



# Risparmiare energia elettrica

di Roberto Borgonovo

L'energia elettrica ha in Italia un costo elevato, aggravato anche da un uso scorretto che è causa di sprechi ormai non più sostenibili. L'articolo illustra alcuni metodi per risparmiarla e per trarne benefici economici, tenendo presente che per consumare meno basta utilizzarla al meglio

Quante volte ci è capitato di parlare con un nostro committente e sentirci chiedere: "Cosa ne pensi del costo di quella macchina?".

Da professionisti, dopo un esame tecnico-economico di quest'ultima, potremmo rispondere: "Costa un poco di più, ma consuma decisamente meno, quindi il maggior costo si ammortizza in breve tempo".

A queste parole parecchi nostri clienti rispondono: "Ma se quell'altra macchina costa di meno compriamola anche se consuma di più, ora pago di meno poi si vedrà!".

Ad una tale risposta come si può controbattere? Sembrerebbe in nessun modo dato che la maggior parte delle persone pensa al presente e non al futuro.

Nell'esempio citato probabilmente la macchina acquistata a minor prezzo sarà costata, alla fine della sua vita lavorativa, sicuramente di più rispetto a quella che inizialmente aveva un costo superiore ma spese di gestione (manutenitive ed energetiche) sicuramente inferiori.

## Economico o energetico

Ci sono, a mio modo di vedere, due metodi per risparmiare sui costi dell'energia elettrica: quello economico e quello dell'analisi dei carichi.

Nel metodo economico l'Energy Manager (o chi ne fa le funzioni), esegue delle operazioni atte a ridurre le punte di assorbimento massime di potenza, al fine di "spalmare" la stessa quantità di energia utilizzata in un tempo più lungo.

In questo modo si ottiene l'aumento del coefficiente di utilizzo (dato dal rapporto tra energia utilizzata e potenza massima prelevata, si veda figura 1), riducendo così i costi complessivi di energia (non i consumi), dato che sono sfrutta-

te tutte le fasce di utilizzo proprie dei contratti di fornitura di energia elettrica, le quali hanno costi differenti che aumentano al diminuire del coefficiente di utilizzo (Tabella 1).

Figura 1



Tabella 1 - Costi dell'energia elettrica (fonte: sito di Enel distribuzione)

• Prezzo dell'energia (1) I prezzi sono applicati secondo i seguenti blocchi di utilizzazione (2) annua			
- Fino a 1.200 ore annue di utilizzazione della potenza impegnata	Cent. €/kWh	8,52	
- Oltre 1.200 fino a 2.400 ore annue di utilizzazione della potenza impegnata	Cent. €/kWh	8,22	
- Oltre 2.400 ore annue di utilizzazione della potenza impegnata	Cent. €/kWh	8,00	

Il coefficiente di utilizzo si misura in ore/anno e, come si evince dalla tabella, i costi di energia elettrica diminuiscono all'aumentare delle ore dell'uso della potenza impegnata (potenza massima prelevata), quindi più energia si sposta nella fascia "oltre 2.400" meno si spende in energia elettrica ed in potenza prelevata, poiché si stanno eliminando dei picchi di potenza. Per questo di seguito esaminiamo il caso pratico di uno stabilimento uso uffici e industriale, sfruttando non solo le bollette dell'ente distributore e fornitore, ma anche un analizzatore di rete che ha permesso di eseguire misure in parallelo al distributore e di poter effettuare verifi-



che più puntuali sui consumi per ogni zona produttiva dello stabilimento.

### Caso pratico

Estrapolando dall'analizzatore di rete installato, in questo caso sulla parte in Bassa Tensione, i dati relativi alla potenza assorbita, misurata ogni 10 o 15 minuti, potremmo notare, per la maggior parte degli utenti di energia elettrica, una curva di carico del tutto simile a quella riportata in figura 2.

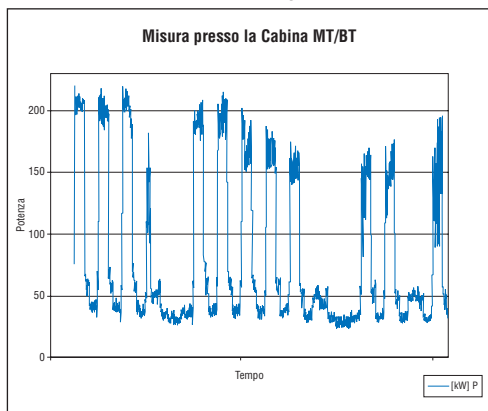


Figura 2 - Misura presso la cabina MT/BT

A monte di questo grafico vi sono quindi una serie di dati che, elaborati, danno origine ad un grafico di tipo lineare dove sulle ascisse troviamo il tempo e sulle ordinate la potenza prelevata.

E' così facile individuare chiaramente i giorni lavorativi ed i giorni prefestivi e festivi.

Gli stessi dati che hanno determinato il grafico precedente, si possono utilizzare in altro modo ottenendo altri risultati interessanti ai nostri fini.

Nel grafico di figura 3, non di tipo lineare ma ad istogramma, i dati sono stati aggregati secondo questa logica:

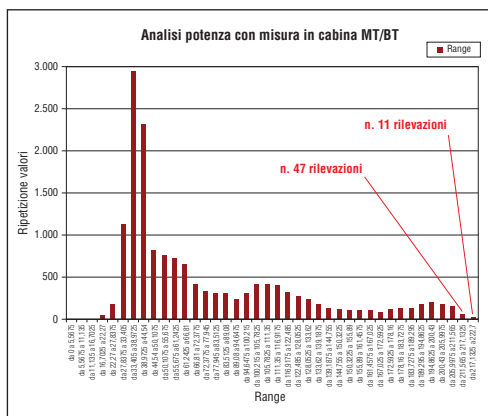


Figura 3 - Analisi potenza con misura in cabina MT/BT

- le potenze misurate sono poste sull'asse delle ascisse e sono "raggruppate" per range di potenza (range n. 1 da 0 a 5 kW, range n. 2 da 5,1 kW a 10 kW, ecc.);

- sull'asse delle ordinate, è inserito il numero di ripetizioni per cui una potenza cade in un determinato range.

In questo modo si ottiene una rappresentazione in virtù della quale le pile poste sulla parte destra delle ascisse riportano tutte le misure effettuate con punte di potenza elevate.

Risulta facile estrapolare i dati, per esempio, dall'ultima pila che rappresenta tutti i picchi di potenza effettuati (range da 217 kW a 223 kW) ed ottenerne la relativa collocazione temporale.

A questo punto sarà compito del datore di lavoro verificare, se possibile, i dati forniti, valutare la causa di tutte le punte misurate ed estrapolate e quindi analizzare la possibilità di spostare o limitare alcune punte di potenza.

Il metodo economico illustrato finora, punta essenzialmente a ridurre i costi quasi sempre a parità di energia elettrica assorbita. Infatti, si punta quasi nella totalità dei casi a spostare un determinato tipo di assorbimento elettrico da un orario all'altro: questo si ottiene abbassando una pila e contemporaneamente alzandone un'altra.

### Metodo di analisi dei carichi

In questo caso, risulta decisamente fondamentale la figura del professionista in qualità di *Energy Manager*. Egli non effettua la sola funzione di analisi economica e quindi il solo spostamento di carichi da un orario ad un altro o la riduzione della contemporaneità di più macchine ma, ove possibile, coadiuvato dal responsabile tecnico di produzione o dal responsabile tecnico dell'azienda, compie operazioni di analisi dei consumi sulle macchine al fine di verificare se le stesse:

- sono ancora in uno stato efficiente (dal punto di vista della manutenzione);
- lavorano in modo ottimale;
- sono le macchine più adatte per il punto in cui sono installate.

I punti in un insediamento produttivo di tipo commerciale o industriale su cui si può risparmiare sono numerosi. Di seguito esamineremo solo:

- gli impianti d'illuminazione;
- i motori asincroni.

### Come è possibile ridurre i consumi in un impianto d'illuminazione?

Il risparmio si determina innanzitutto nella progettazione, con la scelta di apparecchi d'illuminazione ad alto rendimento che abbiano, ove necessario, un buon impatto visivo ma che essenzialmente offrano un ottimo rendimento luminoso.

A tal proposito occorre ricordare che un apparecchio d'illuminazione a tubi fluorescenti obsoleto, dotato quindi di reattore elettromeccanico, ha un consumo superiore di almeno il 10% al dato di targa dell'apparecchio. Ad esempio:

apparecchio da  $2 \times 36 \text{ W} = 72 \text{ W}$  (teorici)  
+ consumo reattore pari a circa  $10 \text{ W} = 82 \text{ W}$  (+ 13% circa)

Utilizzando invece un apparecchio d'illuminazione a reattore elettronico, oltre ad eliminare alcuni problemi quali lo sfarfallio del tubo fluorescente e ad allungare la vita media dello stesso, si diminuisce il consumo complessivo avvicinandolo al valore teorico dell'apparecchio d'illuminazione, come si vede nel seguente esempio:

apparecchio da  $2 \times 36 \text{ W} = 72 \text{ W}$  (teorici)  
+ consumo reattore pari a circa  $1 \text{ W} = 73 \text{ W}$  (+ 1,3% circa)

Se si usa invece un apparecchio d'illuminazione, sempre dotato di reattore elettronico, ma gestito anche da un regolatore d'intensità luminosa, il consumo dell'apparecchio è ancora più basso, modificabile nel tempo, ma sicuramente inferiore a quello a reattore elettronico poiché, in presenza di luce naturale, sarà il regolatore a ridurre l'intensità luminosa dei tubi fluorescenti e quindi il loro consumo.

Quantificare il reale risparmio è molto difficile dato che lo stesso è direttamente proporzionale all'uso dell'apparecchio d'illuminazione; infatti, ove l'apparecchio d'illuminazione è in funzione per molte ore al giorno, la sua gestione automatizzata fa sì che il risparmio di energia consumata arrivi anche al 30-35%. Invece, ove l'apparecchio d'illuminazio-

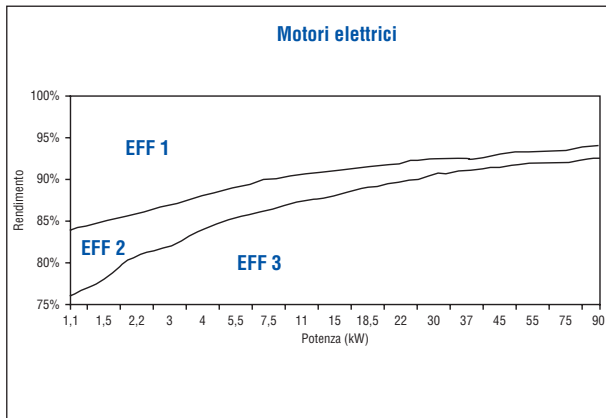


Figura 4 - Motori elettrici

ne è in funzione per periodi ridotti o in condizioni di assenza d'illuminazione naturale, il risparmio si riduce al 10-15%.

### Ma come è possibile ridurre i consumi di un motore?

In questo caso occorre una piccola premessa. Attualmente, infatti, non esiste una legge che stabilisca degli standard minimi accettabili ma esiste un accordo tra i principali costruttori di motori che hanno definito una loro classificazione in tre categorie in funzione della potenza, del numero di poli, dell'efficienza:

- EFF 1 motori ad Alta efficienza;
- EFF 2 motori a Media efficienza;
- EFF 3 motori a Bassa efficienza (fig. 4).

Considerando i costi dei motori, quelli in classe EFF 2 costano circa il 5% in più di quelli in classe EFF 3, mentre quelli in classe EFF 1 costano circa il 20% in più di quelli in classe EFF 2 e ciò porta alla premessa iniziale dell'articolo: "Costa di più e allora non lo installo, costa di meno e allora preferisco questo". Tale affermazione è sbagliata e ne esamineremo i motivi.

### Quanta energia è assorbita dai motori?

Una recente statistica effettuata nell'Unione Europea, ci fa notare che circa il 70% dell'energia complessivamente utilizzata nell'industria è assorbita dai motori; va da sé che riducendo di solo il 15% il consumo di energia dei motori, la bolletta scende di circa il 10-11%.

Il primo controllo che l'Energy Manager deve effettuare è la verifica della tipologia di motori che sono installati, controllando principalmente i dati di targa e le manutenzioni già eseguite sugli stessi. Infatti, il riavvolgimento di un motore provoca una diminuzione del rendimento ed in certi casi si rende necessario quantificare economicamente se sia il caso di riavvolgere un motore oppure passare direttamente alla sostituzione dello stesso con uno di efficienza superiore.

Vediamo come svolgere questo controllo con tre esempi pratici.

### Esempio n. 1 (Nuova installazione di motore, con utilizzo a medio carico)

Nell'esempio raffigurato in tabella 2, si

nota che l'installazione di un motore in classe EFF 1 nonostante abbia un rendimento superiore solo del 2,6% rispetto al motore in classe EFF 2 e il motore non lavori a pieno carico, genera un tempo di rientro dell'investimento di appena un anno e mezzo.

### Esempio n. 2 (Nuova installazione di motore, con utilizzo a pieno carico)

Nell'esempio raffigurato in tabella 3, si nota che l'installazione di un motore in classe EFF 1 nonostante abbia un rendimento superiore solo del 2,6% rispetto al motore in classe EFF 2, e il motore lavora a pieno carico, il tempo di rientro dell'investimento è solo di otto mesi.

Questo fa capire che più un motore lavora a pieno carico, più il suo costo complessivo, dato dalla somma dei costi di acquisto, di manutenzione e di gestione energetica a lungo termine (tempo stimato di vita di un motore pari a circa 10 anni), fa sì che il costo energetico sia di gran lunga il più importante: circa il 95% del costo complessivo.

ESEMPIO 1 - NUOVA INSTALLAZIONE A MEDIO CARICO			
Vantaggi che si hanno installando un motore EFF1 rispetto ad un motore EFF2 con un utilizzo a medio carico del motore			
Potenza motore in kW:	3		
Prezzo medio motore EFF1:	€ 280,00	Efficienza motore EFF1:	87,60%
Prezzo medio motore EFF2:	€ 220,00	Efficienza motore EFF2:	85,00%
Numero ore di funzionamento:	3.840	Consumo motore EFF1:	kWh 13.150,68
Costo medio del kWh:	€ 0,10	Costo energetico motore EFF1:	€ 1.315,07
Formula utilizzata per il calcolo:			
consumo = (P x C x h)/R		Consumo motore EFF2:	13.552,94
dove:		Costo energetico motore EFF2:	€ 1.355,29
P = potenza del motore			
C = coefficiente di carico			
h = ore annue di funzionamento			
R = rendimento			
Risparmio annuo:	€ 40,23	Delta di costo tra i motori:	€ 60,00
Payback (in anni):	1,5		

Tabella 2

ESEMPIO 2 - NUOVA INSTALLAZIONE A PIENO CARICO			
Vantaggi che si hanno installando un motore EFF1 rispetto ad un motore EFF2 con un utilizzo a pieno carico del motore			
Potenza motore in kW:	3		
Prezzo medio motore EFF1:	€ 280,00	Efficienza motore EFF1:	87,60%
Prezzo medio motore EFF2:	€ 220,00	Efficienza motore EFF2:	85,00%
Numero ore di funzionamento:	7.680	Consumo motore EFF1:	kWh 26.301,37
Costo medio del kWh:	€ 0,10	Costo energetico motore EFF1:	€ 2.630,14
Formula utilizzata per il calcolo:			
consumo = (P x C x h)/R		Consumo motore EFF2:	27.105,88
dove:		Costo energetico motore EFF2:	€ 2.710,59
P = potenza del motore			
C = coefficiente di carico			
h = ore annue di funzionamento			
R = rendimento			
Risparmio annuo:	€ 80,45	Delta di costo tra i motori:	€ 60,00
Payback (in anni):	0,8		

Tabella 3

ESEMPIO 3 - SOSTITUZIONE			
Vantaggi che si hanno SOSTITUENDO un motore EFF3 rispetto ad un motore EFF1 con un utilizzo a pieno carico del motore			
Potenza motore in kW:	3		
Prezzo medio motore EFF1:	€ 280,00	Efficienza motore EFF1:	87,60%
		Efficienza motore EFF3:	81,00%
Numero ore di funzionamento:	7.680	Consumo motore EFF1:	kWh 26.301,37
Costo medio del kWh:	€ 0,10	Costo energetico motore EFF1:	€ 2.630,14
Formula utilizzata per il calcolo:			
consumo = (P x C x h)/R		Consumo motore EFF2:	28.444,44
dove:		Costo energetico motore EFF2:	€ 2.844,44
P = potenza del motore			
C = coefficiente di carico			
h = ore annue di funzionamento			
R = rendimento			
Risparmio annuo:	€ 214,31	Costo motore EPP1:	€ 280,00
Payback (in anni):	1,3		

Tabella 4



### Esempio n. 3 (Sostituzione)

Nell'esempio raffigurato in tabella 4, si nota che l'installazione di un nuovo motore in classe EFF 3 al posto di uno del medesimo tipo, ma riavvolto, produce risultati interessanti. Con un semplice calcolo si rileva che il tempo di rientro dell'investimento è ridotto a solo un anno e quattro mesi.

Nel caso descritto in tabella 5 è evidente come il solo miglioramento del rendimento del motore porti quasi ad ammortizzare, nell'arco di un solo anno solare, l'intero costo del motore stesso.

Se si vuole analizzare il problema anche dal punto di vista ecologico, utilizzando meno energia, si emette in atmosfera meno CO<sub>2</sub>.

### Gli inverter

Fino a questo momento abbiamo esaminato la sostituzione di motori con altri ad alto rendimento.

La tecnologia offre, però, altre apparecchiature che migliorano il rendimento del motore, ne riducono ulteriormente i consumi e permettono una migliore regolazione; queste apparecchiature si chiamano "convertitori di frequenza" comunemente noti come "inverter".

Con l'introduzione degli inverter, il risparmio può aumentare in modo considerevole; secondo gli utilizzi e le applicazioni dei motori sui quali è montato, il risparmio può arrivare anche al 60%.

L'inserimento di un inverter nel ciclo di lavoro di un motore consente di regolare la portata di un fluido (aria o acqua) variando solo ed esclusivamente il numero di giri di questo e, di conseguenza, della pompa o del ventilatore, sostituendo in tal modo anche gli altri sistemi di regolazione fortemente dissipativi dal punto

di vista energetico, quali serrande, by-pass, valvole a due, tre e quattro vie motorizzate.

Immaginando, quindi, di richiedere a qualsiasi sistema, ove sia inserito un motore, di scendere a metà della portata nominale, in alcuni periodi di funzionamento, l'inverter dimezzerà la velocità del motore e siccome la potenza varia con il cubo della velocità, l'assorbimento energetico scenderà dal 100% a solo 1/8 della potenza nominale.

Nel grafico di figura 5, riportato a titolo esemplificativo, si evidenzia la differenza di energia elettrica necessaria a monte del motore per fornire pari lavoro utile su una pompa centrifuga.

La riduzione dei consumi è notevole, del 44%; inoltre si otterrebbero altri miglioramenti quali:

- la riduzione dei costi di manutenzione;
- la riduzione della rumorosità del motore;
- un fattore di potenza pari a 0,98 (il motore non deve essere più rifasato).

Negli esempi riportati nelle tabelle 5 e 6, risulta molto chiaramente come, nel caso di inserimento in un impianto di un inverter per il controllo di un ventilatore e di una pompa, il *payback* sia limitato a dieci mesi nel peggiore dei casi e a otto mesi nel migliore.

Particolare attenzione dovrà essere posta comunque a tutti quegli inverter preinstallati su motori per pompe e/o ventilatori che agiscono su curve prestazionali già impostate e dove l'arresto del motore deve avvenire con l'inserimento di un modulo aggiuntivo che causa un incremento dei costi e quindi un

#### Vantaggi che si hanno installando un inverter per una pompa

Potenza motore in kW:	11,00		
Prezzo motore con inverter:	€ 2.000,00	Efficienza motore con inverter:	87,60%
Prezzo motore senza inverter:	€ 1.050,00	Efficienza motore senza inverter:	87,60%
Numero ore di funzionamento:	6.000	Consumo motore con inverter:	kWh 61.027,40
Costo medio del kWh:	€ 0,10	Costo energetico motore con inverter:	€ 6.102,74
		Coefficiente di carico motore con inverter:	0,81
Formula utilizzata per il calcolo:			
consumo = (P x C x h)/R		Consumo motore senza inverter:	75.342,47
dove:		Costo energetico motore senza inverter:	€ 7.534,25
P = potenza del motore		Coefficiente di carico motore senza inverter:	1
C = coefficiente di carico			
h = ore annue di funzionamento			
R = rendimento			
<b>Risparmio annuo:</b>	<b>€ 1.431,51</b>	<b>Delta consumo tra i motori:</b>	<b>14.315,07</b>
<b>Payback (in anni):</b>	<b>0,6</b>	<b>Delta di costo tra i motori:</b>	<b>€ 950,00</b>

Tabella 5

#### Inverter - Vantaggi che si hanno installando un inverter per un ventilatore

Potenza motore in kW:	7,50		
Prezzo motore con inverter:	€ 1.500,00	Efficienza motore con inverter:	87,60%
Prezzo motore senza inverter:	€ 700,00	Efficienza motore senza inverter:	87,60%
Numero ore di funzionamento:	6.000	Consumo motore con inverter:	kWh 41.609,59
Costo medio del kWh:	€ 0,10	Costo energetico motore con inverter:	€ 4.160,96
		Coefficiente di carico motore con inverter:	0,81
Formula utilizzata per il calcolo:			
consumo = (P x C x h)/R		Consumo motore senza inverter:	51.369,86
dove:		Costo energetico motore senza inverter:	€ 5.136,99
P = potenza del motore		Coefficiente di carico motore senza inverter:	1
C = coefficiente di carico			
h = ore annue di funzionamento			
R = rendimento			
<b>Risparmio annuo:</b>	<b>€ 976,03</b>	<b>Delta consumo tra i motori:</b>	<b>9.760,27</b>
<b>Payback (in anni):</b>	<b>0,8</b>	<b>Delta di costo tra i motori:</b>	<b>€ 800,00</b>

Tabella 6

ritardo nel *payback*.

Nel caso in cui non s'installi un modulo aggiuntivo, infatti, il motore girerà a livelli molto bassi, anche in regime di stop; e siccome le leggi di affinità (quelle su cui si basa il funzionamento degli inverter) non sono valide a rendimenti diversi, potremmo per assurdo far girare un motore a 12,5 Hz ma consumare in modo identico ad un regime di rotazione pari a 25 Hz.

### Conclusioni

La tecnologia offre attualmente un ventaglio di possibilità per fare sì che il risparmio energetico possa essere una realtà e non sia confinato nel mondo delle buone intenzioni.

Certo: l'aggiornamento continuo e la conoscenza delle leggi, la cui interpretazione e applicazione sono da sempre imprese ardue, richiedono tempo e denaro, ma un tale investimento darà nel lungo periodo i suoi frutti sia per quanto riguarda i consumi sia per quanto riguarda la non meno importante salvaguardia ambientale. ■

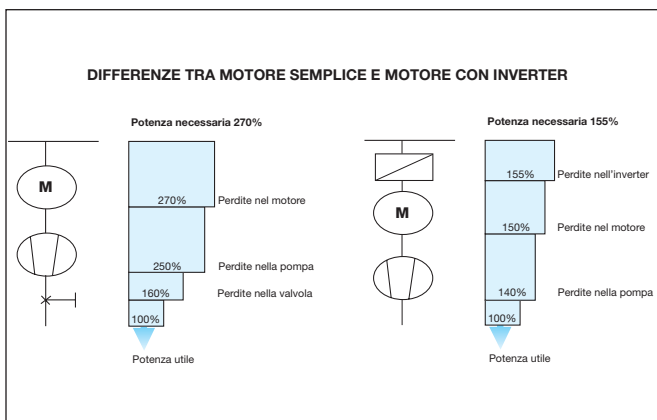


Figura 5