

elevatori

THE EUROPEAN ELEVATOR MAGAZINE

Schneider
Electric



Simply Smart!
Soluzioni semplici ed evolute

■ Attualità / *Topical subjects*

L'industria italiana di ascensori e scale mobili
The Italian lift and escalator industry

■ Norme, leggi e regolamenti / *Standards, laws and regulations*

HSL: sicurezza in testata e in fossa
HSL: safety in headroom and pit

Quadri di controllo dell'efficienza dei motori

Motor efficiency controllers

Brian Taylor

Power Efficiency Corporation, Las Vegas - NV, USA

1. LA SCIENZA DIETRO AI QUADRI DI CONTROLLO DELL'EFFICIENZA DEI MOTORI

1.1 Cos'è l'efficienza del motore?

In un mondo perfetto, i motori AC a induzione funzionerebbero con un'efficienza del 100%. In altre parole ogni kilowatt di potenza fornita al motore sarebbe trasformato in lavoro utile nell'albero motore. Tuttavia, nel mondo reale (quello in cui viviamo) questo non accade. Solo una parte della potenza fornita al motore viene convertita in lavoro utile e quella percentuale varia. L'efficienza rappresenta il rapporto tra la potenza fornita dal motore in corrispondenza dell'albero con la potenza fornita al motore in corrispondenza dei terminali.

$$\text{Efficienza} = \frac{\text{potenza utile in uscita}}{\text{potenza totale in entrata}}$$

In generale, i motori AC funzionano con la massima efficienza a circa il 75% del pieno carico nominale, e l'efficienza diminuisce solo leggermente sino al 25% - 50% del pieno carico, punto in cui l'efficienza comincia a diminuire in modo significativo. Come regola di massima, quanto più grande è il motore, più piatta è la curva, e di meno deve scendere la percentuale del carico prima che l'efficienza inizi a diminuire. La curva dell'efficienza per un tipico motore AC è illustrata in Figura 1.

1.2 Cos'è il fattore di potenza?

In un circuito AC puramente resistivo, le forme d'onda di tensione e corrente sono in fase, cambiando polarità nello stesso momento in ogni ciclo (Figura 2). Quando sono presenti elementi resistivi, come condensatori o induttori (come un motore AC a induzione), l'immagazzinamento di energia in questi elementi resistivi comporta una differenza di tempi tra le forme d'onda di corrente e tensione. Con un carico induttivo, la corrente presenta un ritardo rispetto alla tensione (Figura 3).

1. THE SCIENCE BEHIND MOTOR EFFICIENCY CONTROLLERS

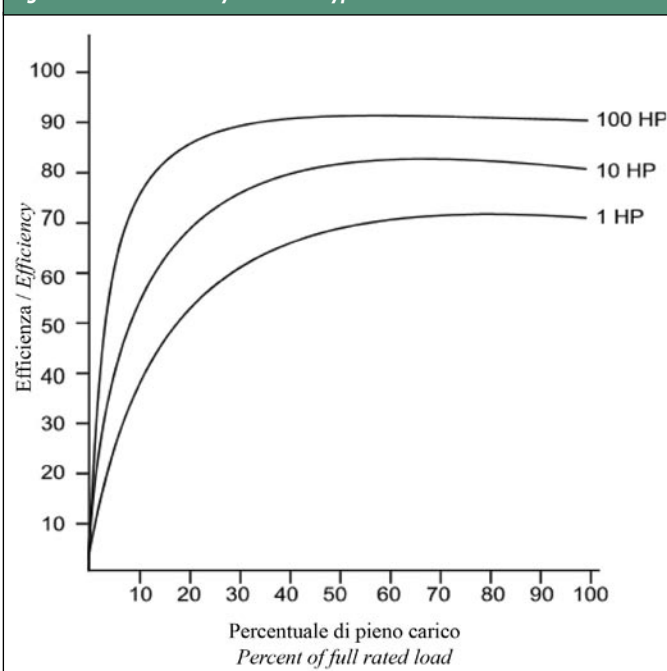
1.1 What is motor efficiency?

In a perfect world, AC induction motors would operate at 100% efficiency – in other words, every kilowatt of power delivered to the motor terminals would be converted to useful work at the motor shaft. However, in the real world (the world in which most of us live), this is not the case.

Only a percentage of the delivered power is converted to useful work, and that percentage will vary. The efficiency is the ratio of power delivered by the motor at the shaft to the power delivered to the motor at the terminals.

$$\text{Efficiency} = \frac{\text{useful power out}}{\text{total power input}}$$

Figura 1 - La curva di efficienza per motori AC tipici
Figure 1 - The efficiency curve for typical AC motors



In general, AC motors operate most efficiently at around 75% of full rated load, with the efficiency falling off only slightly until somewhere between 25% and 50% of full load, where the efficiency begins to drop significantly.

As a rule of thumb, the larger the motor, the flatter this curve is, and the lower the load percentage has to drop before the efficiency starts to drop.

The efficiency curve for typical AC motors is shown in Figure 1.

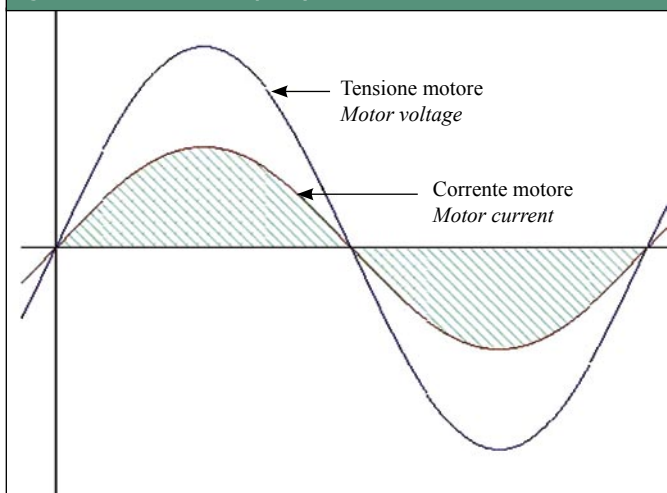
1.2 What is power factor?

In a purely resistive AC circuit, voltage and current waveforms are in phase, changing polarity at the same instant in each cycle (Figure 2).

When reactive elements are present, such as capacitors or inductors (such as an AC induction motor), energy storage in these reactive elements results in a time difference between the current and voltage waveforms.

With an inductive load, the current lags behind the voltage (Figure 3).

Figura 2 – Forme d'onda di un circuito AC permanente resistivo
Figure 2 – Waveforms in a purely resistive AC circuit



Poiché questa energia immagazzinata ritorna alla sorgente (in altre parole all'azienda elettrica) e non è disponibile per produrre lavoro sul carico, un motore con un basso fattore di potenza avrà bisogno di maggiore corrente per eseguire un certo lavoro rispetto a un motore con un maggiore fattore di potenza. Nei grafici precedenti, la zona in verde rappresenta il periodo di tempo durante il quale la corrente sta svolgendo del lavoro utile, e la parte in rosa rappresenta il tempo in cui la corrente viene immagazzinata negli elementi resistivi e rispedita alla sorgente.

Il flusso di potenza AC è composto da tre elementi:

- La potenza reale (P), misurata in watt (W), che può essere immaginata come la zona in verde della Figura 2 e 3;
- La potenza reattiva (Q), misurata in volt-ampere resistivi (VAR), che può essere immaginata come l'area in rosa della Figura 3;
- e la potenza apparente (S), misurata in volt-ampere (VA), che può essere immaginata come la combinazione delle zone in verde e rosa.

La potenza reale è la capacità del motore di eseguire un lavoro in uno specifico tempo. A causa degli elementi resistivi del carico, la potenza apparente, che è il prodotto della tensione e della corrente nel circuito, sarà pari o maggiore della potenza reale. La potenza reattiva è una misura dell'energia immagazzinata che viene rinviata alla sorgente durante ogni ciclo di corrente alternata. Il fattore di potenza può essere espresso con:

$$\frac{P}{S}$$

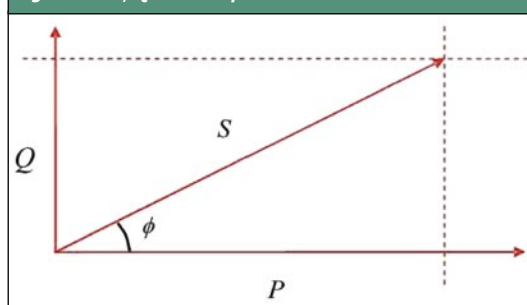
Nel caso di una forma d'onda sinusoidale (come nella Figura 2 e 3), P, Q e S possono essere espresse come vettori che formano un triangolo come mostrato in Figura 4, e: $S^2 = P^2 + Q^2$.

Se ϕ è l'angolo di fase tra la corrente e la tensione, allora il fattore di potenza è uguale a:

$$|\cos \phi|$$

e: $P = S * |\cos \phi|$

Figura 4 – P, Q e S espressi come vettori
Figure 4 – P, Q and S expressed as vectors



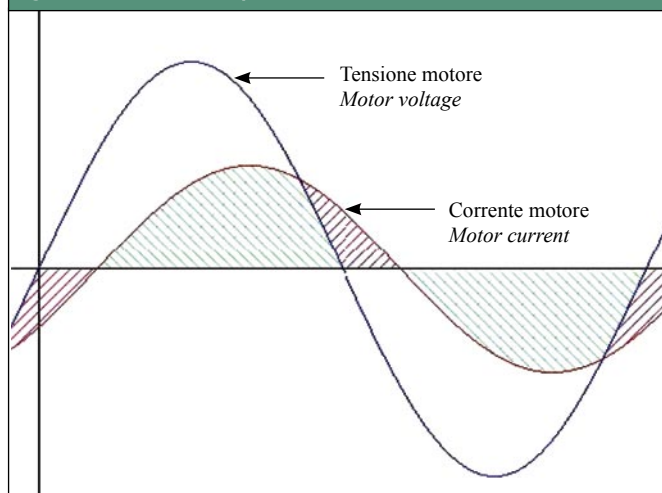
In the case of a sinusoidal waveform (as in Figure 2 and Figure 3), P, Q and S can be expressed as vectors that form a triangle such as shown in figure 4, and: $S^2 = P^2 + Q^2$.

If ϕ is the phase angle between the current and voltage, then the power factor is equal to:

$$|\cos \phi|$$

and: $P = S * |\cos \phi|$

Figura 3 – Forme d'onda in presenza di elementi resistivi
Figure 3 – Waveforms in presence of reactive elements



Since this stored energy returns to the source (in other words, the power company) and is not available to do work at the load, a motor with a low power factor will require more current draw to do a given amount of work than a motor with a high power factor. In the graphs above, the Green shaded region represents the period of time during which the current is doing useful work, and the Pink shaded region represents the time when the current is merely being stored in the reactive elements and returned to the source.

AC power flow has three components:

- Real power (P), measured in watts (W), which can be thought of as the green shaded area in Figure 2 and Figure 3;
- Reactive power (Q), measured in reactive volt-amps (VAR), which can be thought of as the pink shaded area in Figure 3;
- and Apparent power (S), measured in volt-amps (VA), which can be thought of as the combination of the pink and the green areas.

Real power is the capacity of the motor for performing work in a particular time. Due to reactive elements of the load, the apparent power, which is the product of the voltage and current in the circuit, will be equal to or greater than the real power. The reactive power is a measure of the stored energy that is reflected to the source during each alternating current cycle.

The power factor can be expressed as:

$$\frac{P}{S}$$

Per definizione il fattore di potenza è un numero adimensionale compreso tra 0 e 1. Quando il fattore di potenza è uguale a 0, il flusso di energia è interamente resistivo e l'energia immagazzinata nel carico ritorna alla sorgente a ogni ciclo. Quando il fattore di potenza è 1, tutta l'energia fornita dalla fonte viene consumata dal carico. I fattori di potenza sono di solito indicati come "primari" o "ritardati" per indicare il segno dell'angolo di fase.

Ad esempio, per ottenere 1 kW di potenza reale se il fattore di potenza è l'unità, deve essere trasferito 1 kVA di potenza apparente ($1 \text{ kVA} = 1 \text{ kW} \times 1$). Con bassi valori di fattore di potenza, è necessario trasferire una maggiore potenza apparente per ottenere la stessa potenza reale. Per ottenere 1 kW di potenza reale con un fattore di potenza di 0,2, è necessario trasferire 5 kVA di potenza apparente ($1 \text{ kW} = 5 \text{ kVA} \times 0,2$).

Quale relazione esiste tra fattore di potenza ed efficienza?

Mentre il fattore di potenza e l'efficienza non sono direttamente correlati (cioè non c'è un'equazione che fornisce una determinata efficienza in base a un fattore di potenza o viceversa), esiste una correlazione fisica tra i due che verrà affrontata nella discussione successiva relativa allo slittamento e alla coppia. In un motore AC, la potenza di ingresso è utilizzata per magnetizzare il nucleo dello statore (Figura 5).

Quando il campo magnetico dello statore ruota, induce un flusso di corrente e a sua volta un campo magnetico nel nucleo del rotore. Il campo magnetico dello statore interagisce con il campo magnetico del rotore (Figura 6 e 7).

By definition, the power factor is a dimensionless number between 0 and 1.

When power factor is equal to 0, the energy flow is entirely reactive, and stored energy in the load returns to the source on each cycle.

When the power factor is 1, all the energy supplied by the source is consumed by the load. Power factors are usually stated as "leading" or "lagging" to show the sign of the phase angle.

For example, to get 1 kW of real power if the power factor is unity, 1 kVA of apparent power needs to be transferred ($1 \text{ kVA} = 1 \text{ kW} \times 1$). At low values of power factor, more apparent power needs to be transferred to get the same real power. To get 1 kW of real power at 0.2 power factor 5 kVA of apparent power needs to be transferred ($1 \text{ kW} = 5 \text{ kVA} \times 0.2$).

How are Power Factor and Efficiency related?

While power factor and efficiency are not directly related (i.e., there is no equation that will solve for efficiency given power factor or vice versa), there is a physical correlation between the two, and will be explained in the following discussion of slip and torque.

In an AC motor, the input power is used to magnetize the stator core (Figure 5).

As the stator magnetic field rotates, it induces a current flow and in turn a magnetic field in the rotor core.

The stator's magnetic field interacts with the rotor's magnetic field (Figures 6 and 7).

Figura 5 - Gruppo statore
Figure 5 - Stator assembly

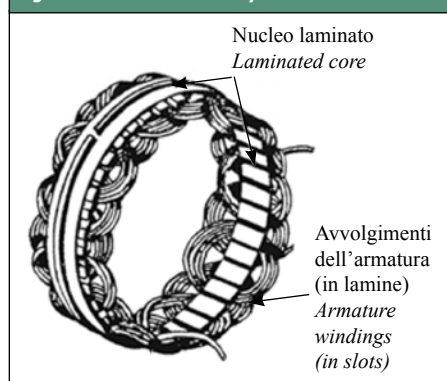


Figura 6 - Gruppo rotore
Figure 6 - Rotor assembly

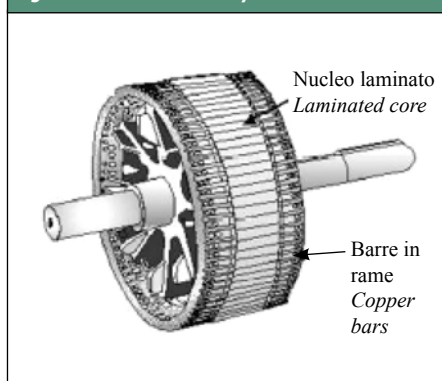
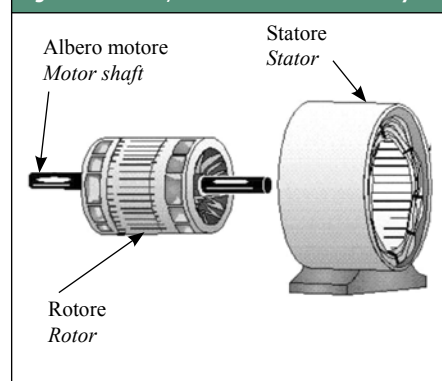


Figura 7 - Gruppo motore, rotore e statore
Figure 7 - Motor, rotor and stator assembly



Il rotore tenta di allineare il suo campo con il campo rotante dello statore e il rotore inizia a ruotare per seguire il campo dello statore. Se non ci fosse carico sul rotore, il rotore sarebbe infine in grado di "agganciare" il campo dello statore e di ruotare a velocità sincrona.

Ma poiché il rotore ha una massa e vi sono altre perdite all'interno del motore (attrito nei cuscinetti, perdite negli avvolgimenti, ecc.), il rotore ruoterà sempre con una frequenza leggermente inferiore rispetto al campo dello statore.

La differenza delle velocità viene indicata con il termine di "scorrimento" ed è semplicemente il rapporto della differenza tra velocità sincrona del campo dello statore e velocità del rotore e la velocità sincrona:

$$\text{Scorrimento} = \frac{(f_s - f_r)}{f_s}$$

The rotor attempts to align its field with the rotating stator field, and the rotor begins to rotate to follow the stator field.

If there were no load on the rotor, the rotor would eventually "catch up" to the stator field and rotate at a synchronous speed.

However, since the rotor has mass, and there are other losses within the motor (bearing friction, windage losses, etc.), the rotor will always rotate at a slightly lower frequency than the stator field.

The differential in speeds is referred to as "slip", and is simply the ratio of the difference between the synchronous (stator field) speed and the rotor speed to the synchronous speed:

$$\text{Slip} = \frac{(f_s - f_r)}{f_s}$$

dove f_s è la velocità sincrona e f_r è la velocità del rotore. È il flusso magnetico che taglia i conduttori del rotore mentre scorre a produrre la coppia. Maggiore è il carico sull'albero rotore, maggiore è lo scorrimento e pertanto maggiore la coppia prodotta.

In un motore non caricato, lo scorrimento e la coppia prodotta sono molto bassi. Il motore compie solo una piccolissima quantità di lavoro utile. Quindi il motore opera con un'efficienza molto bassa. In un motore caricato pesantemente, lo scorrimento è elevato (solitamente circa il 5%) e molta dell'energia complessiva in ingresso è utilizzata per spostare il carico e il motore sta funzionando in modo molto efficiente.

Come per il fattore di potenza, un motore non carico è simile a un trasformatore senza carico resistivo sul secondario. Poca resistenza viene riflessa dal secondario (rotore) al primario (statore). In tal modo la linea di potenza vede un carico reattivo, con bassi valori sino allo 0,1 (10%) del fattore di potenza. Allorché il rotore è caricato, una componente resistiva crescente viene riflessa dal rotore allo statore, aumentando il fattore di potenza. Possiamo, pertanto, utilizzare il fattore di potenza come un indicatore della dimensione del carico (in forma di percentuale del carico nominale) e dell'efficienza di funzionamento del motore.

2. LA TECNOLOGIA (IMPLEMENTAZIONE DELLA SCIENZA)

2.1 Come si può controllare l'efficienza?

Come si desume da quanto detto in precedenza, l'unico modo per aumentare l'efficienza consiste nel far corrispondere meglio la quantità di energia impartita al motore con la quantità di energia necessaria per azionare il carico all'uscita. Il modo migliore per farlo consiste nel far corrispondere la dimensione del motore al carico da azionare, in modo che il motore azioni un carico che si colloca nella parte più alta della curva di efficienza (cioè, ~75% del pieno carico nominale). In molte applicazioni, tuttavia, ciò non è fattibile. In molti casi, quando il carico azionato può variare di molto, il motore deve essere dimensionato per il carico di picco. In alcuni casi è abbastanza probabile vedere un motore funzionante a meno del 20% del carico nominale per lunghi periodi di tempo (in alcuni casi, come nelle grandi scale mobili, per più del 99% del tempo). Poiché il progettista del dispositivo non ha alcun controllo sul profilo di carico e il motore deve essere dimensionato per corrispondere al carico di picco nell'applicazione, l'unico modo per migliorare l'efficienza consiste nel ridurre la quantità di potenza fornita al motore. In un motore AC, ci sono cinque componenti coinvolti nell'energia che si perde: perdita di attrito, perdita negli avvolgimenti, perdita di rumore, perdita nel rame e perdita nel ferro. Le prime tre, attrito, avvolgimenti e rumore sono perdite meccaniche piuttosto costanti e rappresentano generalmente una porzione molto piccola dell'energia complessiva perduta o dispersa. La perdita nel rame è essenzialmente l'energia persa in calore negli avvolgimenti ed è una funzione del carico. La perdita nel ferro è l'energia persa a causa delle correnti parassite e degli effetti di isteresi nei nuclei di ferro magnetici dello statore e del rotore ed è una funzione della tensione dei terminali del motore, è indipendente dal carico. Un motore funziona in modo molto efficiente quando la perdita nel ferro e la perdita nel rame sono uguali, ciò si verifica quando il motore funziona al ~75% - 90% del pieno carico nominale. Quando il carico aumenta, la perdita di

where f_s is the synchronous speed and f_r is the rotor speed. It is the magnetic flux cutting the rotor conductors as it slips which produces torque.

The greater the load on the rotor shaft, the larger the slip and therefore the greater the torque produced.

In an unloaded motor, there is very little slip and very little torque produced.

The motor is performing only a very small amount of useful work. Thus, the motor is operating at a very low efficiency. In a heavily-loaded motor, the slip is high (typically about 5%) and most of the input energy total is used to move the load, and the motor is operating very efficiently.

As for power factor, an unloaded motor is similar to a transformer with no resistive load on the secondary. Little resistance is reflected from the secondary (rotor) to the primary (stator).

Thus the power line sees a reactive load, as low as 0.1 (10%) power factor. As the rotor is loaded an increasing resistive component is reflected from rotor to stator, increasing the power factor.

We can, therefore, use the power factor as an indicator of how large the load is (as a percentage of rated load) and how efficiently the motor is operating.

2. THE TECHNOLOGY (IMPLEMENTATION OF THE SCIENCE)

2.1 How can the efficiency be controlled?

As can be seen from the above discussions, the only way to increase the efficiency is to better match the amount of energy delivered to the motor with the amount of energy required to drive the load at the output.

The best way to do this is to match the motor size to the load being driven, so that the motor is driving a load that is at the top end of the efficiency curve (i.e., ~75% of the full rated load). In many applications, however, this is not feasible. In many cases, when the driven load can vary over a large range, the motor must be sized for the peak load.

In some cases, it is quite likely to see a motor operating at less than 20% of the rated load for significant periods of time (in some cases, such as large escalators, for well over 99% of the time).

Since the engineer designing the equipment has no control over the load profile, and the motor must be sized to match the peak load in the application, the only way to improve the efficiency is to reduce the amount of power delivered to the motor.

In an AC motor, there are five components to the power that is lost: friction loss, windage loss, sound loss, copper loss, and iron loss.

The first three, friction, windage, and sound, are mechanical losses, are fairly constant, and generally represent a very small fraction of the total wasted or lost power.

The copper loss is basically the energy lost to heat in the windings and is a function of the load.

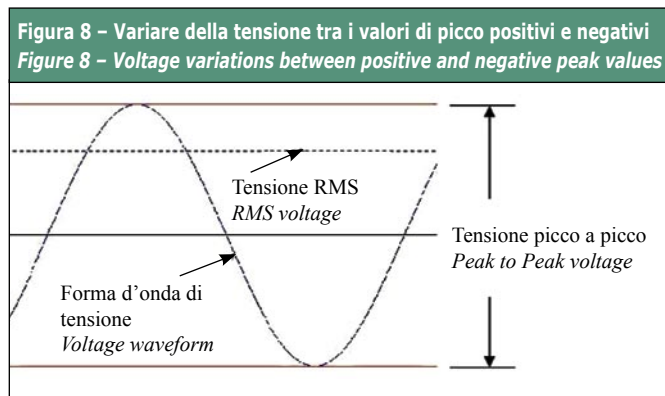
The iron loss is the energy lost due to eddy currents and hysteresis effects in the magnetic iron cores of the stator and rotor, and is a function of the voltage at the motor terminals - it is independent of the load.

A motor is operating most efficiently when the iron loss and the copper loss are equal, which occurs when the motor is driving ~75% to 90% of the full rated load. As the load increases, the

rame si fa dominante. Quando il carico è molto basso, la perdita di ferro si fa dominante, rappresentando la maggior parte della perdita di energia. Abbassando la tensione, possiamo ridurre la corrente di magnetizzazione e ridurre così la perdita nel ferro. Ciò riduce la potenza totale fornita al motore, e poiché la potenza fornita al carico non viene modificata, l'efficienza risulta aumentata. Inoltre, riducendo la corrente di magnetizzazione, riduciamo la componente induttiva rispetto alla potenza totale come anche la corrente totale e pertanto aumentiamo il fattore di potenza. Poiché è molto difficile misurare direttamente l'efficienza effettiva di un motore AC, e poiché il fattore di potenza e l'efficienza tendono ad aumentare e diminuire contemporaneamente, è possibile monitorare indirettamente l'efficienza misurando il fattore di potenza. Quando la tensione nei terminali del motore viene diminuita, aumentiamo il fattore di potenza e l'efficienza del motore. Tanto maggiore è l'aumento del fattore di potenza, tanto maggiore sarà l'aumento dell'efficienza. In tal modo, controllando il fattore di potenza, possiamo controllare indirettamente l'efficienza del motore.

2.2 Tecnologia di risparmio energetico Nola?

Circa 30 anni fa (1977), un ingegnere della NASA, Frank Nola, brevettò un metodo per migliorare l'efficienza dei motori monofase a induzione con carico leggero, misurando e riducendo l'angolo di fase ("lag" nella Figura 3 precedente) tra le forme d'onda di tensione e corrente. Nei pochi anni successivi, Nola brevettò miglioramenti di tale tecnica, oltre a una versione per migliorare l'efficienza dei motori trifase a induzione con carico leggero. Quando facciamo riferimento alla tensione in un circuito AC, ci riferiamo effettivamente alla Tensione RMS (Vrms) che è una misura della tensione effettiva e può essere immaginata come l'equivalente della tensione CC necessaria per fornire la stessa quantità di energia ad un carico. Matematicamente, l'RMS (Root Mean Square - Radice quadratica media) è la media quadratica dei valori medi dei quadrati delle tensioni istantanee. Poiché la tensione AC è una funzione sinusoidale, la tensione varia tra i valori di picco positivi e negativi (Figura 8). La tensione RMS è uguale a circa il 70% della tensione di picco quando la tensione è una vera onda sinusoidale (c'è molta matematica e fisica alla base di questi concetti che non approfondiremo in questa sede). Tuttavia, se dovessimo eliminare una parte di ogni ciclo, in modo che la tensione sia uguale a zero per qualche parte di ogni ciclo, in tal caso il valore RMS, che può essere immaginato come basato sull'area sotto la curva (la parte ombreggiata in blu nella Figura 9), risulterà ridotto. Quanto più rimuoviamo da ogni ciclo, tanto più si abbassa la tensione.



copper loss dominates.

When the load is very low, the iron loss dominates, representing most of the energy loss.

By lowering the voltage, we can reduce the magnetizing current and thus reduce the iron loss. This reduces the total power delivered to the motor, and since the power delivered to the load has not changed, the efficiency is increased.

Also, by reducing the magnetizing current, we reduce the inductive component to the total power as well as the total current, and therefore increase the power factor.

Since it is very difficult to measure the actual efficiency of an AC motor directly, and since the power factor and efficiency tend to rise and fall together, it is possible to indirectly monitor the efficiency by measuring the power factor.

When the voltage at the motor terminals is decreased, we increase the power factor and the efficiency of the motor.

The more we increase the power factor, the more we increase the efficiency. Thus by controlling the power factor, we can indirectly control the efficiency of the motor.

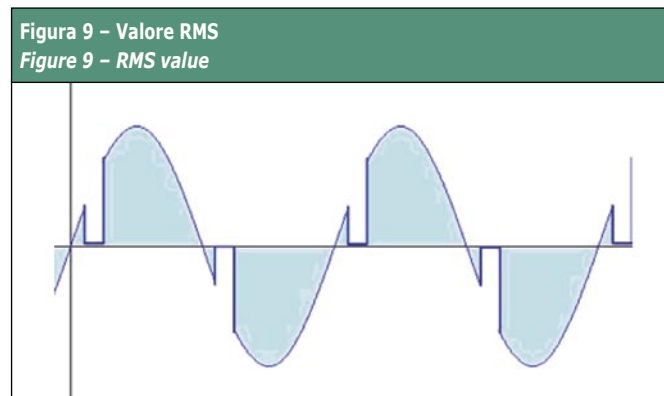
2.2 Nola energy savings technology?

About 30 years ago (1977), a NASA engineer by the name of Frank Nola patented a method for improving the efficiency of lightly loaded single phase induction motors by measuring and reducing the phase angle ("lag" in Figure 3 above) between the voltage and current waveforms. In the next few years, Nola patented several improvements to the technique, along with a version for improving the efficiency of lightly loaded three phase induction motors.

When we refer to the Voltage in an AC circuit, we are really referring to the RMS Voltage (Vrms) which is a measure of the effective voltage, and can be thought of as the equivalent DC voltage required to deliver the same amount of power into a load. Mathematically, the RMS (Root Mean Square) is the square root of the mean value of the squares of the instantaneous voltage. Since AC voltage is a sinusoidal function, the voltage varies between the positive and negative peak values (Figure 8).

The RMS voltage is approximately equal to 70% of the peak voltage when the voltage is a true sine wave (there is a lot of math and physics behind this which we won't go into at this time).

However, if we were to remove a portion of each cycle, so that the voltage is equal to zero for some portion of each cycle, then the RMS value, which can be thought of as being based on the area under the curve (blue shaded area in Figure 9), will be reduced. The more of each cycle we remove, the lower the voltage goes.



Essenzialmente, il controllo Nola del fattore di potenza riduce la tensione fornita al motore smorzando il segnale di tensione per una parte di ogni semiciclo, riducendo la tensione RMS fornita al motore.

2.3 Perché il quadro di controllo dell'efficienza del motore della Power Efficiency è diverso?

Il quadro di controllo dell'efficienza del motore di Power Efficiency si basa sulla tecnologia Nola e risulta molto migliorato. Pur conservando la funzionalità base (migliorando il fattore di potenza e l'efficienza riducendo la tensione), la Power Efficiency Corporation ha apportato una serie di miglioramenti proprietari al progetto iniziale (la maggior parte dei quali sono brevettati), che risolvano una serie di problemi che si erano incontrati. È grazie a questi miglioramenti che il quadro di controllo dell'efficienza del motore Power Efficiency funziona su una gamma più ampia di motori rispetto ai dispositivi disponibili in commercio che si avvalgono della tecnologia Nola. Bilanciamento di fase: mentre i dispositivi Nola risultavano più che adatti per i motori di 30 anni fa, i motori moderni (più efficienti) tendono a raggiungere situazioni instabili di vibrazione in certe condizioni. PEC ha risolto questo problema con un circuito di bilanciamento di fase che appiana il segnale di tensione del motore nel comparatore che rappresenta il cuore dei dispositivi Nola. Poiché questo circuito brevettato si trova solo nei quadri di controllo dell'efficienza del motore Power Efficiency, i dispositivi PEC funzionano su una gamma più ampia di motori rispetto a qualsiasi altro dispositivo Nola disponibile in commercio.

Risposta rapida: un altro problema di dispositivo Nola consiste nel fatto che presenta difficoltà a fornire una risposta a un rapido aumento del carico sul motore come quella che si incontra quando una grande massa viene depositata su un nastro trasportatore o un ascensore passa da una posizione di standby a una di funzionamento a pieno carico. Con i dispositivi Nola, il motore tenderebbe ad andare in stallo. Il quadro di controllo dell'efficienza del motore incorpora un algoritmo proprietario di "risposta rapida" che permette di applicare piena potenza al motore quando necessario. Inoltre, pochi dispositivi della concorrenza dispongono di qualcosa che sia anche lontanamente simile e nessuno presenta il metodo proprietario di PEC che incorpora anche una risposta potenziata che risolve un problema di segnale del comparatore durante il rapido aumento di carico. Controllo del valore di riferimento di risparmio di potenza: i dispositivi Nola erano di fatto permanentemente impostati a un risparmio di potenza massima durante tutta la presenza del dispositivo nel circuito. Il quadro di controllo dell'efficienza del motore incorpora un mezzo efficace per il controllo del livello al quale il dispositivo deve influire sulla potenza fornita al motore. Grazie a questo, un normale quadro di controllo PEC può effettivamente essere personalizzato sulla base di qualsiasi applicazione senza richiedere una costruzione personalizzata. Inoltre, poiché il dispositivo funziona anche come un softstarter configurabile, il valore di riferimento può essere configurato per ridurre o eliminare la funzionalità di risparmio di potenza, consentendo la risoluzione dei guasti del motore con il dispositivo installato nel circuito.

Determinazione del target di applicazione: come già accennato, vi sono alcune applicazioni a cui questa tecnologia si adatta perfettamente e ve ne sono altre per le quali non ha alcun effetto. PEC concentra le sue vendite e i suoi sforzi di marketing solo su quelle applicazioni in cui il quadro di controllo dell'efficienza del motore ha gli effetti massimi garantendo in tal modo una base effettiva e costante di soddisfazione della clientela e una

Essentially, the Nola power factor controller reduces the voltage delivered to the motor by damping the voltage signal for a portion of every half cycle, reducing the RMS voltage delivered to the motor.

2.3 How is Power Efficiency's motor efficiency controller different?

While Power Efficiency's motor efficiency controller is based on the Nola technology, it is much improved.

While the basic functionality (improving power factor and efficiency by reducing the voltage) remains, Power Efficiency Corporation has made a number of proprietary (most of them patented) improvements on the basic design, which resolve a host of problems that have been encountered.

It is because of these improvements that Power Efficiency's motor efficiency controller works on a broader range of motors than other Nola-based devices on the market.

Phase balancing: While the Nola device was more than adequate for the motors that were around 30 years ago, modern (more efficient) motors tend to go into an unstable vibration mode under certain conditions.

PEC solved this problem with a phase-balancing circuit which smoothes out the motor voltage signal at the comparator that is the heart of the Nola device.

Since this patented circuit is found only on Power Efficiency's motor efficiency controller, PEC's devices work on a much broader range of motors than any other Nola-based device on the market.

Fast response: Another problem with the Nola device was that it had difficulty responding to a rapid increase in the load on the motor such as what is encountered when a large mass is dropped onto a conveyor, or an elevator goes from idle to lifting a full car.

With Nola's device, the motor would tend to stall out.

The motor efficiency controller incorporates a proprietary "fast response" algorithm that allows it to apply full power to the motor when required.

Again, few competing devices on the market have anything remotely similar, and none have PEC's proprietary method which also incorporates a boost response that resolves a comparator signal problem during rapid load increase.

Power savings set-point control: The Nola device was essentially permanently set to maximum power savings as long as the device was in-circuit.

The motor efficiency controller incorporates an effective means of controlling the degree to which the device affects the power delivered to the motor.

Because of this, a standard PEC controller can, in effect, be customized for every application without requiring a custom build process.

Also, since the device also functions as a configurable softstarter, the set-point can be configured to reduce or eliminate the power-savings functionality, allowing for troubleshooting motor problems with the device still in-circuit.

Application targeting: As noted above, there are certain applications where this technology is a perfect fit, and there are others where this device has no effect whatsoever.

PEC concentrates its sales and marketing efforts only on those applications where the motor efficiency controller will have the greatest effect, thereby ensuring a consistently satisfied customer

grande varietà di casi di studio di applicazioni che supportano l'efficacia del dispositivo.

3. APPLICAZIONI NEL MONDO REALE

3.1 In che modo il miglioramento dell'efficienza riduce il costo della bolletta energetica?

La bolletta che la maggior parte di noi riceve dall'azienda di fornitura elettrica riflette l'importo dell'energia (la P dell'equazione sopra riportata) fornita. Il componente resistivo (nell'equazione precedente: Q) ritorna alla fonte (l'azienda elettrica) e non si ripercuote sulla bolletta (a meno che non ci sia una penale del fattore di potenza, ma questo solitamente vale solo per i consumi aziendali e viene corretto nel complesso per la fornitura all'edificio invece dei carichi individuali). La potenza reale viene normalmente addebitata con incrementi di kilowattora (kWh), che corrispondono a un kilowatt di potenza erogata in un'ora. L'energia persa (come quella delle perdite nel ferro e nel rame) è energia reale che viene addebitata realmente sulla bolletta. Aumentando l'efficienza e riducendo le perdite si riduce l'importo di energia consumata e ciò riduce il costo della bolletta elettrica.

3.2 Che tipo di risparmio attendersi?

Dipende dal profilo di carico dell'applicazione. Se il motore impiega molto tempo in condizioni di carico leggero o scarico, in tal caso la riduzione derivata dalla migliorata efficienza rappresenterà una percentuale significativa della potenza consumata senza miglioramento.

Ovviamente, poiché la bolletta elettrica riflette gli addebiti per i kWh, se l'applicazione è rappresentata da un motore molto piccolo che consuma poca energia anche a pieno carico, una grossa parte di quella piccola quantità resta comunque una piccola quantità (sebbene ciò sia leggermente sfalsato quando consideriamo che i motori più piccoli tendono a essere meno efficienti). Tuttavia, in applicazioni con motori più grandi, quel risparmio si può tradurre in una discreta somma di denaro. Come esempio, prendiamo un ipotetico motore da 40 CV, 460V utilizzato per la scala mobile di un albergo. La targa dice che la FLA è di 52 amp, l'efficienza a pieno carico è del 92%. Tuttavia, poiché il motore era dimensionato per essere in grado di azionare un pieno carico (1-2 persone su ogni gradino), questo motore impiega quasi tutto il suo tempo in una condizione di carico molto leggero. Ipotizziamo poi di misurare il consumo di energia di questo dispositivo in condizioni normali e che questo assorba una media di 6kW. Poiché una scala mobile funziona 24 ore al giorno, per 7 giorni a settimana, una stima conservativa (che tenga conto di interruzioni per manutenzione, ecc.) porterebbe la scala mobile a funzionare per 8700 ore l'anno. Questa scala mobile consuma quindi 52,200 kWh ogni anno, che a un costo di \$.08/kWh (costo commerciale dell'energia nel sud Nevada) ammonta a \$4176 di costi annuali per l'energia. Se possiamo risparmiare il 30% di quest'energia migliorando l'efficienza, risparmieremo più di \$1.250 l'anno, un importo in dollari non certo trascurabile. Se la stessa scala mobile fosse nell'area della Baia di San Francisco in California, dove i costi energetici commerciali superano i \$.12/kWh, la scala mobile costerebbe \$6264 all'anno, e con lo stesso risparmio del 30% si guadagnerebbe più di \$1850 ogni anno. Poiché i costi energetici continuano a salire, il risparmio diventa sempre più notevole. Ovviamente, applicazioni diverse avranno percentuali di risparmio diverse e consumi energetici diversi. Tuttavia, se utilizziamo

base and a wide variety of application case studies that support the efficacy of our device.

3. REAL WORLD APPLICATION

3.1 How does improving efficiency reduce my power bill?

The bill most of us receive from the power company reflects the amount of real power (P from the equation above) that is delivered. The reactive component (Q from above) is returned to the source (the power company) and doesn't affect the billing (unless there is a power factor penalty, but this normally applies only to business customers, and is corrected in bulk at the facility entrance rather than at individual loads).

The real power is normally charged in increments of the kilowatt-hour (kWh), which is one kilowatt of power delivered for one hour. The power that is lost (such as the iron and copper losses) is real power, which appears as a real charge on your power bill. By increasing the efficiency, and reducing the loss, you are reducing the amount of power consumed and that reduces your power bill.

3.2 What kind of reductions will I see?

That will depend on the load profile of your application. If the motor spends a significant time unloaded or lightly loaded, then the reduction from improved efficiency will be a significant percentage of the power consumed without improvement.

Of course, since your bill reflects charges for kWh, if the application is a very small motor that consumes little power even fully loaded, a significant fraction of a small amount is still a small amount (although this is offset somewhat when we consider that smaller motors tend to be inherently less efficient).

However, in applications with larger motors, that savings can translate to some decent money.

As an example, let's take a hypothetical 40 HP, 460V motor running a hotel escalator.

Nameplate info tells us that the FLA is 52 amps, the efficiency at full load is 92%.

However, since the motor was sized to be able to drive a full load (1-2 persons on every step), this motor spends almost all of its time very lightly loaded.

Let's further assume that we measure the power consumption by this device under normal conditions, and it draws an average of 6kW. Since the escalator runs 24 hours a day, 7 days a week, a conservative estimate (allowing for downtimes for maintenance, etc.) would have the escalator running 8700 hours per year.

This escalator then consumes 52,200 kWh each year, which at \$.08/kWh (commercial power rates in southern Nevada) gives us \$4176 in power costs per year. If we can save 30% of this power by improving the efficiency, that is over \$1,250 a year in savings, a not insignificant dollar figure.

If this same escalator were in the San Francisco Bay Area in California, where commercial power rates are in excess of \$.12/kWh, the escalator would cost \$6264 per year to operate, and the same 30% would save more than \$1850 every year.

As power rates continue to rise, the savings become ever more significant.

Obviously, different applications will have different savings percentages and different power consumption.

mo questa tecnologia solo sulle applicazioni che funzionano con carichi ridotti per la maggior parte del tempo, è possibile raggiungere facilmente il 20% - 40% di risparmio.

3.3 Perché crederci?

La scala mobile nell'esempio precedente è un'applicazione reale. I calcoli dei consumi energetici, comprendenti il risparmio indicato sopra, sono stati eseguiti dall'Azienda Elettrica del Nevada che fornisce energia elettrica alle utenze del Nevada del Sud (inclusa Las Vegas). Poiché questi calcoli sono stati eseguiti per determinare l'idoneità o meno di questo cliente per una riduzione sulla base del risparmio energetico (e sulla base di questi risultati è risultato idoneo), il calcolo del risparmio rappresenta sicuramente una valutazione accurata di questa applicazione del quadro di controllo dell'efficienza del motore Power Efficiency.

4 IL FUTURO DEL QUADRO DI CONTROLLO DELL'EFFICIENZA DEL MOTORE POWER EFFICIENCY

Mentre l'attuale incarnazione del quadro di controllo dell'efficienza del motore Power Efficiency incorpora un progetto resistente e collaudato, come un circuito di controllo analogico soffre di un difetto: la capacità di controllare e comunicare lo stato (proprio e del motore sotto controllo). PEC sta attualmente progettando l'ultima aggiunta alla propria famiglia di quadri di controllo, una versione digitale basata su microprocessore di un dispositivo trifase analogico.

4.1 Funzionalità di monitoraggio

Poiché la nuova versione del quadro di controllo di efficienza del motore Power Efficiency sarà controllata da un algoritmo software piuttosto che da un semplice hardware analogico, tutte le funzioni del dispositivo sono accessibili dal software e dall'hardware di interfaccia. Ciò ci permetterà di monitorare tutti i parametri del dispositivo e molti dei parametri del motore sotto controllo.

4.2 Capacità di controllo remoto

Inoltre, poiché la nuova versione del quadro di controllo dell'efficienza del motore Power Efficiency ha un'interfaccia software, è una bazzecola incorporare qualsiasi numero di funzioni di controllo remoto, avvio e blocco.

4.3 Costi inferiori

Poiché molte delle funzionalità dell'attuale dispositivo analogico saranno incorporate nel software, il nuovo quadro di controllo di efficienza del motore sarà più semplice da costruire. Inoltre, contemporaneamente alla progettazione del quadro di controllo digitale, stiamo riprogettando la parte restante del dispositivo (involucro, cablaggi principali, etc.) con una costruzione più semplice e utilizzando un maggior numero di parti preconfezionate, meno parti personalizzate e fasi di costruzione più semplici per ridurre ulteriormente il costo del dispositivo.

4.4 Quadro di controllo dell'efficienza del motore monofase

Mentre PEC ha concentrato i suoi sforzi sino ad adesso su applicazioni di potenza industriali polifase, ci rendiamo conto che esiste un ampio mercato non sfruttato nel miglioramento

However, if we only use this technology on applications that run lightly loaded most of the time, we can generally achieve 20% to 40% savings.

3.3 Why should I believe you?

The escalator in the above example is a real life application. The power measurements, including the power savings noted above, were made by Nevada Power Company, the electric utility serving southern Nevada (including Las Vegas). Since these measurements were made to determine whether or not this customer would be eligible for a rebate based on power savings (and based on these results, they are), the savings are certainly an accurate assessment of this application of Power Efficiency's motor efficiency controller.

4 THE FUTURE OF POWER EFFICIENCY'S MOTOR EFFICIENCY CONTROLLER

While the current incarnation of Power Efficiency's motor efficiency controller incorporates a rugged, proven design, as an analog control circuit it suffers from one area of deficiency: the ability to monitor and communicate status (of itself and of the motor under control).

PEC is currently designing the newest addition to its family of controllers, a digital, microprocessor-based version of analog 3-phase device.

4.1 Monitoring capabilities

Since the new version of Power Efficiency's motor efficiency controller will be controlled by a software algorithm rather than by simple analog hardware, all of the functionality of the device can be accessible by interface software and hardware.

This will afford us the ability to monitor all of the parameters of the device and many of the parameters of the motor under control.

4.2 Remote control capabilities

Again, because the new version of Power Efficiency's motor efficiency controller has a software interface, it is a trivial matter to incorporate any number of remote start, stop, and control functions.

4.3 Lower cost

Because much of the functionality of the current analog device will be incorporated into the software, the new motor efficiency controller will be simpler to build.

Also, concurrent with designing the digital controller, we are redesigning the rest of the device (enclosure, primary side wiring, etc.) to be simpler to build and using more OTS parts, fewer custom parts, and simpler build steps to bring the cost of the device down even further.

4.4 Single phase motor efficiency controller

While PEC has, until now, concentrated our efforts on the industrial poly-phase power applications, we recognize that there is a vast untapped market in smaller, single-phase motor

dell'efficienza di motori monofase più piccoli. I motori monofase sono intrinsecamente meno efficienti dei motori polifase e le potenze inferiori (come abbiamo visto precedentemente) rendono possibile risparmiare sui costi energetici poiché la curva tra efficienza e carico non è così eccessiva come nei motori trifase più grandi. Inoltre, siamo attualmente nella fase di negoziazione iniziale con vari costruttori di apparecchi che sviluppano singole versioni del quadro di controllo che possono essere incorporate in un prodotto finale o in un componente OEM, o possono essere vendute come un componente OEM di ricambio.

4.5 Progetti customizzati a chip singolo

Inoltre, prevediamo di progettare un singolo ASIC (circuito integrato specifico per applicazioni) personalizzato che incorpora il nostro algoritmo di progettazione e la logica di supporto, con solo i componenti di potenza principali off-chip. In tal modo noi e gli altri produttori avremmo la possibilità di integrare il nostro progetto in una fase precedente della progettazione, incorporandolo possibilmente come componente integrale del motore stesso. ■

efficiency improvement. Single-phase motors are inherently less efficient than poly-phase motors, and their smaller power ratings (as we saw above) mean that we are more likely to be able to save on energy costs, since the efficiency vs. load curve is not nearly as steep as it is for larger three-phase motors. Additionally, we are currently in the initial negotiating stage with several appliance manufacturers to develop single application versions of the controller that can be either incorporated into an end-product as an OEM component, or be sold as an after-market OEM attachment.

4.5 Custom single chip design

Also on the drawing board, we plan to design a single, custom ASIC that incorporates our design algorithm and the supporting logic, with only the primary power components off-chip.

This would allow us or other manufacturers to incorporate our design at a much lower and earlier design stage, possibly incorporated as an integral component to the motor itself. ■

Traduzione di Paola Grassi



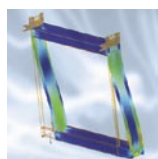
Fondata nel 1972 e diffusa in oltre 50 paesi. Bimestrale e bilingue in italiano e inglese.

Established in 1972 and shipped to more than 50 countries. Bimonthly and bilingual in English and Italian.



Attualità; novità tecniche e commerciali; norme e regolamenti; mercati internazionali; fiere e convegni; cultura e didattica...

Topical subjects; technical and commercial innovations; standards; international markets; exhibitions and congresses; culture and education...



Contenuti di alto livello tecnico-scientifico. Rubriche dedicate a installatori e manutentori.

High technical -scientific level. Special topics dedicated to installers and maintainers.



Organo ufficiale di:
Official gazette of:

IAEE
International Association of Elevator Engineers

ANICA
Associazione Italiana Industrie Componenti Ascensori.



Elevatori partecipa ai più importanti eventi internazionali:

Elevatori attends the most important international events:

Elevcon Congress; Asansör - TUR; Ele-España - SPA; Heilbronn - GER; Interlift - GER; Lift - ITA; Lift Expo - RUS; Liftex - UK; WEEE - CHI; IEEXPO - IND; World Elevator Expo - USA.