

# Azionamenti a velocità variabile

Il perché dell'utilizzo degli azionamenti a velocità variabile, nasce da un'analisi di quelli che sono i requisiti dei processi. È possibile suddividere i processi in due categorie principali:

- **Trattamento dei materiali**
- **Trasporto dei materiali**

A loro volta sono suddivise in numerosi sottogruppi.

Entrambe le categorie sono accomunate dalla necessità di regolazione dei processi; questo può essere effettuato tramite gli azionamenti a velocità variabile.

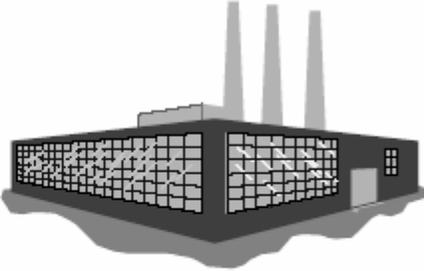
# Azionamenti a velocità variabile

Ad esempio, nelle applicazioni per condizionamento d'aria, i requisiti di portata aria cambiano in base ai valori di umidità e temperatura ambiente. Per rispondere a tali requisiti è necessario regolare i ventilatori dell'aria di alimentazione e di ripresa. Tali interventi di regolazione possono essere attuati mediante azionamenti a velocità variabile.

**A titolo di esempio!**

**Settori industriali:**

- Industria chimica
- Cellulosa, carta, stampa
- Prodotti alimentari, bevande
- Centrali elettriche
- Settore minerario
- Settore metallurgico
- Officine meccaniche
- Plastica
- Tessili



**Non industriali:**

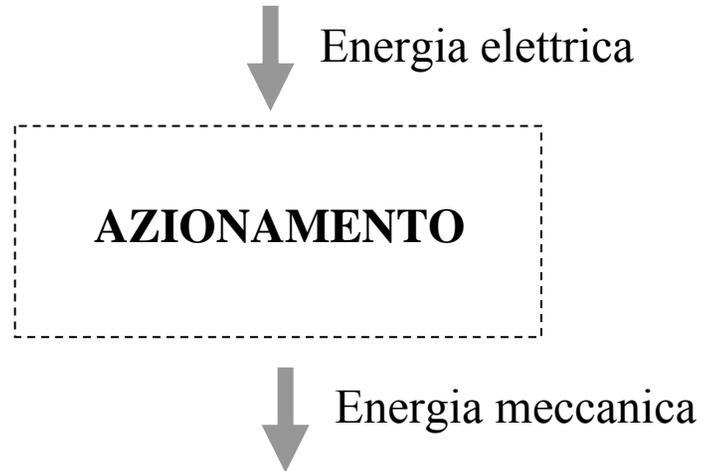
- HVAC
- Trattamento acque

Gran parte delle macchine utilizzate nei processi produttivi sono azionate da motori elettrici. Il motore elettrico potrebbe essere definito a ragione il cavallo di battaglia, specialmente il motore in c.a. a gabbia di scoiattolo.

# Azionamenti a velocità variabile

Tutte le macchine comprendono quattro diversi componenti:

- Controllo dell'energia
- Motore
- Trasmissione
  
- Macchina di lavorazione



In ciascuno dei primi tre componenti dell'azionamento è possibile applicare un controllo a velocità variabile, per esempio si potrebbe utilizzare un convertitore di frequenza come componente di controllo dell'energia, un motore a due velocità come componente del motore, infine ingranaggi come componente a livello di trasmissione.

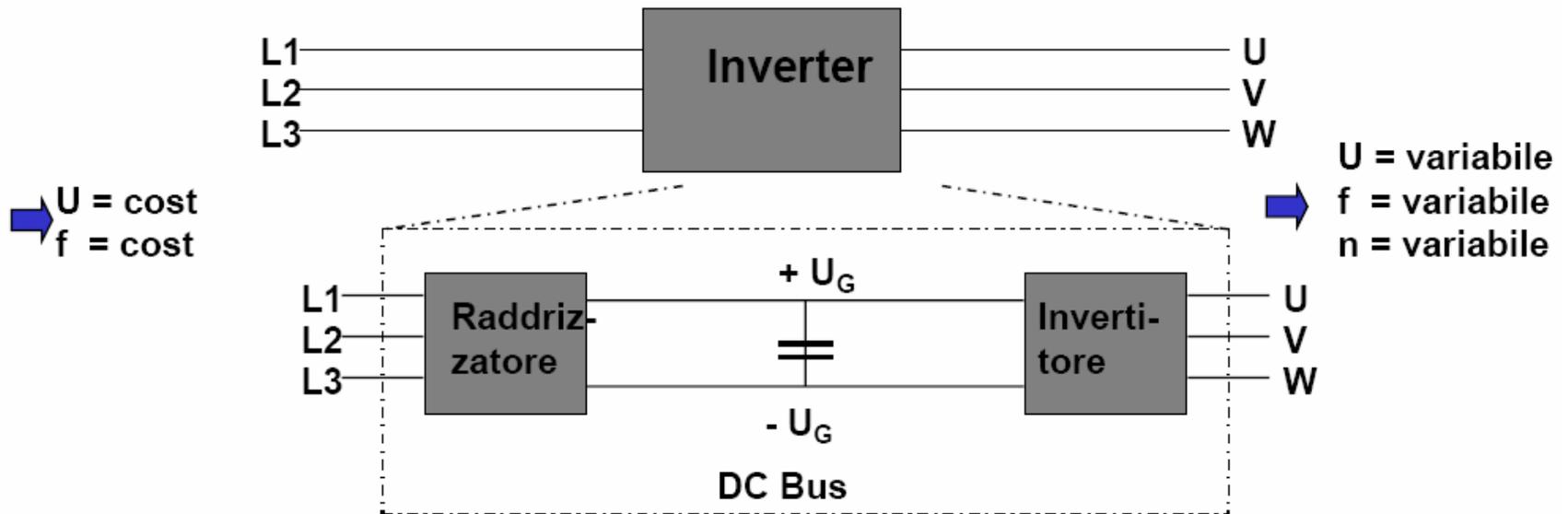
# Azionamenti a velocità variabile

La capacità di un motore di convertire l'energia elettrica in energia meccanica si basa sull'induzione elettromagnetica.

La tensione negli avvolgimenti statorici forma il flusso magnetico e di corrente. Modificando la direzione della tensione negli avvolgimenti statorici, è possibile modificare anche la direzione del flusso. Modificando la direzione della tensione negli avvolgimenti dei motori trifase nel giusto ordine, il flusso magnetico del motore inizia a rotare. Il rotore del motore segue successivamente questo flusso con un certo scorrimento. Questo è il principio di base utilizzato per il controllo dei motori in c.a.

# Azionamenti a velocità variabile

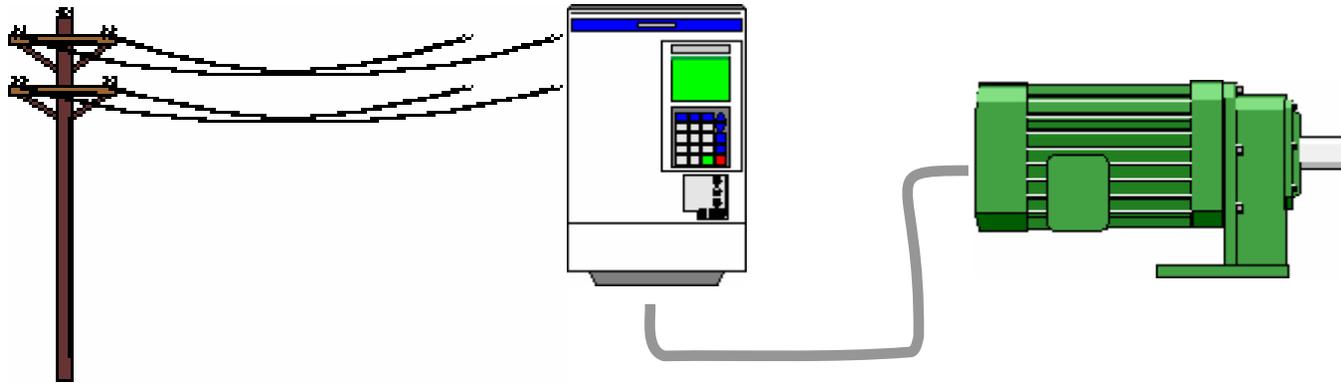
Il controllo descritto può essere realizzato utilizzando un convertitore di frequenza. Esso è in grado di modificare la frequenza della tensione e della corrente alternata.



L'inverter trasforma una rete di alimentazione rigida in una rete con tensione e frequenza variabili.

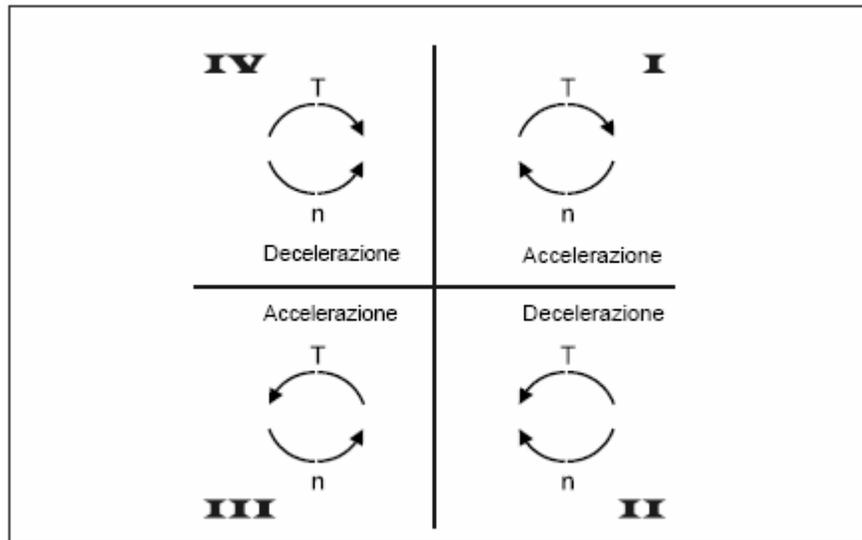
# Azionamenti a velocità variabile

Gli azionamenti elettrici a velocità variabile presentano anche molti vantaggi supplementari, ad esempio in termini di risparmio energetico, in quanto il motore assorbe solo la quantità di energia elettrica realmente richiesta. Consentono inoltre un controllo più efficace in quanto permettono la regolazione in continuo.



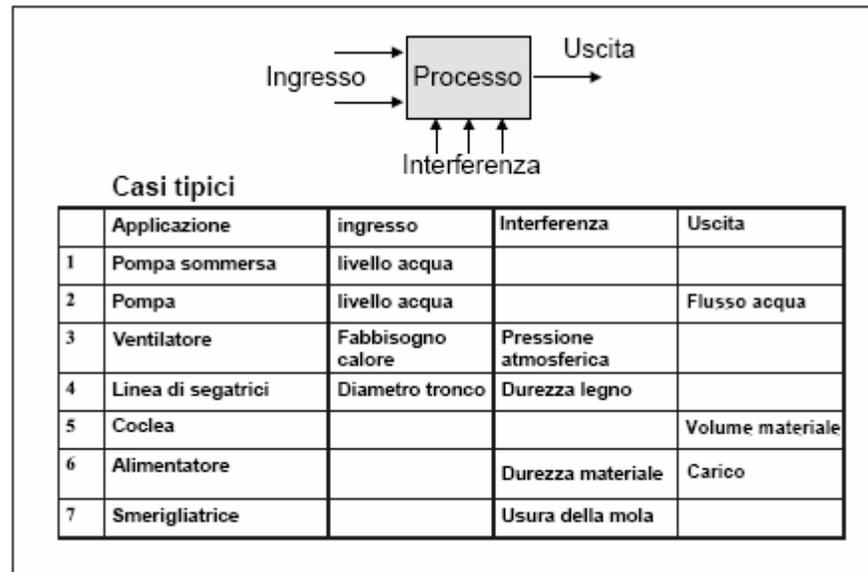
# Azionamenti a velocità variabile

In alcuni casi è necessario azionare il motore in senso di rotazione inverso, oppure possono variare anche i requisiti di direzione della coppia. La combinazione di questi fattori porta al cosiddetto “azionamento a quattro quadranti”.



# Azionamenti a velocità variabile

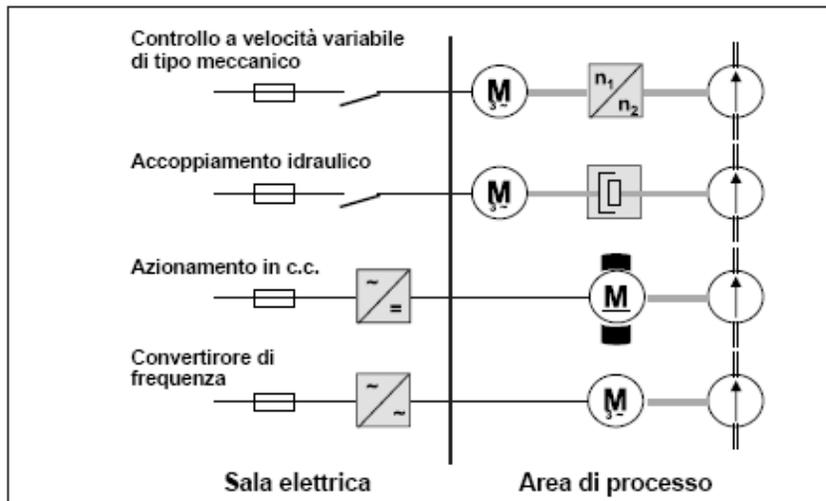
La maggior parte dei processi presenta almeno una variabile, pertanto si ha la necessità di una regolazione del processo stesso.



I parametri più comuni di un processo sono ingresso, uscita e interferenza. Se non si hanno interferenze l'ingresso rimane costante e non si ha la necessità di un controllo a velocità variabile. Nel caso in cui si debbano modificare i parametri di uscita (ingresso variabile, interferenza) il controllo a velocità variabile è la soluzione ideale.

# Azionamenti a velocità variabile

Gli azionamenti a velocità variabile più diffusi nel settore industriale sono quattro, come di seguito evidenziato.



**Meccanico** si fa uso di cinghe e la regolazione avviene mediante pulegge coniche sia manualmente che in modo automatico

**Idraulico** modificando il volume di olio nell'accoppiamento si modifica la differenza di velocità tra l'albero di azionamento e l'albero condotto, la quantità di olio è controllata mediante pompe e valvole.

**Azionamento cc** un convertitore c.c. cambia la tensione di alimentazione in ingresso al motore c.c.

**Azionamento c.a.** un convertitore di frequenza modifica la frequenza di tensione del motore.

# Azionamenti a velocità variabile

Analizziamo i principali vantaggi e svantaggi degli azionamenti visti.

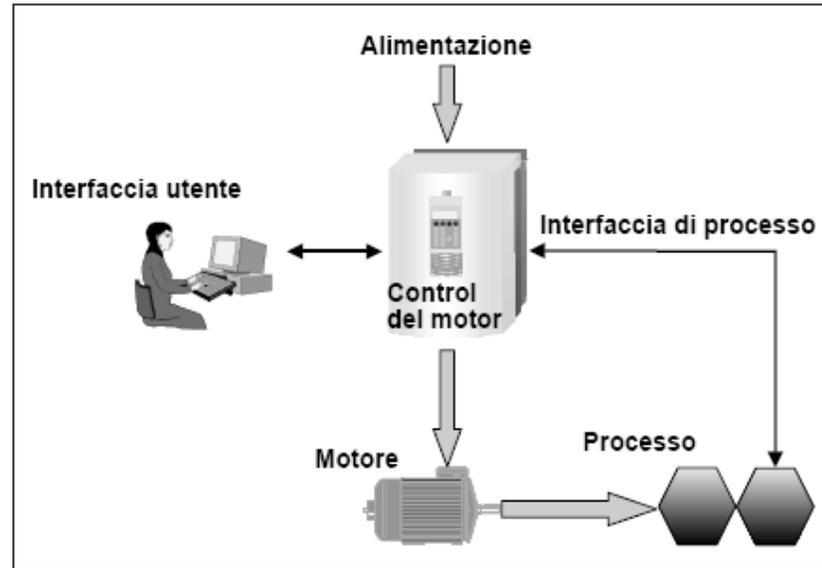
**Costi di manutenzione** sicuramente l'avviamento diretto sollecita il motore e l'impianto elettrico, mentre gli azionamenti a velocità variabile di tipo elettrico consentono l'avviamento senza soluzione di continuità riducendo i costi di manutenzione.

**Produttività** sicuramente un aumento di produttività di un impianto a velocità costante per consentire un più elevato volume di produzione risulta oneroso in termini economici che di tempo. Gli azionamenti in c.c. consentono di aumentare la velocità del 5-20% senza particolari problemi.

**Risparmio energetico** in numerosi processi i volumi di produzione sono soggetti a modifiche. Tali modifiche mediante mezzi meccanici spesso risulta inefficiente. Gli azionamenti di tipo elettrico permettono di cambiare il volume di produzione modificando la velocità del motore. Questo permette di ottenere un notevole risparmio energetico, in particolari applicazioni per pompe e ventilatori.

# Azionamenti a velocità variabile

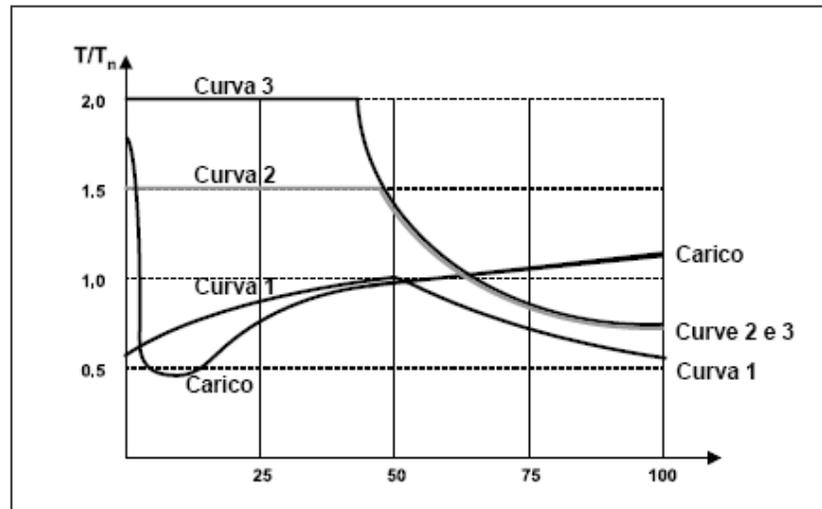
Per le considerazioni finora fatte l'azionamento in c.a. costituisce il metodo di controllo più diffuso.



Sono presenti quattro componenti distinti che sono: l'interfaccia utente, il motore, l'alimentazione elettrica e l'interfaccia di processo.

# Azionamenti a velocità variabile

Se il motore è azionato senza convertitore, le curve relative alla sua capacità di carico non possono essere modificate, pertanto si avrà una coppia ben precisa a una determinata velocità, e la coppia massima non potrà essere superata.



Se l'azionamento è dotato di convertitore di frequenza, sono possibili varie opzioni di carico. La curva 1 (standard) può essere usata con continuità. Le altre curve possono essere utilizzate solo per periodi di tempo limitati per problemi di raffreddamento del motore. Questi valori sono chiaramente ottenibili solo se si ricorre a un convertitore di frequenza.

# Azionamenti a velocità variabile

Un convertitore di frequenza presenta anche altre caratteristiche e funzioni intrinseche che possono essere utili per migliorare il controllo di processo.

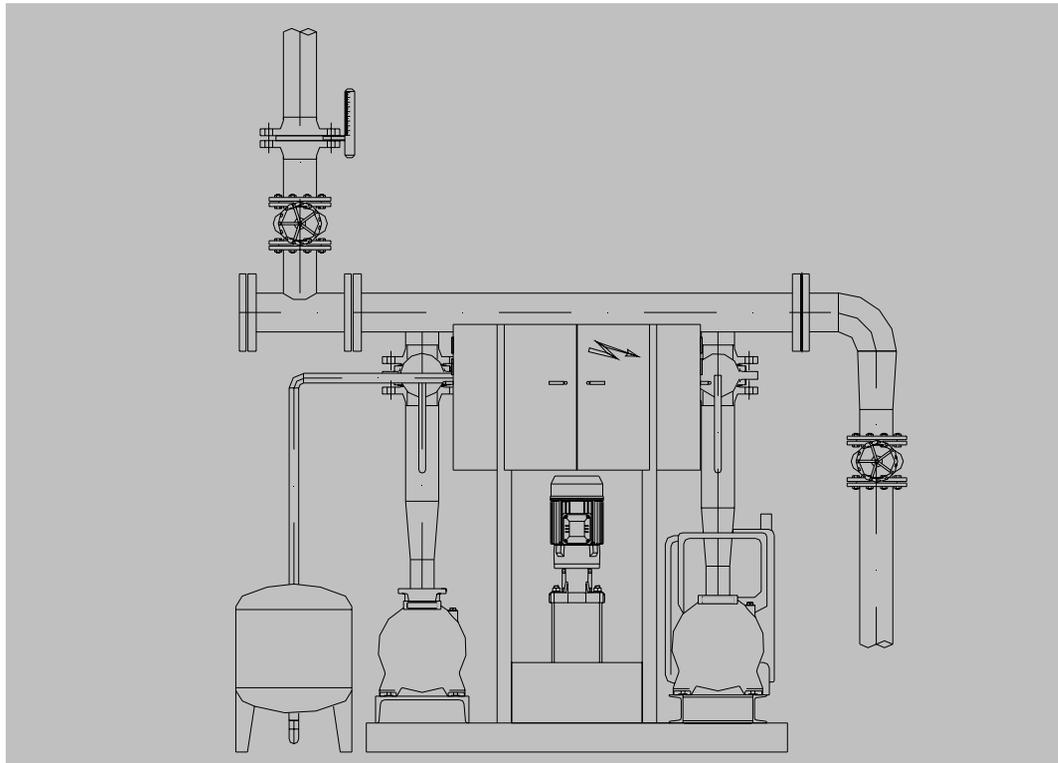
## Caratteristiche principali:

- ingressi e uscite
- funzione inversione
- rampa di accelerazione e decelerazione
- impostazioni V/Hz della coppia variabile
- extra-coppia
- eliminazione delle vibrazioni meccaniche
- limiti di carico
- autoalimentazione in mancanza di rete
- funzione di stallo
- compensazione di scorrimento
- riavviamento in velocità

# Azionamenti a velocità variabile

## **GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE** applicazione tipica

Per analizzare gli effettivi benefici che possono derivare dalla realizzazione di un azionamento con inverter, è possibile prendere in esame un gruppo di pressurizzazione. Tale sistema ha lo scopo di mantenere costante la pressione all'interno di un impianto, per esempio un condominio.



# Azionamenti a velocità variabile

## **GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE** applicazione tipica

Il sistema di avvio delle elettropompe può avvenire o con il tipico avviamento diretto, oppure mediante l'ausilio di un inverter.

### **Avvio diretto**

L'avvio diretto viene realizzato con l'ausilio di componenti elettromeccanici (contattore, relè termico, ecc.). La sequenza di avvio e arresto è gestita con l'ausilio di un pressostato che avrà il compito di mantenere costante il livello di pressione. Questo sistema è caratterizzato da:

- Costi contenuti (almeno in apparenza)
- Numero eccessivo di cicli di marcia/arresto
- Eccessive sollecitazioni meccaniche e termiche

# Azionamenti a velocità variabile

## Avvio con inverter

La gestione dell'impianto con l'avviamento tramite inverter permette di effettuare una regolazione continua della velocità dell'elettropompa al fine di mantenere costante la pressione (controllo PID). Impostato il valore di pressione desiderato, e avviato il sistema la velocità alla quale si porterà l'elettropompa sarà funzione della pressione letta sull'impianto tramite un trasduttore di pressione. Questo dovrà essere montato sulla condotta di mandata, sufficientemente lontano dall'elettropompa per non subire interferenze, e fornirà un segnale (0-20 mA – 0-10V) proporzionale alla pressione misurata, che sarà collegato all'ingresso analogico dell'inverter costituendo così il segnale di retroazione. Questo sistema è caratterizzato da:

- Avvio e arresto graduali (assenza di sollecitazioni meccaniche)
- Mantenimento di un valore di pressione costante al valore voluto
- Risparmio energetico

# Azionamenti a velocità variabile

## Risparmio energetico

Nel caso di elettropompe la caratteristica coppia/velocità è di tipo quadratica, pertanto la potenza aumenta con il cubo della velocità. Dimezzando la velocità, perchè per esempio sull'impianto c'è una riduzione di richiesta di acqua, sarà necessario un ottavo della potenza. Questa caratteristica rende conveniente, dal punto di vista energetico, la regolazione della portata non con l'ausilio di una valvola a farfalla, ma con un inverter. Nel primo caso è come se si volesse mantenere il piede sull'acceleratore di una macchina e mantenere costante la velocità agendo sui freni.

Esistono dei software che permettono di effettuare la stima del risparmio in termini energetici.

# Azionamenti a velocità variabile

## Risparmio energetico

Consideriamo, per esempio, la seguente situazione:

<b><u>Tipo di applicazione:</u></b>	Elettropompa
<b><u>Potenza:</u></b>	7,5 kW
<b><u>Fattore di potenza:</u></b>	0,83
<b><u>Rendimento:</u></b>	0,87
<b><u>Tensione:</u></b>	400 V
<b><u>Assorbimento a carico nominale:</u></b>	15 A
<b><u>Costo dell'energia:</u></b>	0,18 €/kWh

# Azionamenti a velocità variabile

## Risparmio energetico

La potenza attiva assorbita da un convertitore di frequenza associato ad un carico con coppia resistente variabile con legge quadratica, può essere calcolata come segue.

La coppia resistente può essere definita come segue, senza tener conto degli attriti meccanici:

$$C = k * n^2$$

n = velocità di rotazione del motore

k = costante tipica dell'applicazione

Pertanto la potenza meccanica diventa:

$$P = k * n^3$$

# Azionamenti a velocità variabile

## Risparmio energetico

Ricavate le curve caratteristiche potenza/portata, in funzione del tipo di applicazione si ha:

La potenza attiva assorbita dal motore senza inverter vale:

$$P_{ass} = \frac{P_n * K * \left(\frac{I}{I_n}\right)}{\eta}$$

$\eta$  = rendimento del motore

$K$  = coefficiente di riduzione della potenza in funzione della velocità

Con la presenza del variatore la potenza attiva assorbita diventa:

$$P_{ass} = \frac{P_n * K * \left(\frac{I}{I_n}\right)}{\eta_v * w}$$

$\eta_v$  = rendimento dell'inverter

$w$  = fattore di correzione del rendimento del motore

# Azionamenti a velocità variabile

## Risparmio energetico

Supponiamo che la richiesta di portata sia suddivisa durante il giorno come di seguito riportato:

### Dati della portata al giorno

100%	2 h
90%	3 h
80%	5 h
70%	4 h
60%	3 h
50%	2 h
40%	2 h
30%	1 h
20%	1 h
10%	1 h

### Stima dal risparmio:

#### Senza inverter

Consumo Energia attiva:	71.804 kWh
Consumo energia reattiva:	48.252 kVarh

#### Con inverter

Consumo Energia attiva:	31.911 kWh
Consumo energia reattiva:	0 kVarh

**Risparmio energetico: 7.181 €/anno**

**Ammortamento inverter: 6 mesi**

# Legge finanziaria 2007



*Il Ministro dello Sviluppo Economico*

di concerto con

IL MINISTRO DELL'ECONOMIA E DELLE FINANZE

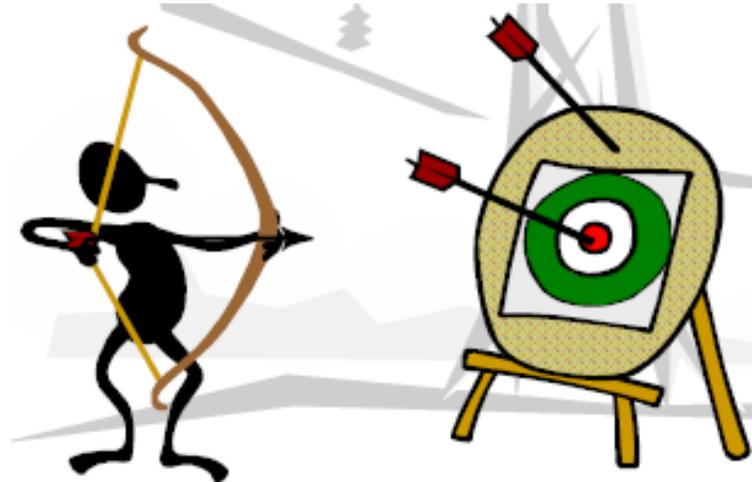
Visto l'articolo 1, della legge 27 dicembre 2006, n. 296, (di seguito: legge finanziaria 2007)  
ed in particolare:

il comma 358, in forza del quale, per le spese sostenute entro il 31 dicembre 2007, per l'acquisto e l'installazione di motori ad elevata efficienza di potenza elettrica, compresa tra 5 e 90 kW, nonché per la sostituzione di motori esistenti con motori ad elevata efficienza, di potenza elettrica compresa tra 5 e 90 kW, spetta una detrazione dall'imposta lorda per una quota pari al 20 per cento degli importi rimasti a carico del contribuente fino ad un valore massimo della detrazione di 1.500 euro per motore, in un'unica rata;

il comma 359, in forza del quale, per le spese sostenute entro il 31 dicembre 2007, per l'acquisto e l'installazione di variatori di velocità (inverter) su impianti con potenza compresa tra 7,5 e 90 kW, spetta una detrazione dall'imposta lorda per una quota pari al 20 per cento degli importi rimasti a carico del contribuente fino ad un valore massimo della detrazione di 1.500 euro per intervento, in un'unica rata;

# Legge finanziaria 2007

Come principali effetti ci si aspetta una riduzione dei consumi di energia elettrica a parità di servizio stimata nell'ordine di 15 TWh/anno, pari al 10% dei consumi di elettricità nell'industria



# Legge finanziaria 2007

## **ARTICOLO 1 decreto attuativo:**

Definisce i requisiti dei soggetti ammessi alle detrazioni.

- Persone fisiche, enti e soggetti titolari e non titolari di reddito di impresa
- A seguito di acquisto mediante contratti di locazione finanziaria
- La detrazione competerà per le spese sostenute nel periodo d'imposta in corso alla data del 31-12-2007
- La detrazione non compete ai soggetti diversi dall'utilizzatore finale, né per motori ad elevata efficienza o inverter utilizzati o destinati ad essere utilizzati fuori dal territorio nazionale.

# Legge finanziaria 2007

## **ARTICOLO 6 decreto attuativo:**

Definisce la spesa massima ammissibile per i variatori di velocità

- L'inverter dovrà essere utilizzato su impianti con potenza compresa tra 7,5 e 90 kW
- Il rimborso del 20 % sarà valido solo per valori di acquisto e installazione inferiori a quelli riportati nella tabella alla pagina seguente; per costi superiori fa testo il costo riportato in tabella
- In tutti i casi la detrazione dall'imposta lorda della spesa totale, inclusa la spesa di installazione, non potrà superare il valore di 1.500 euro per ciascun inverter

# Legge finanziaria 2007

## ARTICOLO 6 decreto attuativo:

Tetto di spesa massima in funzione della potenza nominale

Potenza nominale (kW)	Spesa massima ammissibile per acquisto singolo variatore di velocità (inverter) (euro)	Spesa ammissibile per installazione singolo variatore di velocità (inverter) (euro)	Spesa massima ammissibile totale per singolo variatore di velocità (inverter) (euro)
7,5	1200	200	1400
11	1450	200	1650
15	1850	200	2050
18,5	2400	300	2700
22	2700	300	3000
30	3400	300	3700
37	3800	400	4200
45	4600	400	5000
55	5300	400	5700
75	6200	500	6700
90	7700	500	8200

# Legge finanziaria 2007

## ARTICOLO 7 decreto attuativo:

Modalità per usufruire della detrazione dall'imposta lorda per inverter.

ALLEGATO C (VARIATORI DI VELOCITA' - INVERTER) Foglio \_\_\_\_\_

Dati Dichiedente:  Utile Dipendente o Dipendente Sociale  
 Consulente  
P.A. (escluso il 10%) \_\_\_\_\_ CAAP \_\_\_\_\_ (se)  
CF o Partita IVA in persona gestita \_\_\_\_\_  
CF o Partita IVA in persona gestita \_\_\_\_\_

Indicare gli usi (escluso l'uso per scopi professionali, la categoria di appartenenza):

Industria e attività di servizi	Edilizia e altri usos di lavoro	Industria e attività di lavoro	Industria agricola	Dispendio edilizio
Attività di intrattenimento e culturale	Attività di lavoro agricola	Industria artigianale	Attività agricola	Altro

Indicare il modo di essere usato e il tipo di impianto (escluso):

Pos.	Codice di identificazione e natura di merito (1)	Percentuale credita (2)	Spese ammissibili (3)	Spese non ammissibili (4)	Spese ammissibili (5)	Spese non ammissibili (6)
1			A	B	A-B	B-A
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
TOTALE						

Esigibilità spensione totale ammissibile a seguito dell'utilizzo dei componenti sopra riportati  
(7) = (5) - (6)

Il sottoscritto \_\_\_\_\_ in qualità di \_\_\_\_\_ attesta  
sotto la propria responsabilità che i variatori di velocità di cui alla presente scheda rispondono ai requisiti  
di cui all'articolo 1.

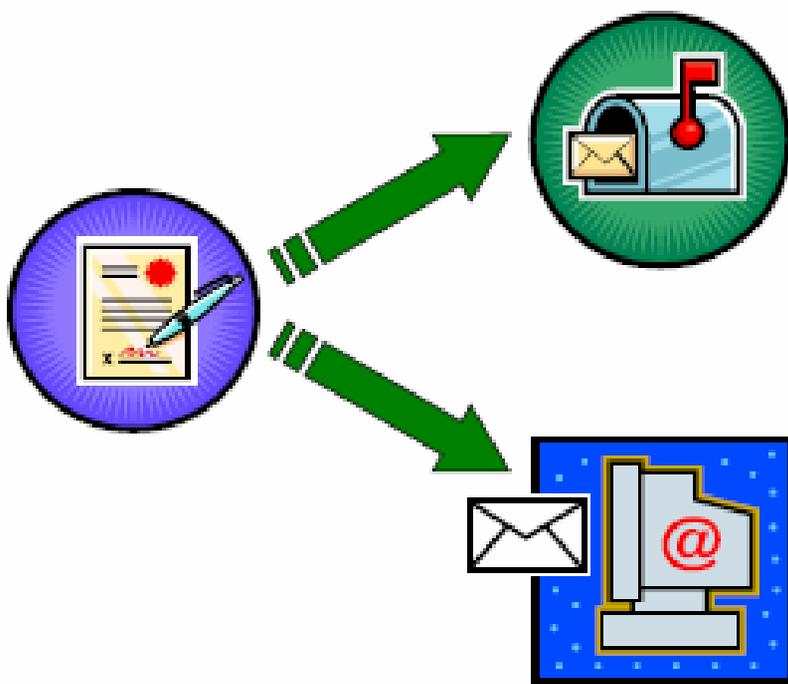
Firma \_\_\_\_\_

(1) indicare il codice di merito, la natura e la categoria del bene. Il personale P per pagare, CA per rappresentante,  
CF per consulente, Dipendente o Dipendente Sociale, A per altro.  
(2) indicare la percentuale di merito del bene da detrarre.  
(3) indicare le spese ammissibili secondo le norme di cui all'articolo 1.  
(4) indicare le spese non ammissibili secondo le norme di cui all'articolo 1.  
(5) indicare le spese ammissibili secondo le norme di cui all'articolo 1.  
(6) indicare le spese non ammissibili secondo le norme di cui all'articolo 1.

➤ Conservare le relative fatture ed i riferimenti dei variatori di velocità

➤ Compilazione ed invio della scheda entro il 29-02-2008

# Legge finanziaria 2007



- raccomandata con ricevuta semplice
- indirizzo:
  - ENEA - Dipartimento Ambiente, Cambiamenti globali e Sviluppo sostenibile - via Anguillarese 301, 00123, Santa Maria di Galeria (Roma)
- specificare come riferimento:
  - Finanziaria 2007 – inverter

- [www.acs.enea.it](http://www.acs.enea.it)
- disponibile dal 30 aprile 2007
- ENEA rilascerà ricevuta informatica