Elettropompe a velocità variabile nella gestione delle acque

Quaderni
di
Automazione

OMRON

Introduzione

L'utilizzo delle pompe centrifughe a velocità variabile negli impianti di sollevamento e distribuzione degli acquedotti consente di ottenere considerevoli vantaggi sia da un punto di vista puramente economico-gestionale che tecnico e di qualità del servizio offerto agli utilizzatori.

Non è indispensabile avere profonde conoscenze tecniche relative alle elettroniche di comando che regolano la frequenza di lavoro delle elettropompe e che, quando utilizzate, spaventano non di rado gli addetti ai lavori per la complessità di programmazione, le possibili avarie del sistema non gestibili in tempo reale ed altri fattori pratici ed emotivi che condizionano l'utilizzo di questi dispositivi a favore di soluzioni tradizionali, conosciute e collaudate, ma obsolete.

La buona conoscenza del funzionamento delle elettropompe, alcuni accorgimenti e particolari cautele nell'utilizzo delle stesse abbinate alla variazione di velocità, fanno si che tale binomio tecnologico possa essere di considerevole aiuto nella gestione delle risorse energetiche, finalizzata ad un utilizzo intelligente, senza sprechi, al rispetto dell'ambiente.

Nella gestione delle acque è di particolare importanza l'ottimizzazione delle centrali di pompaggio.

Lo stato dell'arte

Oggi, più che mai rispetto al passato, le diverse applicazioni richiedono una "portata variabile" mentre una pompa azionata da un motore elettrico opera a "velocità fissa" ed eroga una portata costante stabilita in fase di progetto.

Non essendo possibile interporre tra motore e pompa alcun dispositivo meccanico, magnetico od idraulico, atto a variare la velocità di rotazione della girante immersa nell'acqua, l'unico modo per poter disporre di portate variabili, ancor attuale ma tecnologicamente superato, è intervenire sull'impianto con sistemi di accumulo, valvole di regolazione ecc. che hanno caratterizzato gli impianti di sollevamento e distribuzione dell'acqua per gli alti costi di investimento (grandi serbatoi e/o autoclavi) e gli alti consumi di energia elettrica.

Mediamente, 1 kW/h solleva 2,33 metri cubi di acqua con un incidenza percentuale sui costi di produzione per metro cubo d'acqua potabile come visibile in tabella

.

Composizione dei costi	Sui costi di produzione di un metro cubo d'acqua potabile, le varie voci incidono nella percentuale seguente
49%	Energia elettrica per il sollevamento da falde sotterranee
24%	Esercizio e manutenzione degli impianti, spese amministrative
18%	Spese per il personale
9%*	Investimenti per la costruzione degli impianti (pozzi, serbatoi, reti di distribuzione)

* L'esiguità della voce relativa agli investimenti è dovuta a impostazioni legislative che impedis-cono, di fatto, di utilizzare risorse finanziarie più ampie.

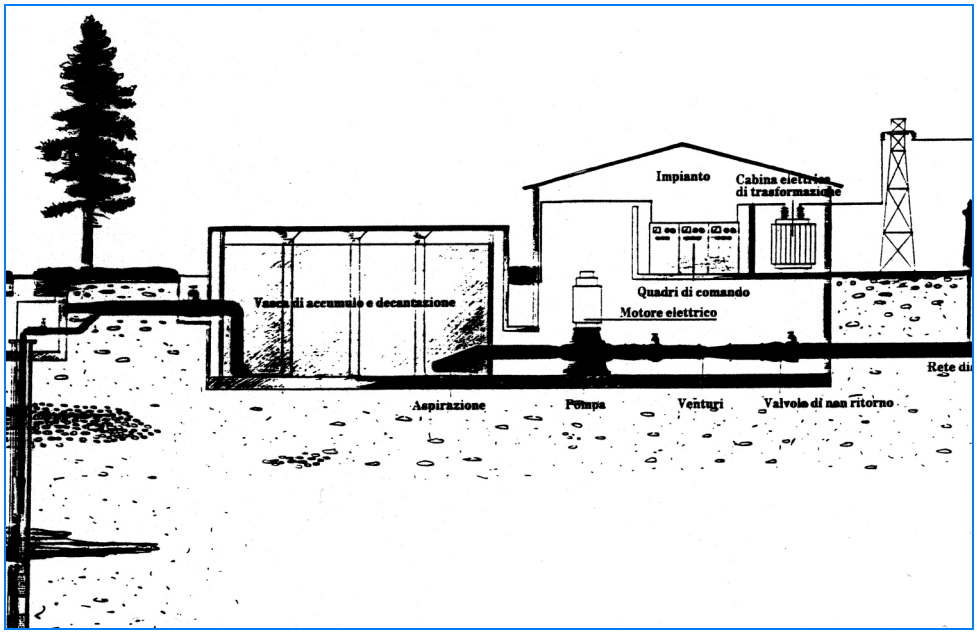
Il consumo di acqua potabile è attualmente valutato nel nostro paese in miliardi di metri cubi all'anno ottenuti da tre fonti di approvvigionamento: acque di falda, sorgive, superficiali.

Il 50% delle risorse idropotabili distribuite proviene dai giacimenti sotterranei e viene emunto soprattutto mediante pozzi artesiani, profondi da 20 a 700 metri (per un totale di 3,5 miliardi di metri cubi).

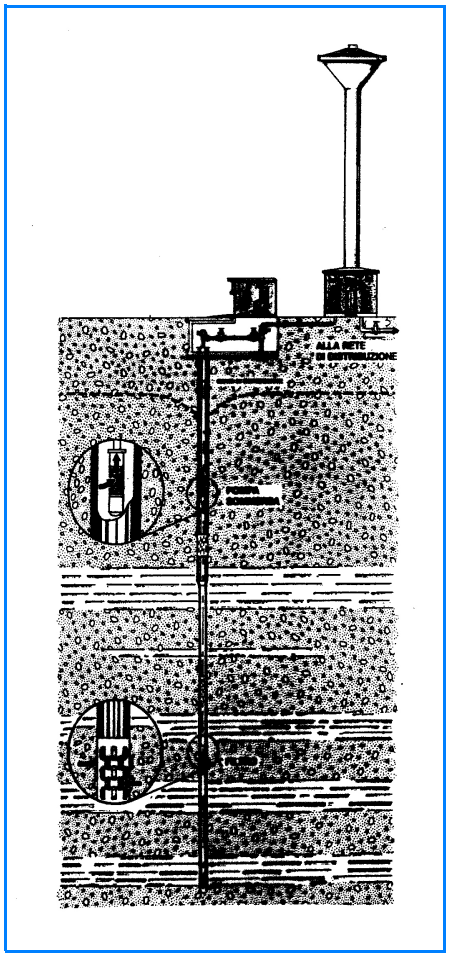
Il 35% delle acque distribuite proviene dalle sorgenti (2,5 miliardi di metri cubi).

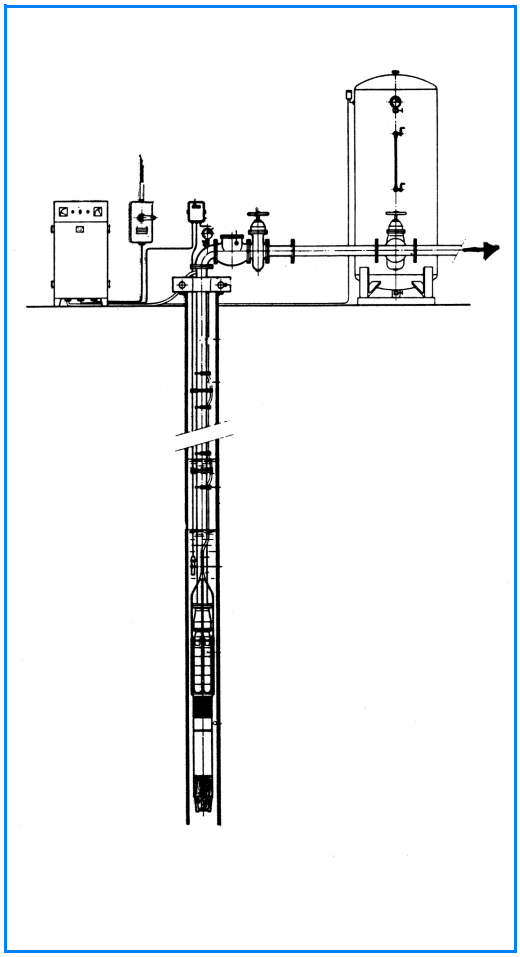
Il 15% delle acque distribuite viene attinto dalle riserve superficiali (1 miliardo di metri cubi).

Lo stato dell'arte



Schema di impianto di pompaggio con vasche di raccolta





Impianto di pompaggio con serbatoio piezometrico (a sinistra) e con autoclave (a destra)

I sistemi di avviamento

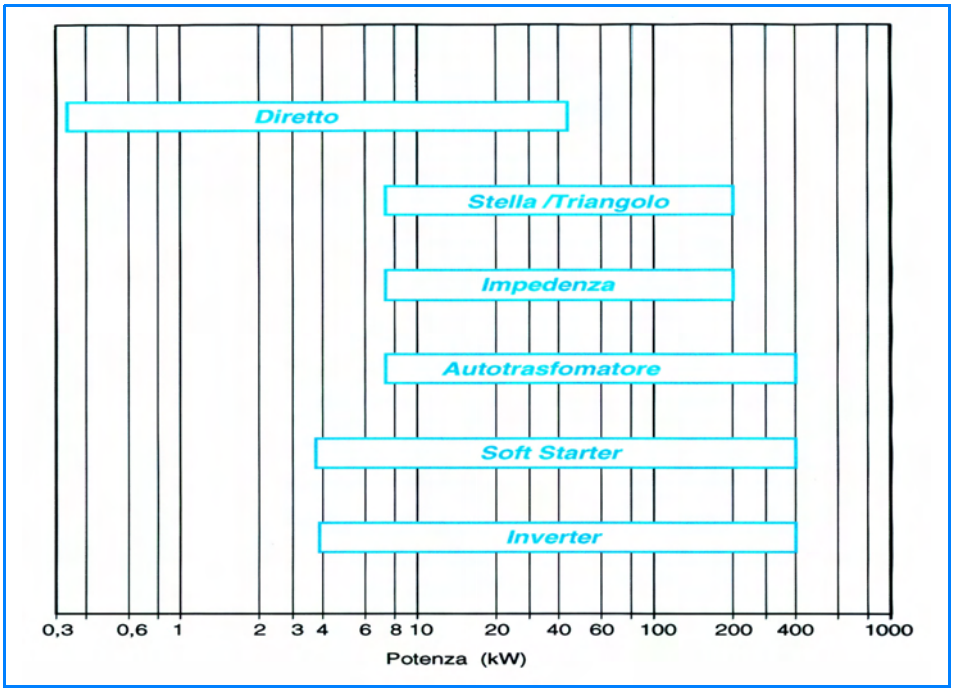
La variazione di velocità ha più di un secolo di vita, ma inizialmente poteva essere attuata soltanto in corrente continua con non pochi problemi derivanti dalla produzione della stessa e dalla costruzione dei motori.

Questi motivi, legati ad eccessivi costi di produzione e di manutenzione di impianti equipaggiati con motori in corrente continua, hanno indotto tecnici e costruttori ad utilizzare l'ormai noto ed infaticabile motore asincrono, sinonimo di longevità e solidità, diffuso in larga scala su molteplici applicazioni, i cui costi di realizzazione e manutenzione erano e sono ancor oggi di gran lunga inferiori a quelli dei motori in corrente continua.

In funzione delle potenze in gioco c'è stata poi una considerevole evoluzione tecnologica anche nei sistemi di avviamento: Diretto, Stella/ Triangolo, Impedenza Statorica, Autotrasformatore, Soft Starter, (vedi Appendice "A") sino ad arrivare alla fine degli anni 80 con l'avvento dei Convertitori Statici di Frequenza VFD che hanno trasformato il motore asincrono a velocità fissa in un motore asincrono a velocità variabile.

La figura sottostante evidenzia il campo d'utilizzo di ciascun sistema.

Campo di utilizzo dei diversi tipi di avviatore.



Oggi con l'evoluzione elettronica cambia il sistema di comando: l'azionamento di cui si discute è costituito da un motore asincrono trifase a da un convertitore statico di frequenza(inverter)

Un motore elettrico ad induzione ha una velocità di rotazione determinata dal numero di poli e dalla frequenza della corrente alternata della linea di alimentazione.

I sistemi di avviamento

Come è noto, gli avvolgimenti elettrici dello statore sono disposti in modo che, quando percorsi da una corrente alternata, danno origine ad un campo magnetico rotante.

Nel rotore, composto da materiale ferroso disposto in modo da formare una gabbia di scoiattolo, viene indotta una corrente elettrica che, a sua volta genera un campo magnetico. I due campi magnetici interagiscono tra di loro producendo la coppia che genera la rotazione del rotore.

La legge che determina questa relazione è data dalla formula: (120 x f)/ p dove 120 = costante,
f= frequenza di alimentazione del motore, p= numero di poli del motore.

Se ne deduce che variando il valore “ f “ si ha una variazione di velocità.

Gli Inverter

Installare un inverter Varispeed Omron delle famiglie E7-F7-G7 vuol dire in sostanza:

- Risparmiare Energia;
- Ottimizzare le risorse ed i processi;
- Avere completa integrabilità negli impianti di gestione,controllo,supervisione.;
- Allungare la vita degli impianti;
- Ridurre i costi di manutenzione;
- Aumentare produttività e resa di un impianto.

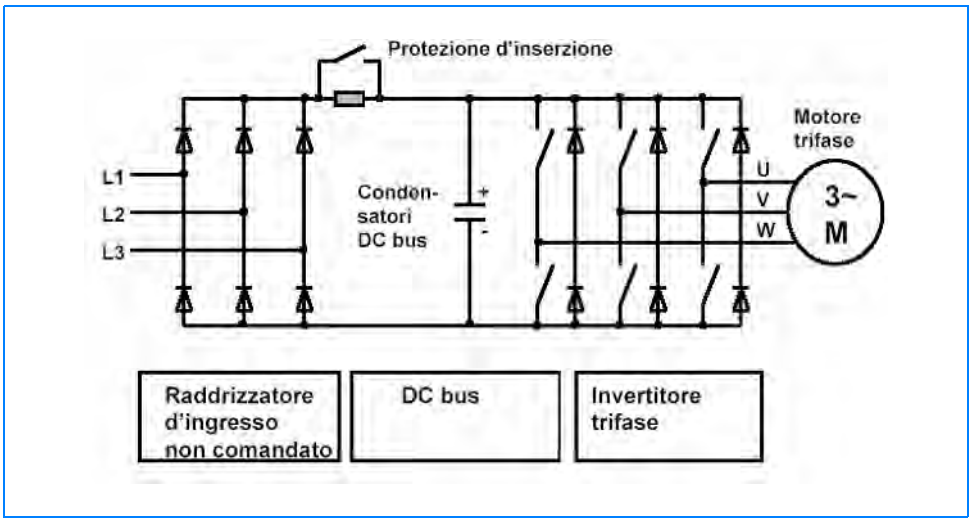
I sistemi di avviamento

Le funzionalità di un inverter sono molteplici ma possono, in sintesi, essere riassunte e definite semplicemente funzionalità di:

- Avviamento;
- Regolazione;
- Controllo;
- Protezione;

di qualsiasi motore asincrono.

Schema a blocchi di un inverter.



La semplice regolazione di frequenza abbinata a specifiche funzioni di controllo e protezione del motore, frutto di know-how ed esperienza decennali, permettono tutto questo con il minimo degli investimenti ed un ritorno economico quantificabile già in sede di progetto. (Vedi appendice “B”)

I motivi che spingono all’adozione di un VFD per elettropompe sono essenzialmente di natura economica. Infatti, la variazione del numero di giri di rotazione di una pompa centrifuga (ma questo vale anche per un ventilatore) consente di contenere i consumi adeguando il funzionamento della pompa alle condizioni di carico a cui è sottoposta.

Le leggi di proporzionalità esistenti tra la velocità di rotazione ed il flusso sono rispettivamente:

- lineare per la portata
- quadratica per la prevalenza
- cubica per la potenza.

Le pompe a velocità variabile

Per meglio comprendere il funzionamento di una pompa, dobbiamo capire le grandezze fisiche che ne caratterizzano il funzionamento e che abitualmente sono rappresentate dal grafico delle curve portata/prevalenza e rendimento, come indicato nella figura seguente:

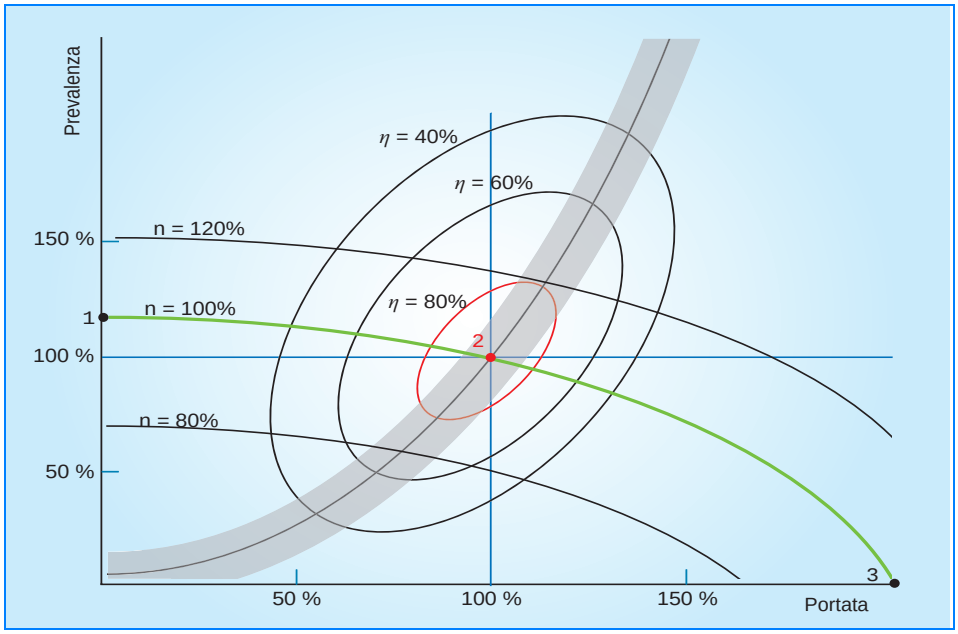


Diagramma collinare di una pompa centrifuga. L'area grigia indica la zona di utilizzo ottimale.

Ipotizzando di analizzare i punti di lavoro 1-2-3 della curva caratteristica di una pompa centrifuga, (curva di progetto), scelti in modo del tutto arbitrario, possiamo asserire quanto segue:

punto **1:** funzionamento della pompa con bocca di aspirazione chiusa: la portata è uguale a zero mentre la pressione di pompaggio (prevalenza) è pari alla massima prevalenza, il rendimento è inferiore al 40%;

punto **2:** funzionamento della pompa alle condizioni di progetto, ideali: 100% di portata, 100%di prevalenza, 100% di rendimento;

punto **3:** funzionamento della pompa per la massima portata, prevalenza uguale a zero, scarso rendimento.

L'area in grigio indica la zona di utilizzo ottimale anche in condizioni di velocità estreme.

E' di facile intuizione comprendere che ad ogni variazione di velocità si genera una nuova curva caratteristica, parallela all'incirca alla curva di progetto, i cui rendimenti sono ottenuti collegando tra loro i punti di pari rendimento.

Le pompe a velocità variabile

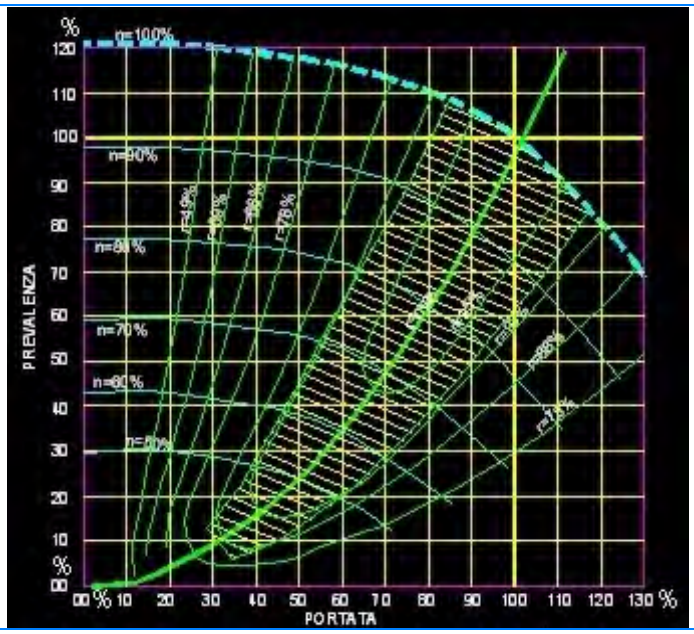
In sostanza, ad ogni variazione della velocità di rotazione della pompa, si ottiene una nuova macchina completamente diversa ma con caratteristiche di funzionamento analoghe.

E' quindi confermato quanto precedentemente asserito, ovvero:

"La regola che determina le relazioni di proporzionalità tra velocità di rotazione e variazioni di portata, di prevalenza e di potenza assorbita è di tipo proporzionale(portata), di tipo quadratico(prevalenza), e di tipo cubico (potenza assorbita.)"

Q2/Q1=n2/n1= portata
H2/H1=(n2/n1)^2= prevalenza
P2/P1= (n2/n1)^3= potenza

Diagramma portata-prevalenza-rendimento di una pompa.



Prendendo in esame il grafico del funzionamento reale di una pompa controllata da inverter possiamo notare, oltre ai valori tipici di portata/ prevalenza/ rendimento, la curva di potenza alle varie velocità e la fascia di lavoro (zona tratteggiata) a cui la pompa può essere mantenuta operativa con un rendimento pressoché costante. Sempre dal grafico si può notare la sensibile diminuzione del rendimento quando si raggiungono velocità minime di rotazione ed un drastico peggioramento andando oltre. Verso le alte velocità, i limiti del sistema sono di tipo elettrico per il motore, la cui potenza è stata determinata per la massima velocità e di tipo meccanico per la pompa, anch'essa costruita per lavorare alla massima velocità determinata in sede di progetto.

E' comunque evidente che variando il numero di giri della pompa, variano sensibilmente gli assorbimenti di potenza.

Le pompe a velocità variabile

La variazione di giri così ottenuta, modificando le frequenza di lavoro del motore, consentirà quindi di modulare portata e pressione di una pompa in

Curve di potenza-portata alle varie velocità.

funzione delle esigenze, nonché di produrre un considerevole risparmio di energia.

La regolazione della velocità

Riassumiamo alcuni concetti relativi alla velocità di rotazione di un motore asincrono:

$$giri/min = \frac{60 \times Hz \times 2}{(numero \quad poli \quad motore)}$$

che per un motore a 2 poli 50 Hz diventa:

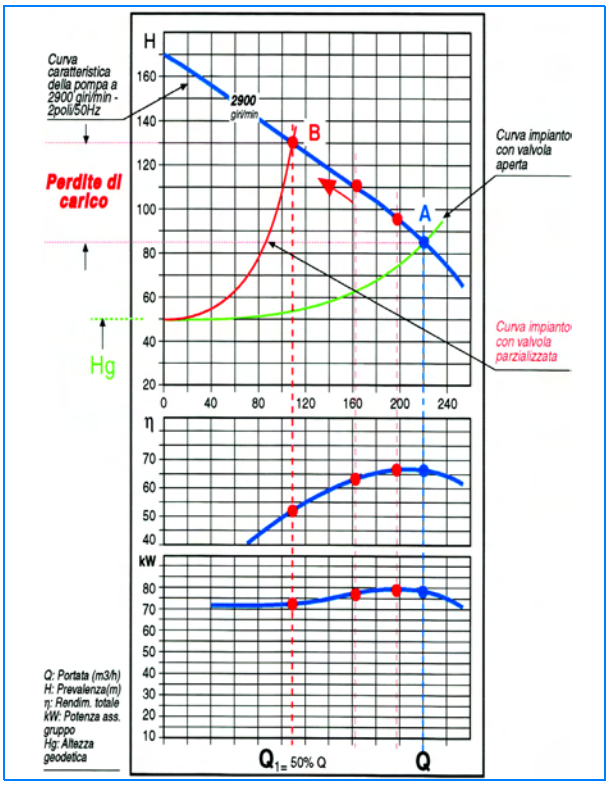
$$\frac{60 \times 50 \times 2}{2} = 3000 \quad giri/min$$

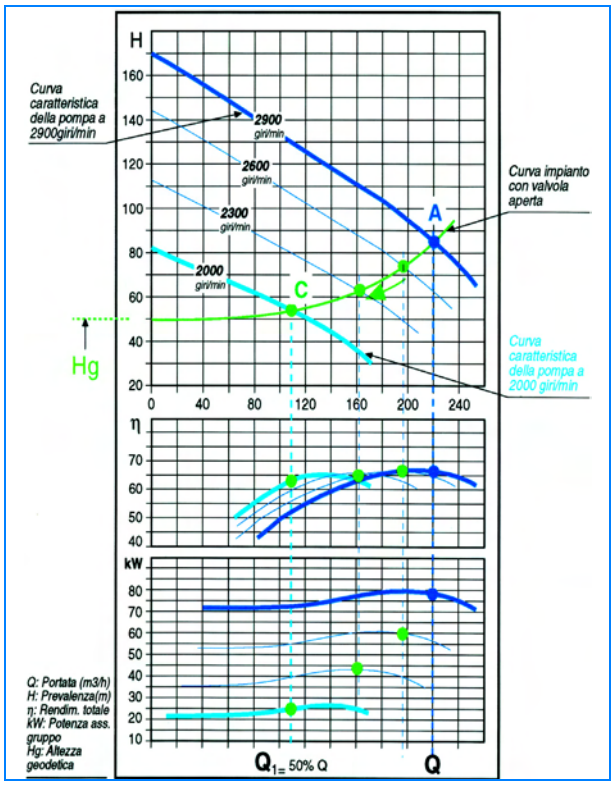
mentre per un motore a 4 poli, sempre 50 Hz, diventa:

$$\frac{60 \times 50 \times 2}{4} = 1500 \quad giri/min$$

L'unica grandezza elettrica che ci permette di effettuare la variazione di giri di un motore asincrono a gabbia di scoiattolo è la frequenza espressa in Hertz (Hz). I dispositivi VSD od "inverter", come più comunemente vengono chiamati, lavorano principalmente su questo parametro la cui variazione ci permette di trasformare un motore asincrono a velocità fissa in uno corrispondente, per potenza, coppia ecc. , a velocità variabile le cui performance sono oggi paragonabili al motore in corrente continua, grazie a sofisticati algoritmi di calcolo ed ai processori di controllo, velocissimi, che ne controllano e governano il funzionamento.

Le pompe a velocità variabile





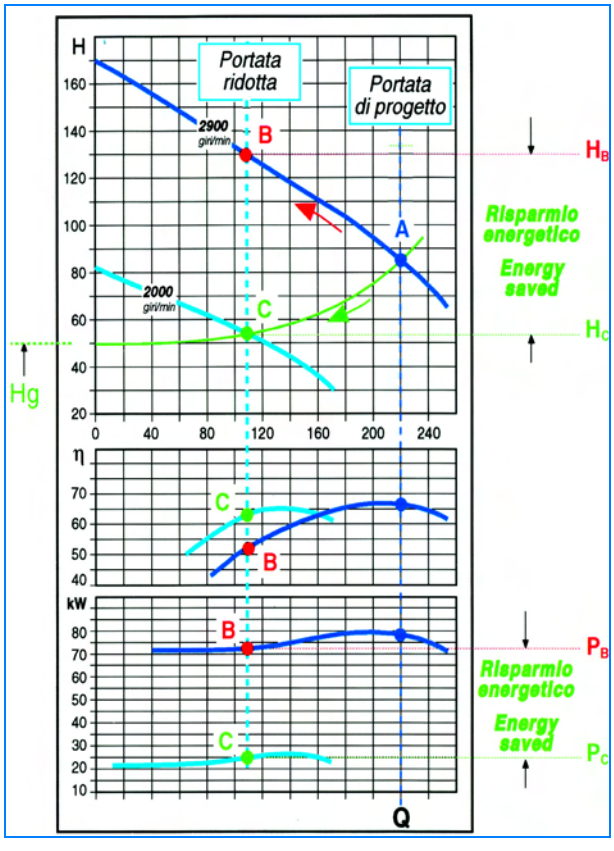
Velocità fissa (sopra)
La riduzione della portata (rispetto a quella di progetto) si ottiene attraverso la progressiva chiusura della valvola di regolazione. Il punto di funzionamento della pompa si sposta lungo la curva caratteristica a 2900 giri^{-1}
Così operando si ha:

- costante diminuzione del rendimento;
- potenza assorbita pressochè costante.

Velocità variabile (in alto a destra)
La riduzione della portata (rispetto a quella di progetto) si ottiene attraverso la progressiva riduzione del numero di giri della pompa.
Il punto di funzionamento della pompa si sposta lungo la curva delle perdite di carico dell'impianto.
Così operando si ha:

- rendimento sempre elevato;
- sensibile risparmio energetico

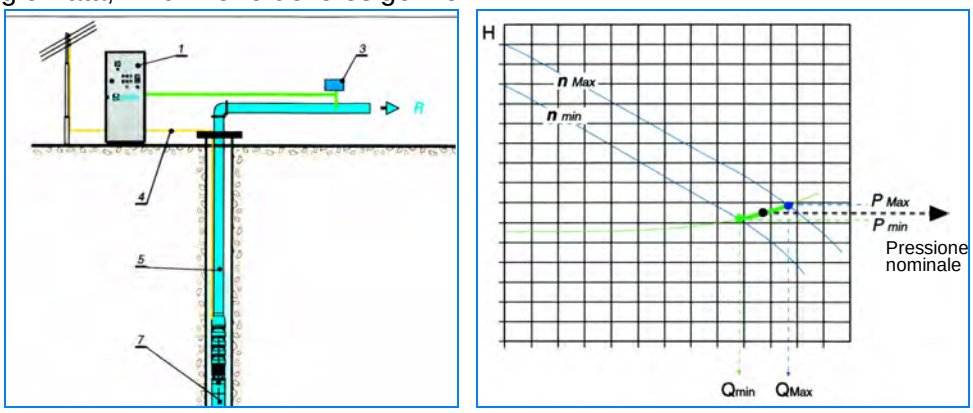
Confronto tra velocità fissa e variabile (a destra)
Il confronto tra i due grafici evidenzia come il processo, nei punti indicati con C, richieda meno energia dello stesso nei punti indicati con A.



Le pompe a velocità variabile

Il controllo della pressione

Un impianto di pompaggio da pozzo con immissione direttamente in rete, se regolato da inverter, è in grado di controllare e mantenere costante la pressione in un determinato “campo di portata” nell’arco dell’intera giornata, in funzione delle esigenze.



Impianto a velocità variabile.

A destra, controllo della pressione in un campo di portata.

Tipologie di impianto come quello della figura soprastante hanno indubbi vantaggi, primo fra tutti l’eliminazione dei grandi serbatoi e delle autoclavi. I restanti possono essere riassunti in:

Minor costo d’esercizio

-Consumo di energia in relazione al fabbisogno (risparmio energetico)
-Minore manutenzione dell’impianto (eliminazione del colpo di ariete)
- Maggiore durata della pompa (eliminazione dei continui avviamenti dell’elettropompa, avviamento dolce e progressivo dell’elettropompa)

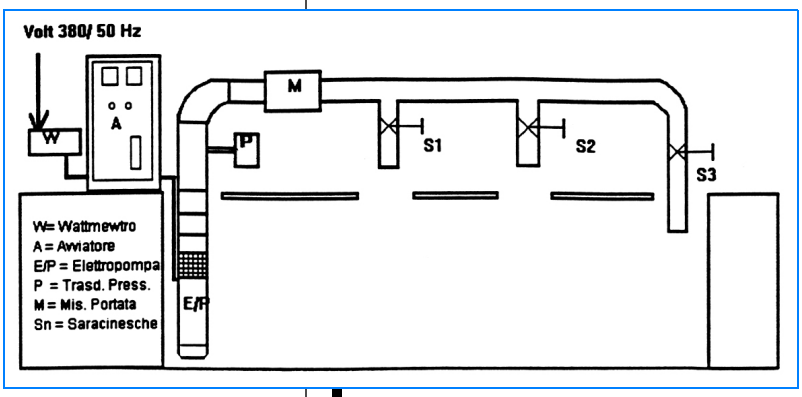
Minor costo d’investimento

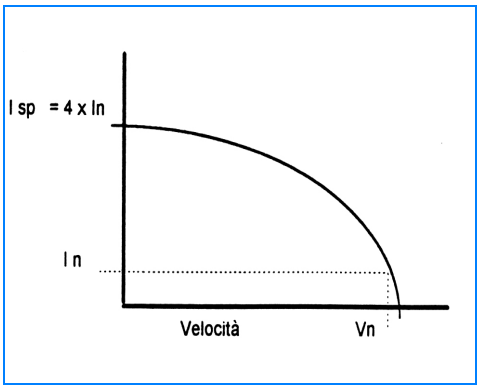
-Opere edili per la costruzione di serbatoi di accumulo piezometrici o sotterranei non più necessarie (impatto ecologico zero)
- Eliminazione delle valvole di regolazione (impianti più semplici)
- Minor costo della rete di distribuzione (pressione di progetto più bassa)
- Minor costo di progettazione
-Tempi di realizzazione più brevi

ed ancora, minore rumorosità (assenza delle valvole di regolazione), flessibilità di impianto, totale integrabilità, incremento della produttività, miglior resa, migliore qualità del servizio offerto agli utenti, soddisfacimento totale delle richieste, clienti soddisfatti.

Esperienze sul campo

1 - Impianto di sollevamento e distribuzione "standard" con avviatore ad impedenze





Schema tipico di impianto con avviatore a impedenze e grafico della corrente.

Il grafico della corrente evidenzia che all'avviamento dell'elettropompa il picco di corrente per lanciare motore e pompa è di circa 4 volte la corrente nominale del motore

Condizioni di progetto (Punto A diagramma di pag. 13)
In queste condizioni, l'elettropompa eroga una portata ed una pressione in linea con le condizioni di progetto

Portata ridotta (Punto B diagramma di pag 13)
Parzializzando le saracinesche S1-S2-S3 si riduce la portata in uscita con un aumento di pressione a monte, superiore a quella necessaria.
Il rendimento del sistema è inferiore a quanto previsto in sede di progetto con conseguente spreco di energia.

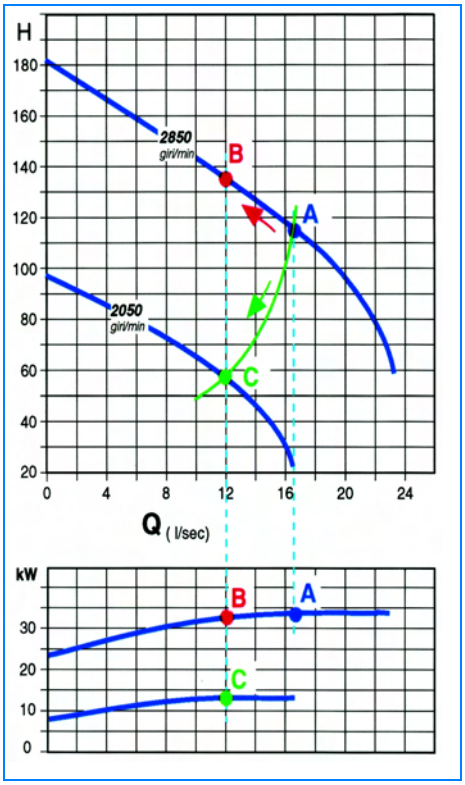
Tabella riassuntiva impianto 1.

	H (metri)	Q (litri/sec)	Potenza assorbita kW	Redimento %	Velocità giri/min
Punto A	115	16,6	33	57	2857
Punto B	136	12	32	50	2870

2 -Impianto di sollevamento e distribuzione "standard" regolato da inverter

Lo schema tipico dell'impianto è del tutto simile al precedente. A prescindere dal picco di corrente in avviamento, comunque limitato dall'inverter a valori di max 200% istantaneo e 150% per un minuto, si può dire che una volta vinta l'inerzia del sistema (motore+pompa+colonna d'acqua) il consumo di corrente cresce gradualmente con l'aumentare della velocità e decresce col diminuire della stessa in modo analogo

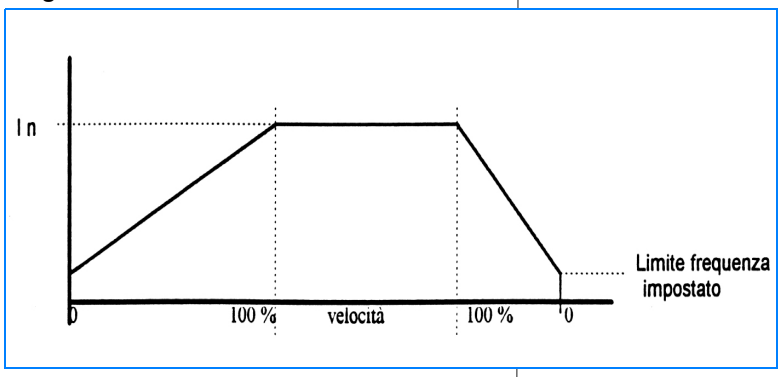
Esperienze sul campo



Condizioni di progetto (Punto A, diagramma a sinistra)

In queste condizioni, l'elettropompa eroga una portata ed una pressione in linea con le condizioni di progetto identiche a quelle registrate nell'impianto 1) con un rendimento di sistema leggermente ridotto a causa delle perdite termiche dell'inverter il cui rendimento è quantificabile uguale circa al 96-98%.

Grafico della corrente di un impianto regolato da inverter.



Portata ridotta (Punto C, diagramma soprastante)

In queste condizioni, l'inverter riduce la velocità di rotazione della pompa fino al raggiungimento della portata richiesta.

.

Tabella riassuntiva impianto 2

	H (metri)	Q (litri/sec)	Potenza assorbita kW	Redimento %	Velocità giri/min
Punto A	115	16,6	34	55	2857
Punto C	57	12	13	51,5	2050

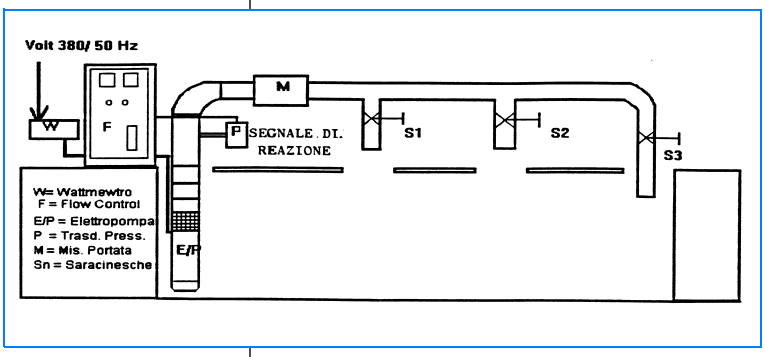
Messi a confronto, i due impianti evidenziano le sostanziali differenze che caratterizzano entrambi ed è facilmente intuibile quanto poco conveniente risulti essere, nel tempo, la soluzione con avviatori ad impedenza, riconducibili alla categoria degli avviatori di tipo classico, la cui adozione preclude l'utilizzo intelligente dell' energia elettrica e di conseguenza la possibilita ed esigenza attuale di ridurre i consumi e gli spechi.

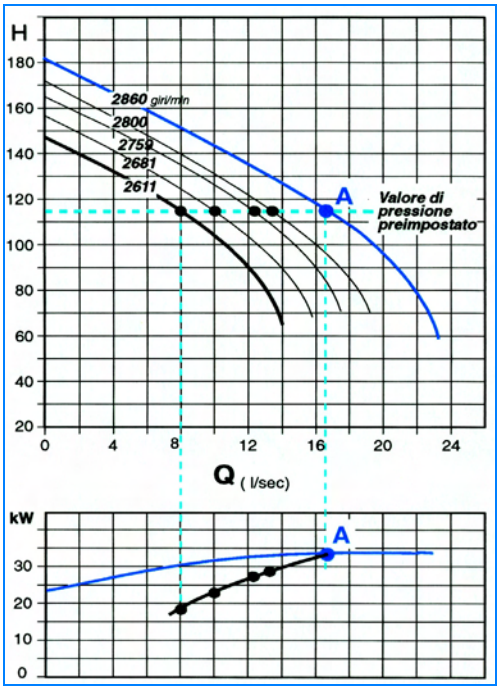
Tabella consumi impianti 1 e 2

	H (metri)	Q (litri/sec)	Potenza assorbita kW	Velocità giri/min
Punto A	115	16,6	33	2857
Punto B	136	12	32	2870
Punto C	57	12	13	2050

Esperienze sul campo

3 - Impianto di sollevamento e distribuzione regolato da inverter in loop di pressione





Creando un LOOP di controllo (anello chiuso) mediante un segnale proveniente da un trasduttore di pressione installato a valle dell'elettropompa (prima dell'impianto di distribuzione) è possibile mantenere costante in rete un valore di pressione preimpostato, grazie alla funzione PID, di cui l'inverter è equipaggiato, che ne controlla e corregge costantemente ogni minima variazione.

Al variare delle condizioni di carico richieste dalla rete, (apertura / chiusura totale/parziale di semplici saracinesche), l'inverter risponde al segnale proveniente dal trasduttore di pressione, aumentando oppure diminuendo la velocità di rotazione fin tanto che la pressione in rete non eguaglia quella impostata con la funzione PID(Proporzionale-Integrale-Derivato).

Condizioni di progetto (Punto A).

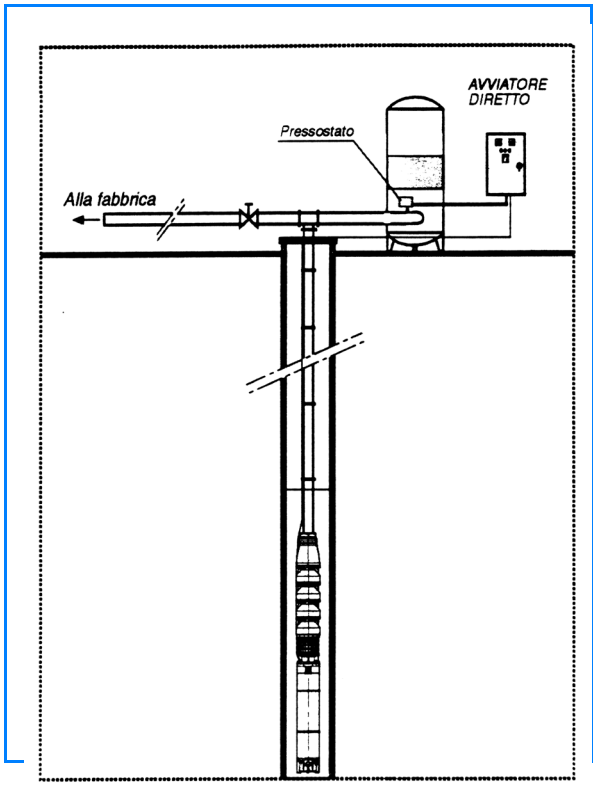
Tabella riassuntiva impianto 3

	H (metri)	Q (litri/sec)	Potenza assorbita kW	Redimento %	Velocità giri/min
Punto A	115	16,6	34	55	2860
		13,4	28	53,9	2800
		12,2	26	52,9	2759
		10	23	49	2681
		8	19	47,4	2611

Esperienze sul campo

4 - Impianto idrico industriale funzionante con autoclave

Collegato all'autoclave c'è un pressostato regolato su un valore di pressione minima e massima.
L'elettropompa installata nel pozzo alimenta la rete idrica e l'autoclave.
Al raggiungimento della pressione massima impostata sul pressostato, l'elettropompa si arresta.
Quando la pressione in rete e nell'autoclave scende sotto il valore minimo impostato sul pressostato, l'elettropompa si riavvia.



Schema di impianto idrico funzionante con autoclave.

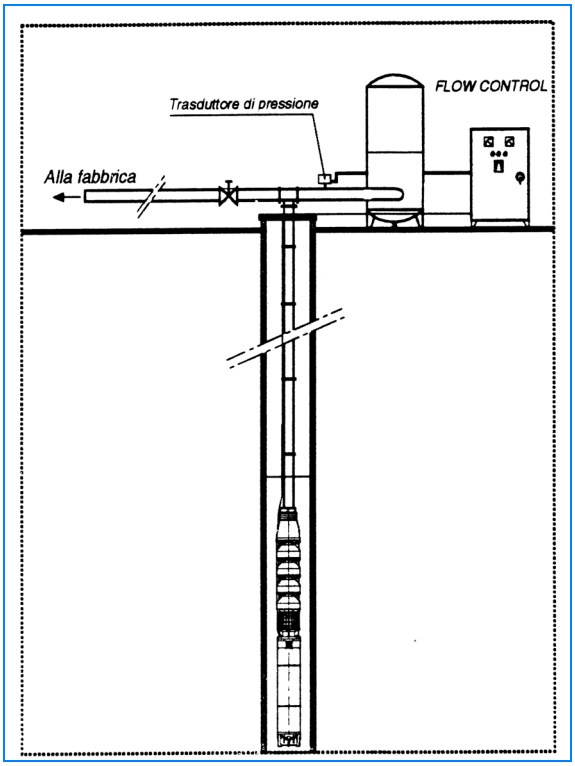
Considerazioni
Questa condizione di funzionamento porta l'elettropompa ad avviarsi ed arrestarsi parecchie volte al giorno. Nel caso specifico dell'impianto Aturia, l'elettropompa si avvia ed arresta circa 70 volte nell'arco delle ore lavorative ed ulteriori 6 volte nelle rimanenti ore della giornata.

- La frequenza degli avviamenti è inversamente proporzionale al volume del serbatoio per cui, per ridurre i cicli di avviamento/arresto e quindi i consumi di energia è necessario installare un serbatoio di dimensioni maggiori.
- Ad ogni arresto si verifica il colpo di ariete sulla valvola di ritegno dell'impianto
- La pressione in rete varia da un massimo di 4 bar ad un minimo di 2 bar.
- L'elettropompa funziona sempre alla massima velocità
- I ripetuti avviamenti ed il funzionamento alla massima velocità del motore riducono la durata degli organi meccanici della pompa.

Esperienze sul campo

5 - Impianto idrico industriale funzionante con inverter

Schema tipico di impianto controllato da inverter



Collegato alla rete idrica c'è un trasduttore di pressione che invia un segnale all'inverter. Il regolatore PID dell'inverter è stato programmato per mantenere la pressione di rete ad un valore stabile di 3 Bar.

Al variare della richiesta d'acqua della rete idrica, l'inverter aumenta o diminuisce la velocità di rotazione dell'elettropompa al fine di mantenere la pressione in rete al valore prestabilito di 3 Bar.

Considerazioni

- Questa condizione di impianto porta l'elettropompa a funzionare ad una velocità variabile proporzionale alla richiesta d'acqua in rete.
- L'elettropompa è sempre in funzione: non si hanno quindi picchi di corrente all'avviamento e colpi di ariete all'arresto.
- La pressione in rete è ridotta a 3 Bar.
- L'usura degli organi meccanici dell'elettropompa si riduce perché sono stati totalmente eliminati i frequenti avviamenti e la velocità di rotazione dell'elettropompa è inferiore alla nominale.
- Il serbatoio utilizzato nell'impianto tradizionale può essere eliminato o comunque ridotto nelle sue dimensioni per far fronte ad esigenze d'acqua nelle ore notturne, quando i prelievi sono ridotti e qualora si volesse disattivare l'inverter.

Conclusioni

L'affidabilità e l'efficienza dei sistemi di controllo di velocità di motori asincroni mediante inverter consentono oggi, più che mai rispetto al passato, un diffuso utilizzo di questi dispositivi anche nelle pompe, negli agitatori, in ogni applicazione dove poter variare la velocità di un motore significa ottimizzare i consumi e i processi oltre a risparmiare.

Nel caso specifico degli apparati di pompaggio, la conseguenza immediata derivante dall'utilizzo di detti sistemi è la realizzazione di pompe con maggior flessibilità operazionale, con curve di rendimento più ampie ed ottimali.

I vantaggi sono numerosi.

Anzitutto, una pompa che lavora sempre, indipendentemente dalle variazioni dell'impianto, in condizioni ottimali si usura e si guasta di meno. Minori problemi di fuori servizio, quindi, e interventi manutentivi meno frequenti sugli organi di pompaggio. Inoltre, un impianto le cui pompe sono gestite da inverter è un impianto più efficiente e sottoposto a minori stress:

- assenza di colpi d'ariete (che si verificano, invece, nel momento di disinserzione delle pompe pilotate in modo tradizionale);
- minori pressioni di esercizio rispetto agli impianti ad autoclave o a serbatoio piezometrico;
- condizioni di pressione e portata sempre adeguate alle richieste, poiché l'inverter è in grado di regolare con gradualità la pompa in tempo reale in base all'andamento della pressione nell'impianto.

Tutto questo si traduce in una minor sollecitazione di tutti i componenti della rete di distribuzione e cioè in minor manutenzione sulla rete stessa, maggiore affidabilità della fornitura e costi di esercizio ridotti.

Il sistema pompa in linea + inverter rispetto allo schema ad autoclave o a serbatoio, necessita inoltre di minori opere edili e di carpenteria.

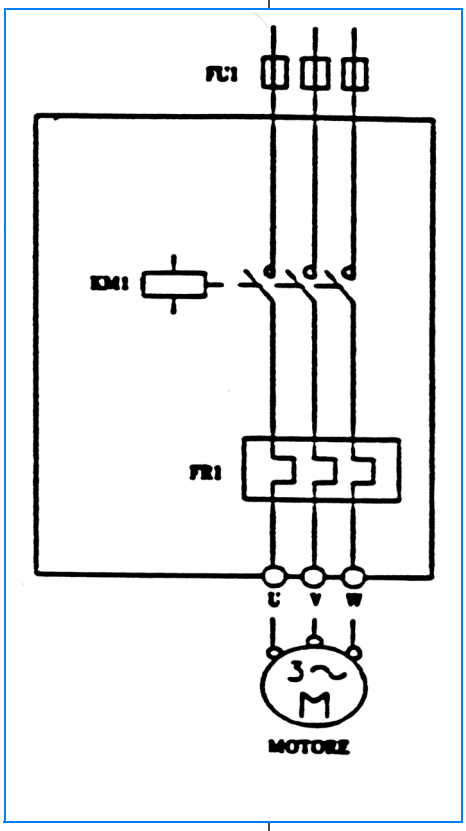
Per ultima vorremmo citare la possibilità ancora poco sfruttata di realizzare pompe ad alta velocità, in grado cioè di lavorare correttamente in un range da 2.000 a 6.000 giri^{-1}.

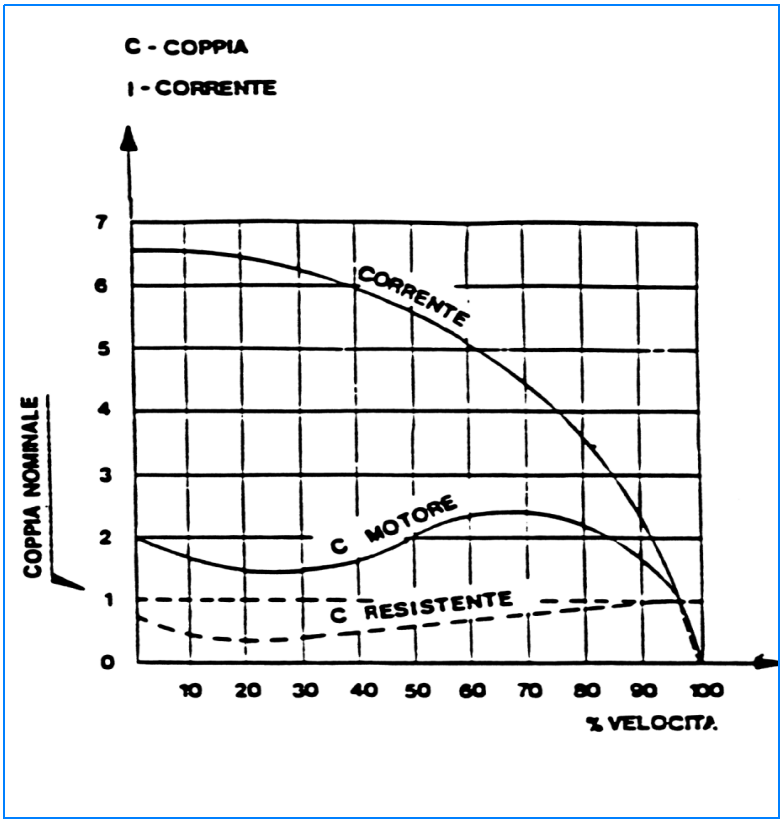
Aldilà degli accorgimenti tecnici da adottare nella progettazione di una simile macchina, sono però evidenti i vantaggi che derivano dall'utilizzo di pompe ad alta velocità: riduzione dei diametri delle giranti e del numero di stadi pompanti, poiché la pompa verrebbe sfruttata in un range di velocità molto più ampio rispetto ad una pompa tradizionale; possibilità, con un solo prodotto, di coprire una vasta gamma di applicazioni e di far fronte a variazioni di condizioni dell'impianto altrimenti ingestibili.

Appendice A - Sistemi di avviamento

Avviatore diretto

E' un avviatore che permette di collegare direttamente il motore alla rete elettrica.



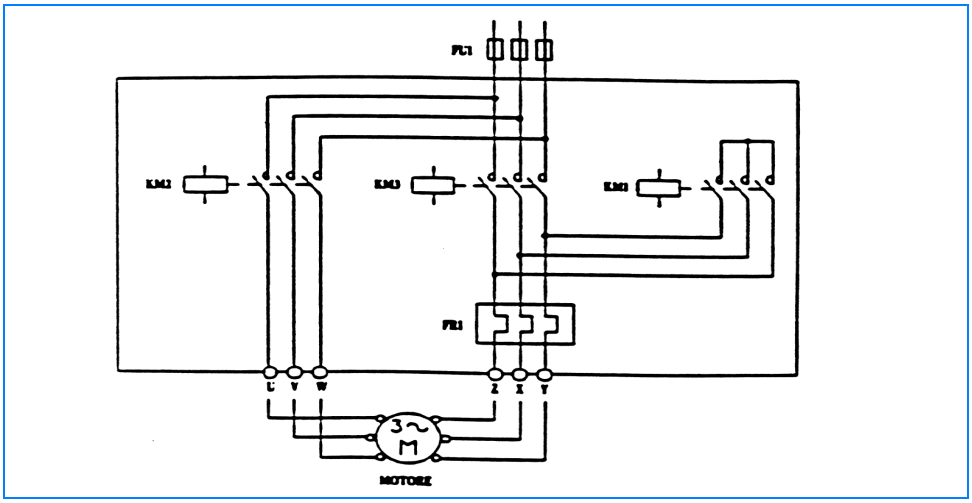


- L'avviamento avviene in un'unica manovra.
- La corrente di spunto, nel primo istante di inserzione, è circa 6-7 volte la corrente nominale.
- La coppia allo spunto è superiore di circa 1-2 volte la coppia nominale.
- E' preferibile utilizzarlo per potenze piccole.
- La protezione del motore è affidata al relè termico per i sovraccarichi e ai fusibili per i corto circuiti oppure agli interruttori automatici.

Non è consigliabile l'utilizzo di questo tipo di avviamento negli impiantio in cui la corrente di spunto produce una caduta di tensione superiore al 10% della tensione nominale, per evitare disturbi al funzionamento di altri utilizzatori.

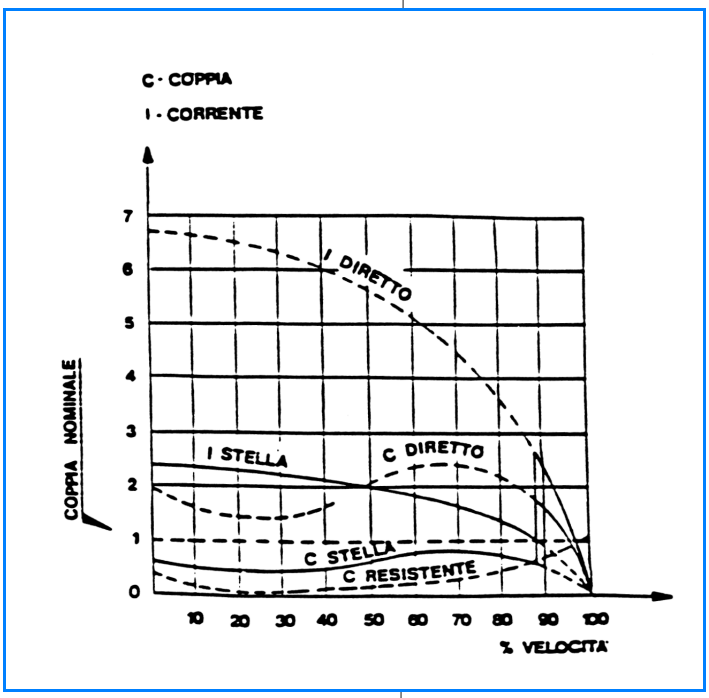
Appendice A - Sistemi di avviamento

Avviatore stella-triangolo



Questo tipo di avviatore richiede motori con sei terminali

L'avviamento avviene in due fasi: nella prima il motore è collegato a stella, nella seconda si commuta a triangolo.

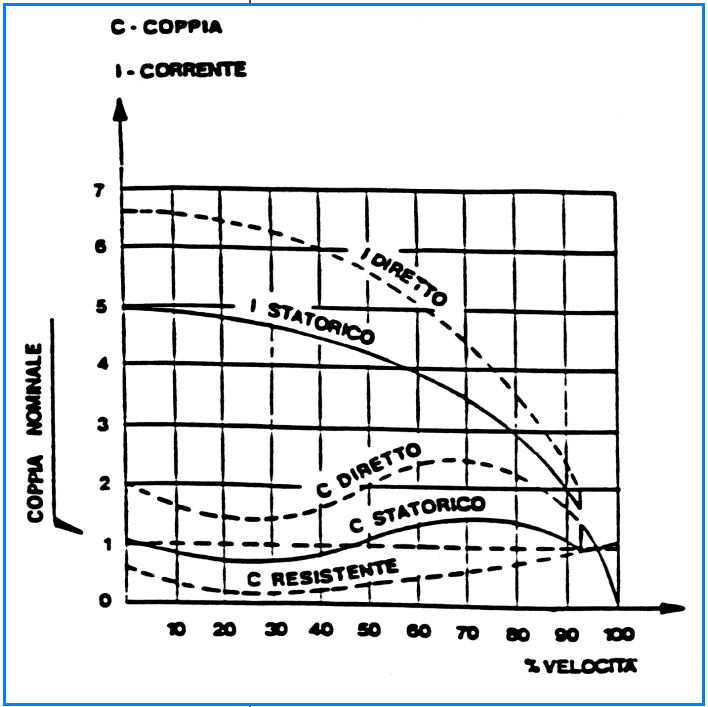


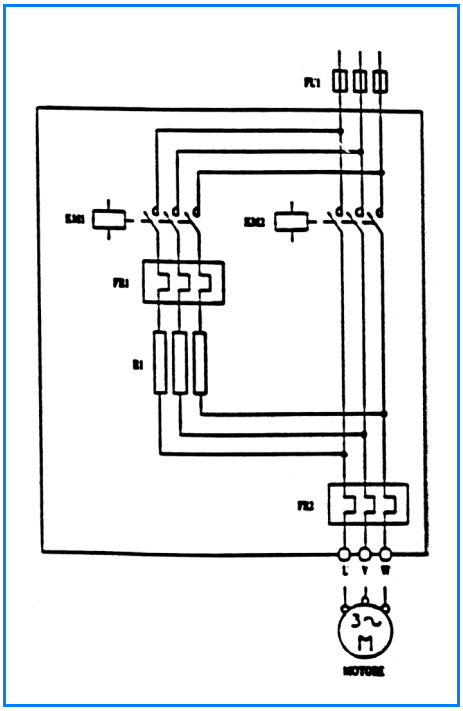
- La corrente di spunto all'inserzione è circa 2-3 volte la corrente nominale.
- Nel passaggio da stella a triangolo, il motore produce una breve ma forte corrente di spunto.
- La coppia allo spunto si riduce ad 1/3 della coppia dell'avviamento diretto.
- La protezione del motore è affidata al relè termico per i sovraccarichi e ai fusibili per i corto circuiti oppure agli interruttori automatici.
- Questo avviatore viene utilizzato frequentemente in alcuni paesi a causa di regolamentazioni elettrotecniche proprie. Non sussistono vantaggi concreti che ne giustifichino una così ampia diffusione.

Appendice A - Sistemi di avviamento

Avviatore a impedenza (statorico)

Questo tipo di avviamento avvia motori asincroni trifase inserendo delle



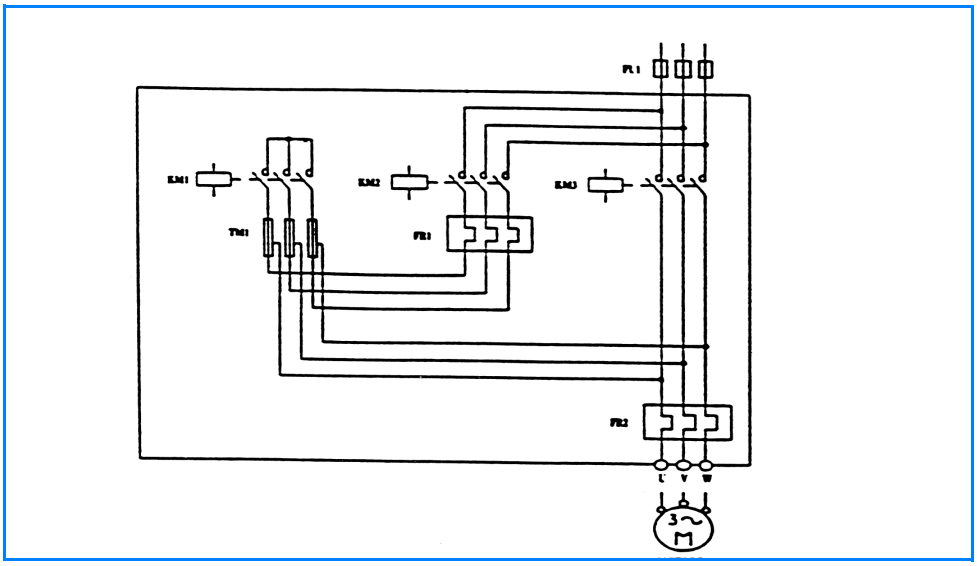


impedenze in serie all'avvolgimento statorico connesso sia a stella che a triangolo.

- L'avviamento del motore avviene dolcemente con l'inserimento di impedenze che vengono escluse al termine dell'accelerazione del motore.
- Le impedenze devono essere dimensionate adeguatamente per il motore da avviare.
- La corrente di spunto all'inserzione è circa 4-5 volte la corrente nominale.
- La protezione del motore è affidata al relè termico per i sovraccarichi e ai fusibili per i corto circuiti oppure agli interruttori automatici.
- Questo tipo di avviamento è da preferirsi allo stella triangolo perché permette un'accelerazione dolce del motore senza strappi in quanto non provoca interruzioni nell'alimentazione del motore.

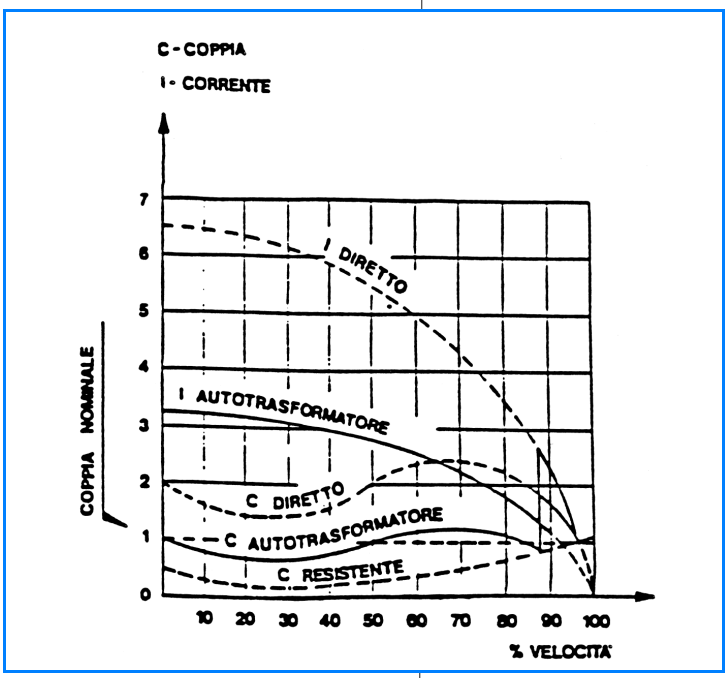
Appendice A - Sistemi di avviamento

Avviatore ad autotrasformatore



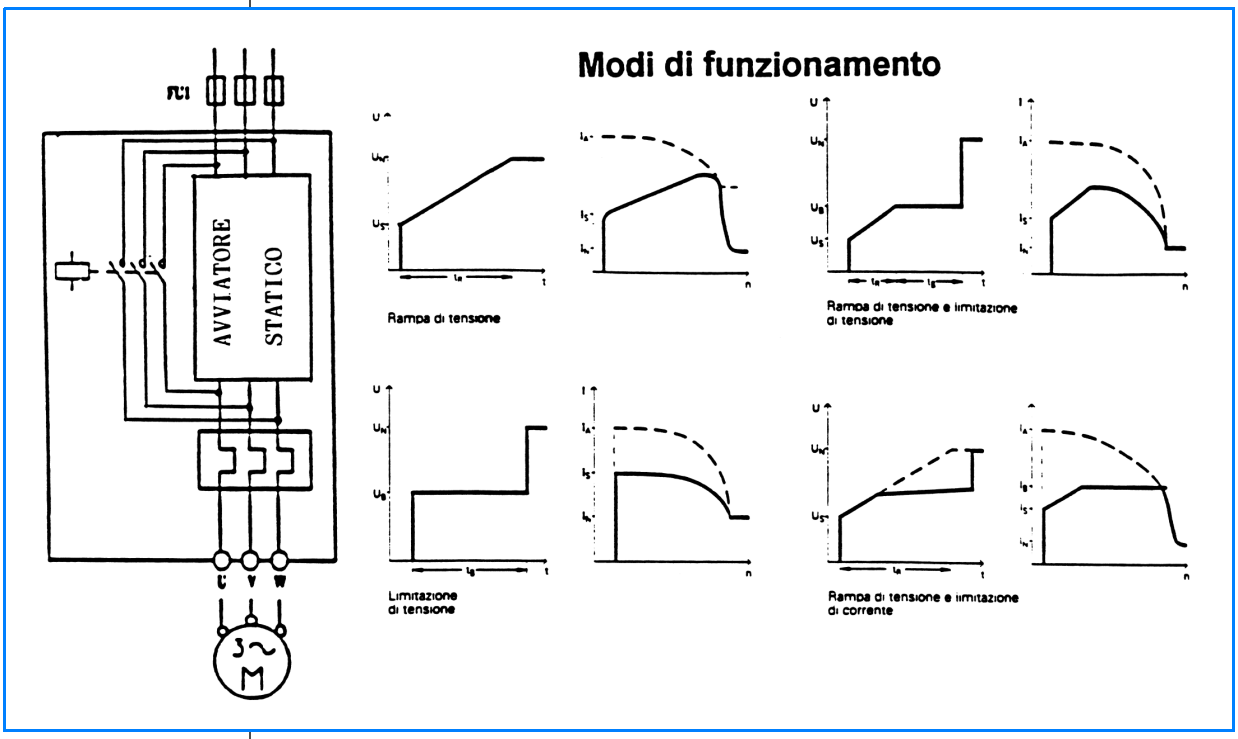
Questo tipo di avviatore permette di alimentare il motore con tensione ridota tramite un autotrasformatore e, successivamente, con quella di rete.

- Il principale vantaggio di questo avviatore consiste nella possibilità di scegliere la tensione di avviamento più opportuna e, di conseguenza, la corrente e la coppia di spunto che risultano proporzionali al quadrato del rapporto tra le tensioni.
- Con una tensione di alimentazione pari al 70% della tensione nominale, la corrente di spunto risulta circa 4,5 volte la corrente nominale a valle dell'avviatore e 3,2 volte la corrente nominale a monte dello stesso.
- La coppia allo spunto è all'incirca pari alla coppia nominale.
- La protezione del motore è affidata al relè termico per i sovraccarichi e ai fusibili per i corto circuiti oppure agli interruttori automatici.
- Questo tipo di avviatore è da preferirsi agli altri tipi. Ha lo svantaggio di essere più costoso.



Appendice A - Sistemi di avviamento

Avviatore statico (Soft Starter)



Gli avviatori statici hanno come compito principale quello di accelerare e decelerare lentamente motori asincroni trifase.

- Il principio di funzionamento si basa sulla variazione della tensione ai morsetti del motore attraverso la parzializzazione di fase operata dai tiristori controllati da microprocessore.
- All'inserzione la tensione può variare dal 20% al 100% della nominale, in un tempo impostabile da 0,5 s a 180 s, con la conseguente riduzione della corrente di avviamento.Come ogni avviamento a tensione ridotta, la coppia risulta notevolmente diminuita perché varia con il quadrato del rapporto fra la tensione d'avviamento e la tensione nominale.
- Negli avviatori soft più evoluti è possibile impostare diversi modi di funzionamento per ottenere l'avviamento ottimale in funzione delle caratteristiche del carico.
- La protezione del motore è affidata al relè termico o alla proteziione elettronica insita nel soft starter. Per i corto circuiti è comunque rischiesta l'installazione di fusibili o di interruttori automatici.
- Per evitare sprechi d'energia si consiglia, dopo l'avviamento, di escludere il soft starter inserendo un contattore di potenza in parallelo allo stesso.

Appendice B - Calcolo del risparmio energetico

Calcolo del risparmio energetico per pompe e ventilatori centrifughi

Per calcolare i benefici derivanti dall'adozione di un inverter per pilotare il motore di una pompa, si comparino le prestazioni di un sistema regolato da inverter rispetto ad altri metodi convenzionali. Una semplice e veloce analisi che è possibile compiere facilmente e in totale autonomia.

Tutto ciò di che serve sono i seguenti dati:

- Potenza del motore in cavalli (HP)
- Costo dell'energia elettrica per kWh
- Totale delle ore di operatività dell'impianto (8760 ore max.)
- Conoscere il metodo di controllo installato con cui si eseguono le variazioni di portata (parzializzatore in ingresso, smorzatore in uscita, pale a geometria variabile, saracinesca di scarico, serranda di by-pass, saracinesca di by-pass oppure nessun controllo).

Tabella dei coefficienti

Ventilatore al 60% della capacità operativa		Pompa al 70% della capacità operativa	
Coef	Metodo controllo della portata	**Coeff.**	Metodo controllo della portata
0,32	Inverter	**0,41**	Inverter
0,69	Parzializzatori in ingresso	**0,82**	Valvola di scarico
0,89	Smorzatore in uscita	**1,00**	Valvola di by-pass
0,89	Pale a geometria variabile	**1,00**	Nessun controllo
1,00	Serranda di by-pass	-	

Come procedere

Per i coefficienti utilizzati nelle formule si faccia riferimento alla tabella

1) Convertire i cavalli motore in kW
HP x 0,746 = kW1

2) Moltiplicare il coefficiente relativo al controllo con inverter per il numero.di kW del motore kW1 di cui al risultato di punto 1:
coeff. x kW1 =kW2 (inverter)

Appendice B - Calcolo del risparmio energetico

3) Moltiplicare il coefficiente del tipo di controllo in uso per il numero di kW del motore kW1 di cui al risultato di punto 1:
coeff. x kW1=.kW3 (metodo di controllo in uso)

4) Sottrarre il risultato di punto 2 (kW2) al risultato di punto 3 (kW3):
kW3 - kW2 =kW4 (risparmio utilizzando inverter)

5) Moltiplicare il risultato del punto 4 (kW4) per le ore di lavoro/anno e per il costo per Kwh dell'energia elettrica:

Kw4 x ore/anno x Kwh Euro = Euro (risparmio con inverter)

Esempio ventilatore

Motore da 60 Hp applicato ad un ventilatore con pale a geometria variabile con operatività giornaliera di 24 ore per 365 gg/anno ed un costo KWh di 0.08 Euro.

1) 60 HP x 0,746 = 44,76 kW
2) coeff. 0,32 x 44,76 = 14,32 kW
3) coeff. 0,69 x 44,76 = 30,88 kW
4) 30,88 kW – 14,32 kW = 16,56 kW
5) 16,56 kW x 8760 ore x 0,08 Euro al KWh = 11.605 Euro

11.605,00 Euro di risparmio annuale

Esempio pompa

Motore da 60 Hp applicato ad una pompa con valvola di scarico ed operatività giornaliera di 24 ore per 365 gg/anno ed un costo KWh di di 0.08 Euro.

1) 60 HP x 0,746 = 44,76 kW
2) coeff. 0,41 x 44,76 = 18,35 kW
3) coeff. 0,82 x 44,76 = 36,70 kW
4) 36,70 kW – 18,35 kW = 18,35 kW
5) 18,35 kW x 8760 ore x 0,08 Euro al KWh = 12.859 Euro

12.859,00 Euro di risparmio annuale

Bibliografia

- Gruppo Aturia S.p.A. - www.gruppoaturia.com

- Marcello Meneghin - www.costruzioni.net

- Yaskawa Electric Corporation - www.yaskawa.com

Il presente documento è stato realizzato in collaborazione con il Gruppo Aturia S.p.A.

OMRON EUROPE B.V. Wegalaan 67-69, NL-2132 JD, Hoofddorp, Paesi Bassi. Tel.: +31 (0) 23 568 13 00 Fax +31 (0) 23 568 13 88 www.eu.omron.com

ITALIA
Omron Electronics SpA
Viale Certosa, 49 20149 Milano
Tel: +39 02 32 681
Fax: +39 02 32 68 282
www.omron.it - e-mail: info.it@eu.omron.com

Nord Ovest Tel: +39 02 326 88 00
Milano Tel: +39 02 32 681
Bologna Tel: +39 051 613 66 11
Terni Tel: +39 074 45 45 11

SVIZZERA
Omron Electronics AG
Sennweidstrasse 44, CH-6312 Steinhausen
Tel: +41 (0) 41 748 13 13
Fax: +41 (0) 41 748 13 45
www.omron.ch

Romanel Tel: +41 (0) 21 643 75 75

Austria
Tel: +43 (0) 1 80 19 00
www.omron.at

Belgio
Tel: +32 (0) 2 466 24 80
www.omron.be

Danimarca
Tel: +45 43 44 00 11
www.omron.dk

Finlandia
Tel: +358 (0) 9 549 58 00
www.omron.fi

Francia
Tel: +33 (0) 1 49 74 70 00
www.omron.fr

Germania
Tel: +49 (0) 2173 680 00
www.omron.de

Norvegia
Tel: +47 (0) 22 65 75 00
www.omron.no

Paesi Bassi
Tel: +31 (0) 23 568 11 00
www.omron.nl

Polonia
Tel: +48 (0) 22 645 78 60
www.omron.com.pl

Portogallo
Tel: +351 21 942 94 00
www.omron.pt

Regno Unito
Tel: +44 (0) 870 752 0861
www.omron.co.uk

Repubblica Ceca
Tel: +420 (0) 267 31 12 54
www.omron.cz

Russia
Tel: +7 095 745 26 64
www.russia.omron.com

Spagna
Tel: +34 913 777 900
www.omron.es

Svezia
Tel: +46 (0) 8 632 35 00
www.omron.se

Turchia
Tel: +90 (0) 216 326 29 80
www.omron.com.tr

Ungheria
Tel: +36 (0) 1 399 30 50
www.omron.hu

Per il Medio Oriente, l'Africa e altri paesi dell'Europa orientale,
Tel: +31 (0) 23 568 13 22 www.eu.omron.com

Automazione e azionamenti
• PLC - Controllori programmabili • Reti
• HMI - Terminali di comando • Servosistemi • Inverter • Software

Componenti industriali
• Pulsanti e indicatori • Microinterruttori • Finecorsa • Relè per circuito stampato • Relè statici
• Relè per impieghi generali • Zoccoli • Contattori, partenza motore • Temporizzatori • Contatori
• Unità di collegamento • Posizionatori angolari • Regolatori di livello • Regolatori di processo
• Termoregolatori • Strumenti di misura digitali • Alimentatori switching

Sensori e componenti per la sicurezza
• Sensori fotoelettrici • Sensori di prossimità • Sensori di spostamento • Encoder
• Unità di controllo per sensori • Sistemi di visione • Sistemi di identificazione • Finecorsa di sicurezza
• Relè e moduli di sicurezza • Barriere fotoelettriche di sicurezza • Pulsanti di emergenza