

Ventilatori elettronici, quanto costano e quanto convergono

I ventilatori elettronici rappresentano attualmente una soluzione tecnologica di grande valenza, poiché consentono significativi risparmi energetici, coniugando anche una grande flessibilità di utilizzo

di Stefano Filippini*

POICHÉ SI STIMA che oltre la metà dell'energia prodotta nel mondo venga utilizzata dai motori elettrici impiegati in diverse applicazioni, si comprende come l'aumento del loro rendimento possa portare a una notevole riduzione dei consumi energetici e quindi delle emissioni di CO₂.

Un buon metodo per risparmiare energia è l'adozione di motori elettrici caratterizzati da minori perdite, come nel caso dei motori elettronicamente commutati, meglio noti come EC. Si tratta di motori che, grazie al sistema di regolazione elettronico integrato di cui sono dotati, assicurano il funzionamento ottimale di ventilatori, pompe e compressori in ogni momento e consentono, al tempo stesso, un notevole risparmio energetico. Introdotti negli anni '80 e oggi realizzati con potenze anche di soli 3 kW, i motori elettronicamente commutati hanno un'efficienza superiore al 90% sull'intero campo di regolazione.

Per questo motivo, oggi vengono sempre più spesso applicati a ventilatori a velocità variabile per ottenere scambiatori di calore ventilati e con una migliore efficienza, ossia in grado di scambiare al meglio il calore con un minimo apporto energetico per la ventilazione. Data la loro importanza, soprattutto per quanto riguarda la riduzione dei consumi energetici degli impianti frigoriferi, in questo articolo analizzeremo il principio di funzionamento della tecnologia EC e la sua applicazione sui condensatori e sugli evaporatori. Inoltre, valuteremo i vantaggi conseguenti e le possibilità di gestire e pilotare al meglio questi ventilatori.

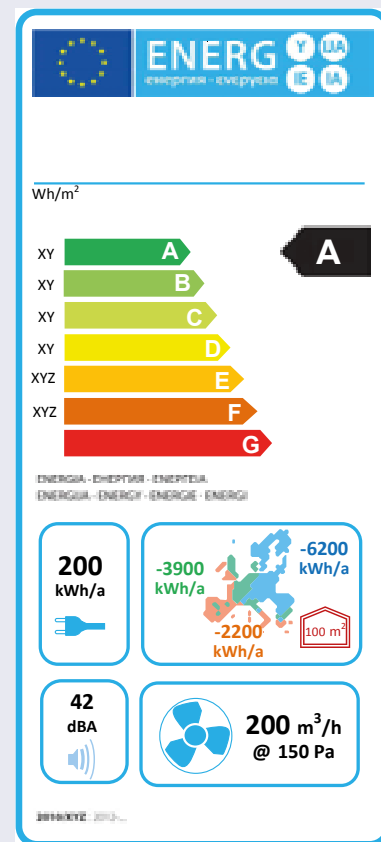


MOTORI ELETTRICI CLASSIFICATI

Come altri dispositivi che consumano energia elettrica, anche gli apparecchi meccanici destinati alla ventilazione vengono classificati in base alle loro prestazioni energetiche. Per unificare le classi di efficienza energetica a livello mondiale, la Commissione Elettronica Internazionale (IEC) ha sviluppato la normativa IEC 60034-30:2008 applicabile a motori con potenze da 0,75 a 375 kW, introducendo le classi di efficienza IE1 (Rendimento standard), IE2 (Rendimento elevato) e IE3 (Rendimento Premium), dove la sigla IE significa International Efficiency. Scopo della normativa è quello di eliminare le differenze esistenti tra le regolamentazioni in essere nei vari Paesi proponendo uno standard comune. Un ulteriore passo avanti verso l'armonizzazione delle preesistenti norme locali è costituito anche dall'introduzione della normativa IEC 60034-2-1:2007 che stabilisce gli standard per la misura del rendimento dei motori elettrici.

Per quanto riguarda in quadro europeo, attualmente è in vigore la Direttiva Erp 2009/125/CE, anche nota come Direttiva Ecodesign, che al suo interno ingloba la precedente Direttiva Eup (2005/32/CE), che definisce un quadro normativo al quale i produttori di dispositivi che consumano energia dovranno attenersi. Applicata nell'ambito dei motori elettrici, la Direttiva Erp impone le seguenti scadenze:

1. dal 16 giugno 2011: i motori devono essere conformi alla classe di efficienza IE2;
2. dal 1° gennaio 2015: i motori con una potenza nominale di 7,5-375 kW dovranno essere conformi alla classe di efficienza IE3 o IE2 provvisti di azionamento a velocità variabile;
3. dal 1° gennaio 2017: i motori con una potenza nominale di 0,75-375 kW dovranno essere conformi alla classe di efficienza IE3 o IE2 provvisti di azionamento a velocità variabile.



ETICHETTA ENERGETICA. Bozza dell'etichetta energetica che potrebbe essere applicata sulle unità di ventilazione domestica con ventilatori sotto i 125 W

TECNOLOGIA EC, PRINCIPI GENERALI

A differenza dei tradizionali motori asincroni, nei motori EC il rotore non ha nessun avvolgimento, ma contiene un magnete permanente che, unito alla corrente nell'avvolgimento statorico, genera una coppia sul rotore senza dissipare energia. Come diretta conseguenza, l'efficienza del motore elettronico risulta maggiore. Il principio del motore elettronico è basato su un funzionamento sincrono eccitato dal magnete permanente. L'ampiezza e la posizione del flusso magnetico nel motore cambiano in modo sincrono alla rotazione dell'induttore. A differenza del motore asincrono, la velocità del rotore del motore elettronico non si adatta automaticamente alla frequenza impostata dello statore. Anzi, affinché il motore raggiunga una coppia media alta, lo statore deve essere posizionato adeguatamente rispetto al rotore. Il funzionamento di un motore elettronico richiede perciò che ci sia nel motore una elettronica integrata, l'elettronica di commutazione. Perciò possiamo raggiungere qualsiasi numero di giri nel motore elettronico e il massimo grado di efficienza. Come i motori asincroni anche i motori elettronici possono essere realizzati con diversi numeri di avvolgimenti. A un primo esame, se non consideriamo la regolazione, il motore elettronico può sembrare più costoso di un motore asincrono. In realtà analizzando a fondo la situazione raggiungeremo un risultato completamente diverso. L'elettronica di un ventilatore elettronico assolve anche al compito che tipicamente nel caso di un motore tradizionale è svolto da un regolatore di frequenza (inverter) che ne modula la velocità. A parità di rendimento del motore l'elettronica di commutazione può essere più piccola, poiché ha una migliore efficienza e non c'è dissipazione di potenza nell'induttore

grazie al magnete permanente. Quindi il risultato è una regolazione più piccola e meno costosa in confronto ad un convertitore di frequenza. Nello stesso tempo l'elettronica di commutazione permette la regolazione di velocità del motore variando la tensione attraverso la modulazione della larghezza di impulso.

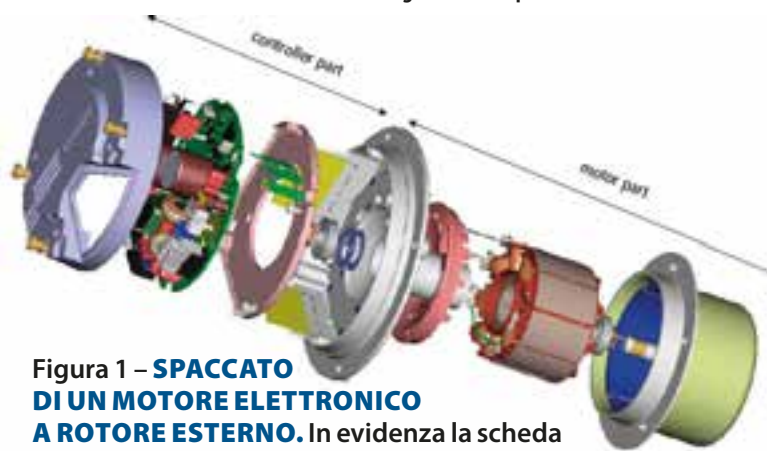
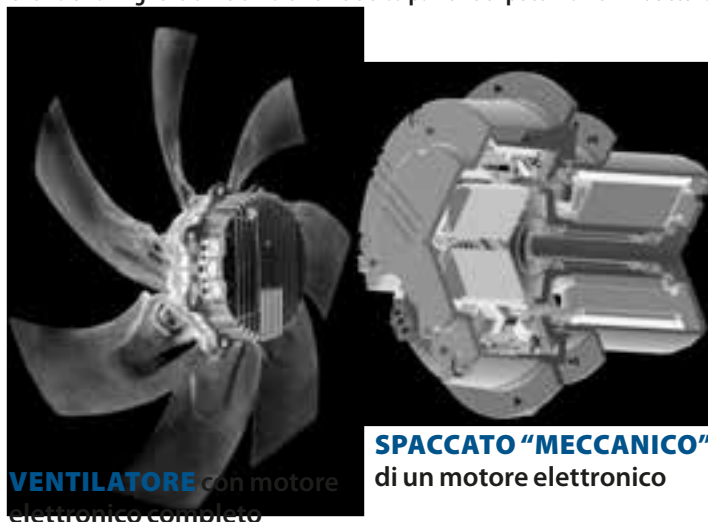
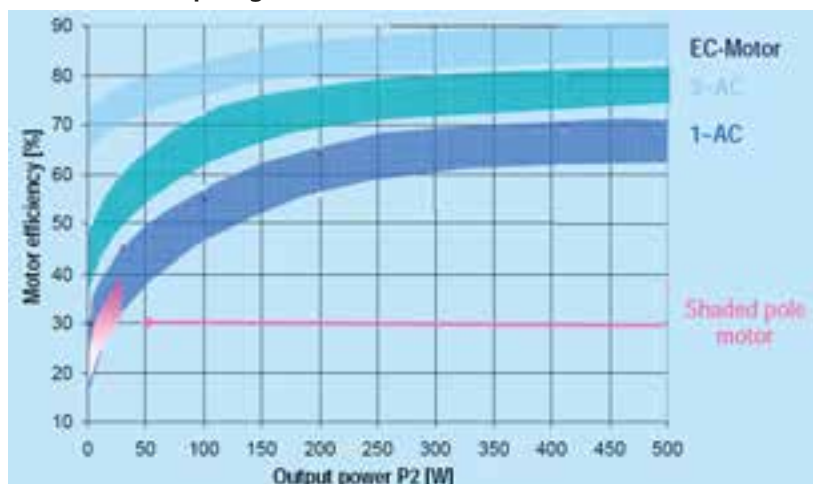


Figura 1 – SPACCATO DI UN MOTORE ELETTRONICO A ROTORE ESTERNO. In evidenza la scheda elettronica che gestisce il motore e in colore blu il rotore a magneti permanenti



SPACCATO "MECCANICO" di un motore elettronico

Figura 2 – CONFRONTO TRA LE EFFICIENZE di varie tipologie di motori



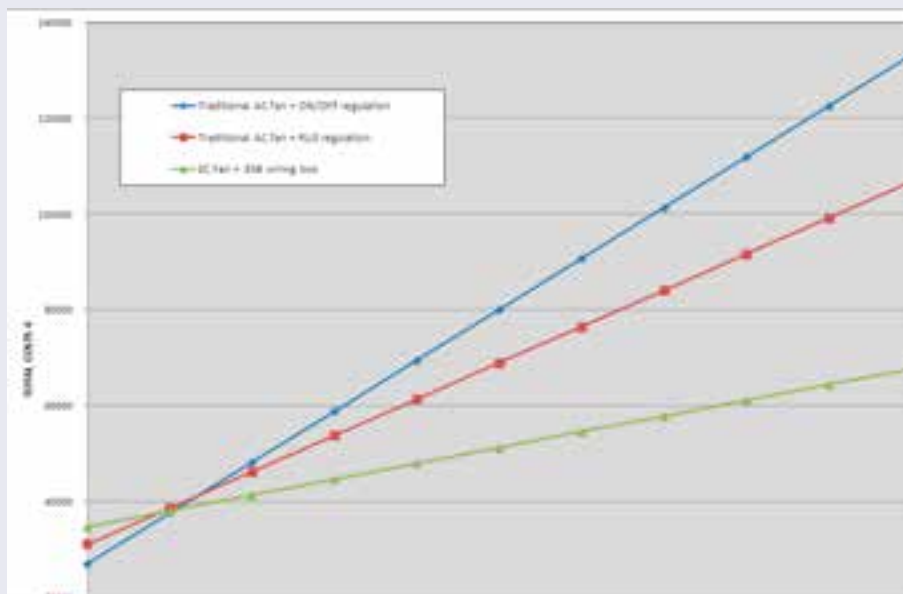


Figura 5 – COSTI DI INVESTIMENTO e DI ESERCIZIO. Confronto tra i costi di investimento e i costi di esercizio di un condensatore dotato di ventilatori tradizionali controllati da diversi tipi di regolatori e quelli di una macchina con ventilatori EC

I vantaggi della tecnologia EC applicata ai condensatori

Se applicato a un condensatore, il ventilatore elettronico consente di ridurre l'assorbimento energetico sia alla massima velocità che, a maggior ragione, a velocità parziali (Fig.4) e garantisce al ridurre della velocità un comportamento acustico ottimale, senza la generazione di alcun disturbo elettromagnetico (Fig.3). Inoltre, ha già incluso un sistema che consente di variare a piacimento il numero dei giri di rotazione, in base a un segnale esterno da applicare, ed è autoprotetto, ossia si sgancia da solo in caso di avaria, senza richiedere l'installazione di un quadro elettrico di comando completo di contattori.

L'impiego dei ventilatori elettronici sui condensatori e raffreddatori di liquido si presenta inoltre anche economicamente interessante, in particolar modo se si confrontano macchine con motori tradizionali dotate di sistema di regolazione elettronica e quadro elettrico di comando.

I vantaggi della tecnologia EC applicata agli evaporatori

Una situazione analoga si presenta nel caso di utilizzo dei ventilatori elettronici negli evaporatori, anche se ci sono alcune importanti differenze. Riferendoci agli evaporatori con ventilatore aspirante (la configurazione decisamente più diffusa sul mercato) è infatti bene precisare che la potenza riportata nei cataloghi è la cosiddetta potenza lorda, cioè la potenza scambiata dalla batteria. In realtà il vero calore asportato dalla cella è la potenza netta, cioè:

$$\text{potenza netta (effettiva)} = \frac{\text{potenza lorda}}{\text{potenza assorbita dai ventilatori}}$$

In poche parole la potenza assorbita dai ventilatori, necessaria per attivare lo scambio termico, si trasforma in calore che dovrà essere asportato dalla cella.

Comandare i ventilatori elettronici

Poiché, ad oggi, risulta essere l'applicazione più diffusa, ci occuperemo solamente dei ventilatori elettronici abbinati ai condensatori, anche se la maggior parte dei concetti che andremo ad esprimere sono validi pure nel caso degli evaporatori. In base al risultato che si desidera, i ventilatori elettronici possono venire comandati

con metodologie più o meno raffinate. In Figura 6 è riportata la parte di collegamento di un generico ventilatore elettronico: a sinistra la morsettiera con la gestione dei segnali di input e output, in centro la morsettiera col contatto di allarme, a destra quella per il

CONFRONTO SU CONDENSATORI

Riportiamo un esempio di caso concreto nel quale è stato confrontato un condensatore LU-VE con 8 ventilatori (potenza smaltita in condizioni nominali $DT = 15\text{ K}$ di 576 kW) in tre possibili configurazioni: una semplice regolazione basata sul sistema ON/OFF, cioè lo spegnimento in sequenza dei ventilatori, la stessa macchina dotata di regolatore elettronico RUS basato sul principio del trasformatore e infine la soluzione con motori elettronici, cablata al quadro di controllo ESB. La soluzione con ventilatori EC pur scontando un costo di investimento superiore consente grandi risparmi economici e si presenta come decisamente vincente in un'attenta valutazione economica.

Figura 3 – RUMOROSITÀ. Confronto tra la variazione della rumorosità di un ventilatore tradizionale controllato da diversi tipi di regolatori e quella di un ventilatore EC

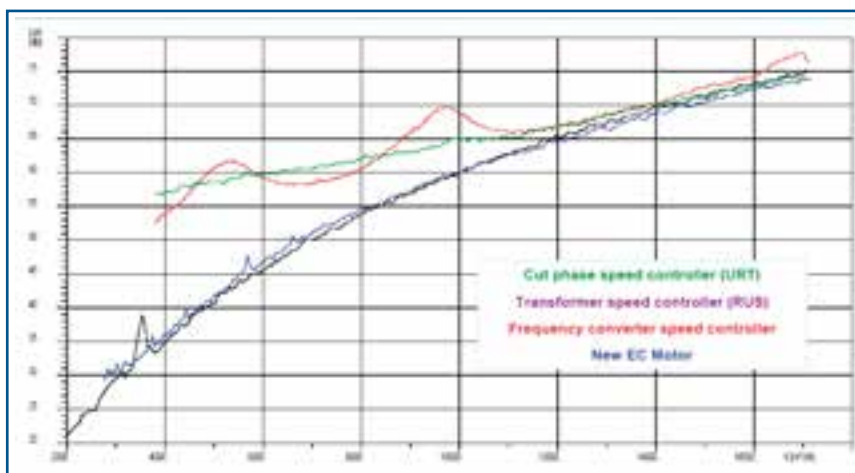
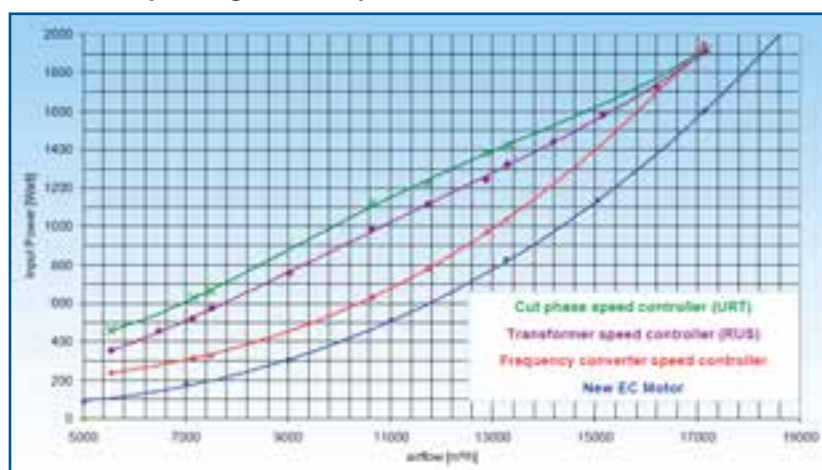


Figura 4 – ASSORBIMENTO ELETTRICO. Confronto tra la variazione dell'assorbimento elettrico di un ventilatore tradizionale controllato da diversi tipi di regolatori e quella di un ventilatore EC



collegamento dei cavi di alimentazione elettrica. Nonostante la disposizione dei comandi possa variare da un ventilatore all'altro, resta comunque valido il concetto di fondo e cioè che per azionare un ventilatore elettronico è necessario (oltre all'alimentazione) fornire un segnale che indichi al motore come operare, ovvero a quale velocità di rotazione posizionarsi, tra un valore minimo (in pratica quanto serve a vincere gli attriti interni) e uno massimo, dato dalla potenza del motore installato. All'interno di questo campo di velocità, grazie all'elettronica di controllo integrata, il ventilatore può assumere tutti i numeri di giri. Va inoltre segnalato che questi motori presentano un campo di alimentazione elettrica applicabile particolarmente ampio ovvero:

versioni trifase → 380-480 V - 3 PH - 50/60 Hz

versioni monofase → 200-277 V - 3 PH - 50/60 Hz

Importante: all'interno di questo campo pur variando tensione e frequenza, a pari segnale in ingresso, la velocità di rotazione del motore resta invariata.

Tre le modalità per fornire il suddetto segnale: in via analogica tramite segnale 0-10 VDC oppure (per alcuni motori) 4-20 mA, in via digitale tramite sistema BUS, oppure collegando direttamente al motore un sensore di pressione (o temperatura). Ovviamente, tutte queste vie presentano vantaggi e svantaggi. Nel caso del segnale analogico, ad oggi la via più diffusa, la gran parte dei controllori esistenti sul mercato (sia controllori del completo impianto frigorifero

CONFRONTO SU EVAPORATORI

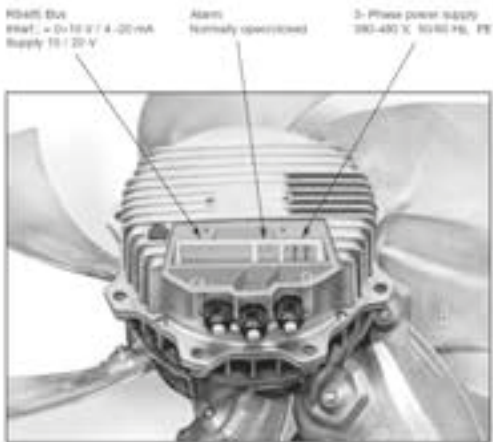
Confronto tra tre evaporatori aventi pari potenza lorda, ma con una ventilazione profondamente differente. Il risultato mostra chiaramente come il modello F30HC dotato di ventilatore elettronico consenta un grande risparmio e garantisca un pay back di soli 17 mesi.

Modello	F27HC 92 E 7	F30HC 631 E 7	F30HC 631 E 7 EC fans
Listino	€ 1.254,00	€ 1.308,00	€ 1.653,00
Differenza listino		€ 54,00 4,3%	€ 399,00 26,4%
Potenza assorbita dai ventilatori	0,34 kW	0,225 kW	0,141 kW
T cella	-25 °C	-25 °C	-25 °C
T evap	-34 °C	-33,9 °C	-33,9 °C
Potenza evaporatore	4,94 kW	4,94 kW	4,94 kW
Pot ass compressore	3,87 kW	3,87 kW	3,87 kW
Ore/giorno	16	16	16
Giorni/anno	365	365	365
Costo energia	0,12 €/kWh	0,12 €/kWh	0,12 €/kWh
Pot ass ventilatore	0,340 kW	0,225 kW	0,141 kW
Energia assorbita/anno	1985,6 kWh/anno	1267,0 kWh/anno	780,3 kWh/anno
Costo energia/anno	238,3 €	152,0 €	93,6 €
Risparmio energetico		-36,2%	-60,7%
Risparmio energetico		86,23 €	144,64 €
Potenza frigorifera netta	4,60 kW	4,77 kW	4,85 kW
Tempo funzion. compressore	16 ore/giorno	15,4 ore/giorno	15,2 ore/giorno
Energia assorbita/anno	22600,8 kWh/anno	21793,0 kWh/anno	21415,9 kWh/anno
Costo energia/anno	2712,1 €	2615,2 €	2569,9 €
Risparmio energetico		-3,6%	-5,2%
Risparmio energetico		96,93 €	142,19 €
TOT energia assorbita	24586,40 kWh	23060,05 kWh	22196,18 kWh
Costo energia assorbita	2950,368 €	2767,2 €	2663,5 €
Risparmio energetico		183,2 €	286,8 €
Risparmio energetico		-6,2%	-3,7%
Pay back		4 mesi	17 mesi

che dedicati al solo condensatore o dry cooler) possono generare e inviare al motore un segnale che ne modula la velocità in funzione della temperatura di condensazione dell'impianto, del carico e delle esigenze generali del medesimo. Per quanto riguarda invece il segnale digitale, la via più innovativa, esso consente di aggiungere alle

funzioni già soddisfatte dall'analogico anche la possibilità di leggere tutti i parametri di funzionamento del motore stesso. Infine, qualora la scelta dovesse ricadere sul sensore, questo richiede un collegamento con un computer ausiliario per settare il motore master (operazione da ripetere per ogni modifica), che poi invierà ai

Figura 6 – VENTILATORE EC. Schema di collegamento di un ventilatore EC



restanti motori (operanti in modalità slave) un segnale di comando 0-10 VDC. Inoltre in caso di avaria del motore master anche tutti gli altri vanno in blocco.

Parametri visualizzabili

Se gestiti tramite BUS, i ventilatori elettronici consentono di visualizzare una serie di importanti parametri di funzionamento. I più significativi sono: lo stato di funzionamento, la velocità di rotazione, gli assorbimenti, le temperature di lavoro, gli allarmi, le ore di funzionamento e la velocità massima. Soprattutto quest'ultimo dato riveste una notevole importanza. Infatti è possibile impostare su un ventilatore elettronico una velocità massima di funzionamento inferiore a quella che può raggiungere il ventilatore stesso. Tale opzione può risultare importante per raggiungere il settaggio desiderato dall'utente corrispondente alla condizione di selezione.

Esistono diversi modi per impostare la massima velocità, ciascuno con vantaggi e svantaggi; vediamo nel dettaglio:

- impostazione tramite settaggio in fabbrica



direttamente sul motore: è il caso tipico dei condensatori forniti senza cablaggio. Questa operazione settata in cantiere ha lo svantaggio di essere complessa e richiede un computer da collegare al ventilatore;

- impostazione tramite regolatore (WMC) montato sull'apparecchio: è un'opzione più semplice e più facilmente modificabile dall'utente in loco;
- impostazione tramite segnale (ex 0-10 VDC) fornito dall'utente. In questo caso il motore non viene settato, ma è il segnale di ingresso (ex limitato a 8 VDC) che ne limita la velocità massima. Tale possibilità nasconde

un'interessante potenzialità; infatti potrebbe capitare che per ragioni non sempre prevedibili l'impianto di refrigerazione si trovi a dover lavorare per un breve periodo in una condizione di carico straordinariamente elevato (ex estate calda, merce fornita dall'esterno a condizioni di temperatura più elevata, impianto di condizionamento del supermercato fuori servizio,...). In tali circostanze il segnale di ingresso potrebbe raggiungere i 10 VDC,

SVILUPPO PRODOTTI LU-VE

Per le modalità con segnale analogico e digitale, LU-VE ha sviluppato alcune soluzioni per venire incontro alle varie esigenze del mercato. La prima consiste in un condensatore fornito senza alcun cablaggio, mentre la seconda prevede un condensatore completamente cablato a un quadro elettrico ESB. Come mostrato dalle Figura 8 e 9, tale quadro prevede un interruttore generale e delle terne di fusibili per proteggere i cavi di potenza. Inoltre, risulta essere completamente cablata anche la parte di gestione, mentre sono collegati a un morsetto comune sia il segnale sia il contatto di allarme dei ventilatori. In tal modo l'installatore trova un prodotto che in cantiere richiederà un lavoro elettrico molto semplificato. I ventilatori vengono pilotati da un segnale 0-10 VDC fornito dal cliente.

Come terza soluzione, l'azienda propone l'evoluzione del sistema ESB che, a differenza di quello appena descritto, contiene un regolatore che consente di operare anche in caso di emergenza per assenza di segnale in ingresso. Più nel dettaglio, in caso di guasto al segnale 0-10 VDC, i ventilatori sarebbero fermi. Una volta raggiunta una pressione di condensazione di guardia, il modello ESB plus, grazie al suo regolatore di emergenza, interviene facendo partire i ventilatori, indipendentemente dal segnale 0-10 VDC, rappresentando così una sicurezza aggiuntiva e permettendo all'impianto di incrementare

l'affidabilità. Quando la condensazione scende sotto il suddetto segnale di soglia il regolatore si disattiva ridando il controllo al segnale esterno.

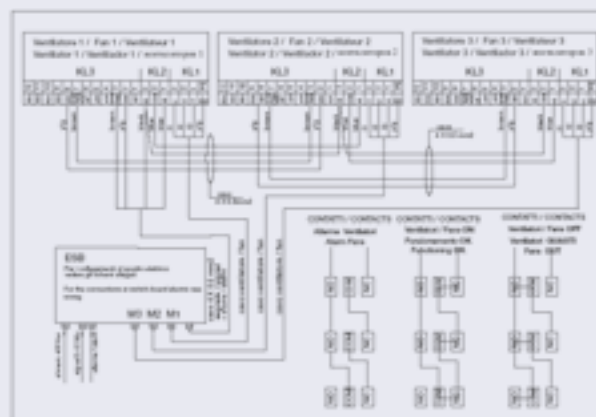
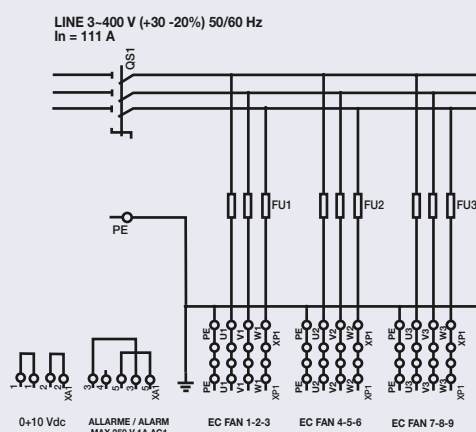
Un'altra evoluzione del quadro ESB è rappresentata da ESPB/ESBT, i quali contengono un regolatore (ESBP per condensatori, ESBT per raffreddatori di liquido) collegato a un sensore. Questo consente di realizzare una macchina stand alone, nella quale il regolatore può pilotare in autonomia i ventilatori elettronici modulandone la velocità in base ad un set point impostato dall'utente.

Un'ulteriore evoluzione del caso appena menzionato è rappresentata dalla soluzione ESB + WMC2 (con PID). In questo caso il regolatore (WMC2) è un componente esterno e separato dal quadro ESB. Il regolatore WMC2 ha una serie di funzioni più raffinate e in particolare contiene la logica di regolazione PID che consente di mantenere con grande precisione il set point impostato. La nuova generazione di regolatori WMC2 sono capaci di pilotare i ventilatori elettronici attraverso un sistema MODBUS. Ciò permette una regolazione precisa dei ventilatori e un grande risparmio energetico d'impianto grazie alla logica PID abbinata al raggiungimento della minima temperatura di condensazione d'impianto. Infine, grazie alla gestione MODBUS, rende visibili all'utente in tempo reale tutti i dati di lavoro dei ventilatori.

WMC2. Regolatore per ventilatori EC



Figura 8 e 9 – SCHEMA di un quadro elettrico ESB



sfruttando così appieno tutta la potenzialità dei ventilatori installati sul condensatore. Certo il rumore supererebbe la soglia massima prevista, ma verosimilmente ciò avverrebbe nelle ore centrali della giornata e per un breve periodo, quindi, di norma, un rumore sopportabile. Di contro si potrebbe così affrontare un'emergenza dell'impianto come in altro modo non sarebbe possibile.

Condizioni di lavoro

È possibile valutare le prestazioni dei ventilatori elettronici in funzione del segnale d'ingresso in base ai grafici 1 e 2 qui riportati, che si presentano decisamente intuitivi. In funzione del segnale d'ingresso 0-10 VDC si ricava una percentuale dei giri di lavoro riferita al massimo esprimibile dal ventilatore; di questa percentuale si può ricavare la portata d'aria, l'assorbimento elettrico e la rumorosità (potenza

sonora) riferiti a 1 ventilatore. Non è purtroppo ricavabile con un semplice diagramma la potenza termica del condensatore, perché questa dipende in modo significativo dal tipo di scambiatore e dal suo abbinamento con ventilatore. Accettando un'incertezza abbastanza elevata, di circa il 20%, si può tuttavia ritenere che la variazione della potenza sia pari alla radice quadrata della variazione della portata d'aria.

* Stefano Filippini, Lu-Ve spa

Grafico 1 – VELOCITÀ. Variazione della velocità di rotazione di un ventilatore EC (espressa in percentuale sui giri massimi) rispetto al segnale di ingresso

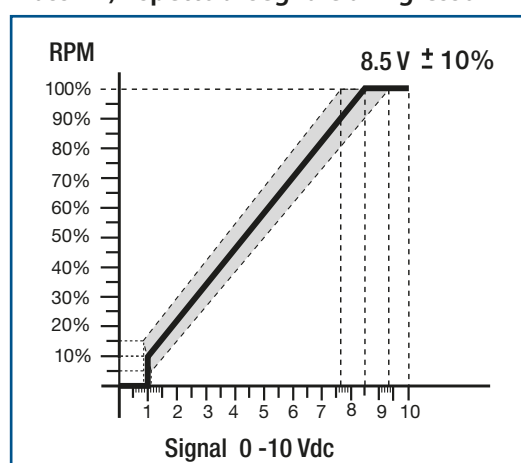
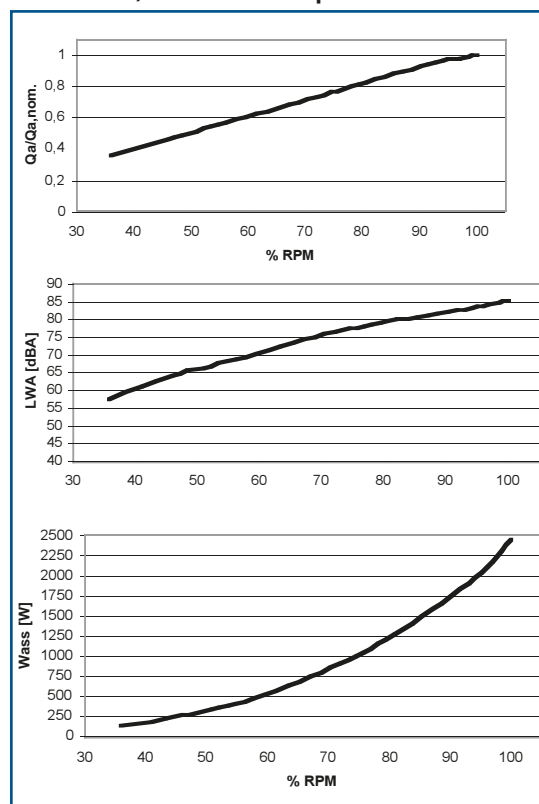


Grafico 2 – ANDAMENTO della portata d'aria, della rumorosità e dell'assorbimento di un condensatore con un ventilatore EC (diametro 900mm con max. velocità di rotazione 1000 rpm) in funzione della percentuale di giri (rispetto al massimo) cui si trova a operare.



**Informarsi è bene.
In tempo reale è facile**

www.casaclima.COM

L'informazione efficiente dietro un click

Novità Casa&Clima Academy
Progetti sostenibili
Soluzioni per l'edificio

CASA&CLIMA

Editore: Quine srl - Via Spadari, 3 - 20123 Milano - Italia - Tel. +39 02 72094827 - Fax. +39 02 72016740