che gli sono affidate, limitando il rischio di fermata accidentali, rendendo possibile la pianificazione delle riparazioni e degli interventi di manutenzione.

© RIPRODUZIONE RISERVATA