



# Convertitori di frequenza: risparmio energetico per le applicazioni di pompaggio

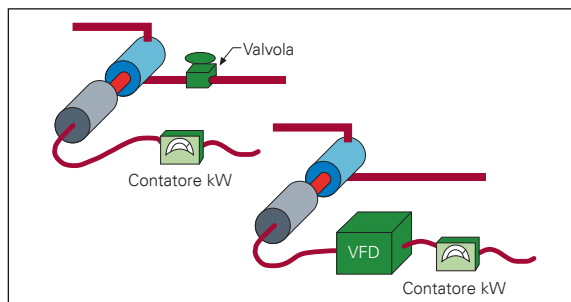
*Tom Neuberger e Steven B. Weston,  
Eaton Corporation*

## Utilizzo e applicazione dei convertitori di frequenza

Agli albori della tecnologia dei convertitori di frequenza (VFD), l'applicazione tipica consisteva nel controllo dei processi di produzione di fibre sintetiche, barre di acciaio e fogli di alluminio. I VFD hanno migliorato le prestazioni di processo e ridotto i costi di manutenzione andando a sostituire i gruppi elettrogeni e i drive CC. All'inizio degli anni 70, al verificarsi della crisi energetica, il risparmio energetico è diventato un obiettivo critico e l'uso dei VFD si è rapidamente diffuso nelle applicazioni con pompe di grandi dimensioni e, infine, nei sistemi di ventilazione HVAC.

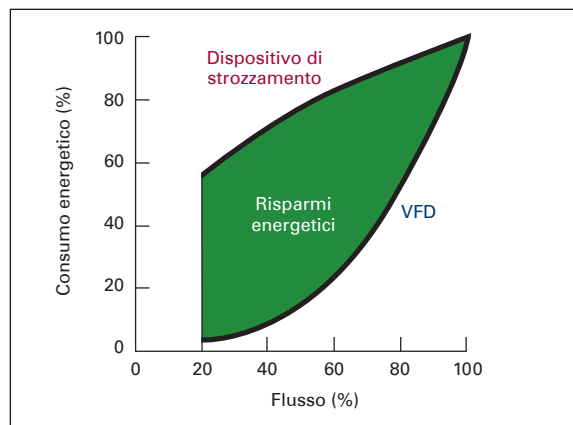
## Convertitori di frequenza comparati ai dispositivi di strozzamento

In molte applicazioni di flusso, viene utilizzato un dispositivo meccanico di strozzamento per limitare il flusso. Pur trattandosi di un metodo di controllo efficace, esso spreca energia meccanica ed elettrica. **Immagine 1** rappresenta un sistema di pompaggio che impiega una valvola di strozzamento e lo stesso sistema con l'impiego di un VFD.



**Immagine 1: Un dispositivo meccanico di strozzamento confrontato ad un VFD**

Il consumo di energia che si verifica utilizzando un dispositivo di strozzamento per controllare il flusso è indicato nella curva superiore nell'Immagine 2, la curva inferiore mostra invece il consumo di energia con l'impiego di un convertitore di frequenza. Grazie al controllo della frequenza generato dal dispositivo VFD nel motore a corrente alternata, è possibile ridurre la velocità, il flusso e il consumo energetico nel sistema. L'energia risparmiata è rappresentata dall'area in verde.



**Immagine 2: La quantità di energia risparmiata con l'utilizzo di un convertitore di frequenza (rispetto all'utilizzo di una valvola) per il controllo del flusso**

**EATON**

*Powering Business Worldwide*

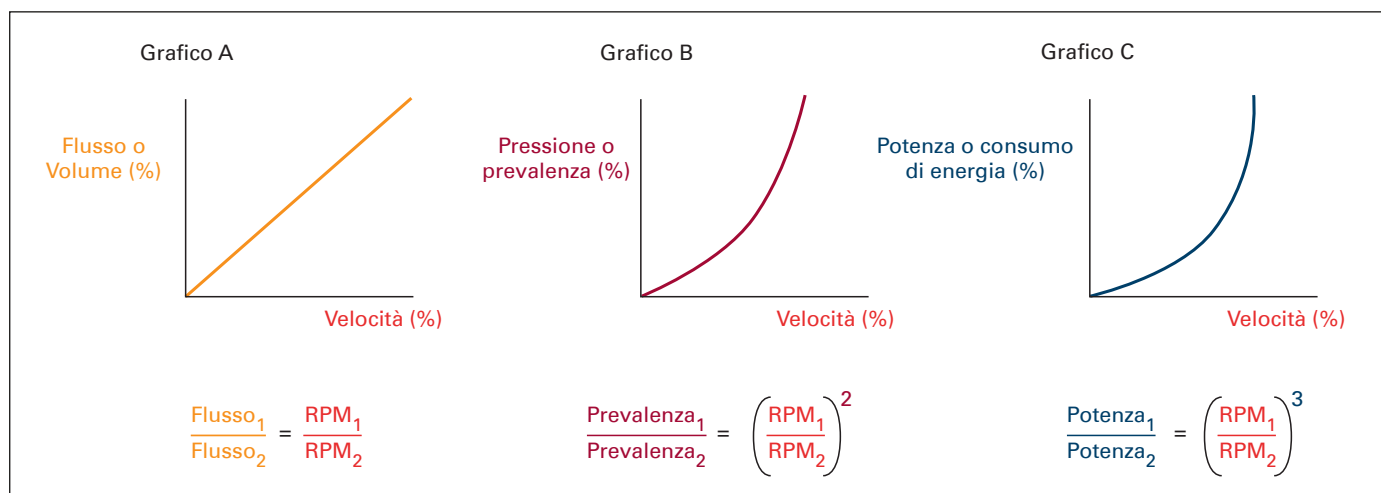


Immagine 3: Le leggi di affinità

## Teoria dei convertitori di frequenza

Le leggi di affinità sono in grado di determinare le prestazioni di un sistema per i dispositivi centrifughi, compresi i requisiti per il carico teorico e i potenziali risparmi di energia. Nell'**immagine 3** vediamo rappresentate le tre leggi di affinità:

1. Il flusso o il volume varia linearmente con la velocità. La velocità diminuisce del 50%, il flusso diminuisce del 50% (**Grafico A**).
2. La pressione o prevalenza variano in base al quadrato della velocità. Se la velocità diminuisce del 50%, la pressione diminuisce al 25% (**Grafico B**).
3. La potenza o il consumo di energia variano in base al cubo della velocità. Se la velocità diminuisce del 50%, il consumo di potenza diminuisce al 12,5% (**Grafico C**). Il potenziale del risparmio di energia è disponibile con la riduzione della richiesta di flusso.

## Caratteristiche dei sistemi di pompaggio

La determinazione della curva di sistema, che descrive il flusso che si verificherà in presenza di una determinata pressione, è fondamentale per la scelta della pompa appropriata per un sistema. Per determinare una curva di sistema accurata, è necessario conoscere due elementi:

- **Prevalenza statica o elevata**- L'altezza a cui il fluido deve essere sollevato dalla sorgente all'uscita.
- **Prevalenza di attrito**- La potenza necessaria per superare le perdite causate dal flusso di fluido nella tubazione, nelle valvole, nelle curve e in qualsiasi altro dispositivo della tubazione. Queste perdite sono completamente dipendenti dal flusso e non lineari.

Nell'**immagine 4**, la prevalenza statica, la prevalenza di attrito e la risultante curva di sistema sono evidenziate per un tipico sistema di pompaggio. In questo esempio, il flusso massimo richiesto è di 160 litri al minuto (lpm). Queste informazioni aiutano a determinare le dimensioni della pompa e della girante necessarie affinché il sistema fornisca il flusso massimo richiesto. In base alla curva del sistema nell'**Immagine 4**, la pompa deve sviluppare almeno una prevalenza di 120 metri.

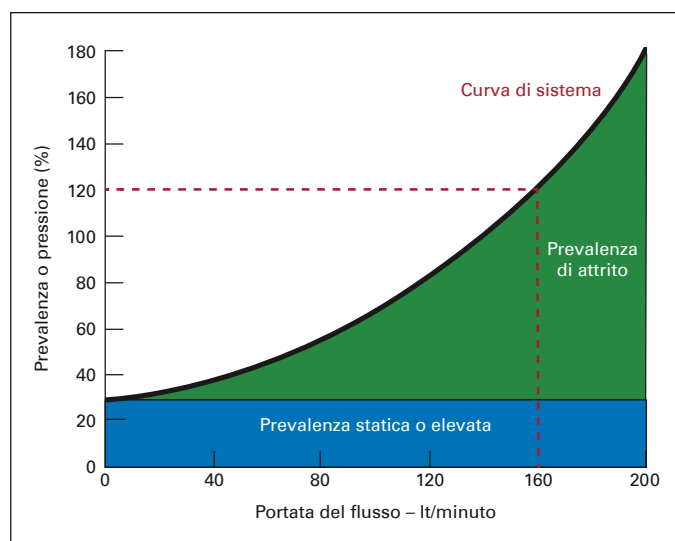
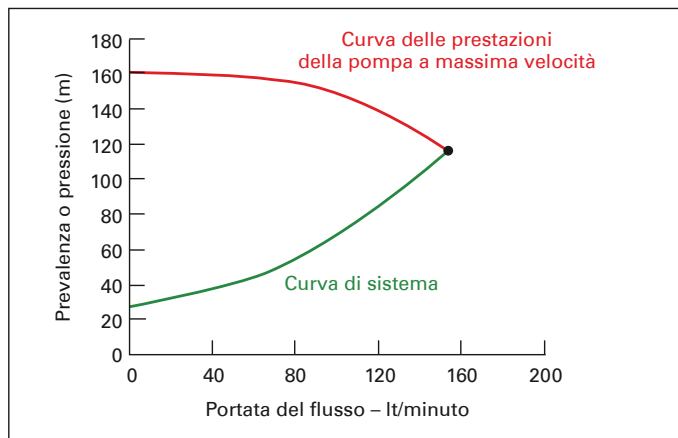


Immagine 4: Elementi di una curva di sistema

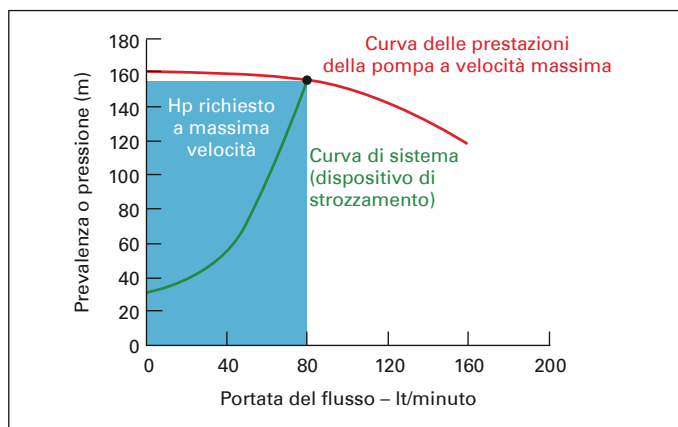
Nell'Immagine 5, la curva di sistema e la curva delle prestazioni della pompa si intersecano nel punto di esercizio desiderato a 120 m di prevalenza e 160 lpm di flusso. Il sistema avrà un unico punto di esercizio, a meno che non venga aggiunto un dispositivo. Raramente un'applicazione di pompaggio richiede alla pompa di produrre la massima portata.



**Immagine 5: Una combinazione delle curve di sistema e della pompa**

### Applicazione di un dispositivo di strozzamento su un sistema di pompaggio

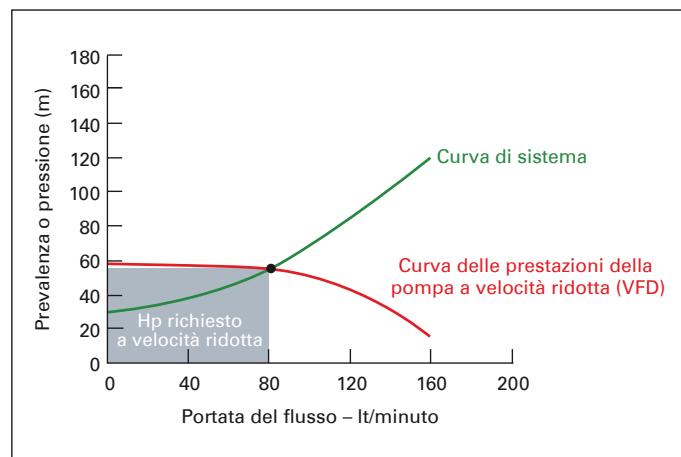
I dispositivi di strozzamento vengono spesso utilizzati come metodo meccanico per ridurre il flusso nei sistemi di pompaggio. Con l'impiego di un dispositivo di strozzamento la curva di pompaggio del sistema si modifica come mostrato nell'immagine 6. Questo riduce il flusso all'interno del sistema, tuttavia la curva della pompa non viene alterata e questa continua a funzionare a velocità massima. Questo crea uno stress meccanico, una pressione e temperatura eccessive sulla pompa del sistema, rischiando di causare guasti prematuri all'isolamento o ai cuscinetti. E cosa ancora più importante, in questo modo si consuma moltissima energia. L'energia consumata è rappresentata dall'area in blu nell'Immagine 6.



**Immagine 6: Caratteristiche del sistema con l'utilizzo di un dispositivo di strozzamento**

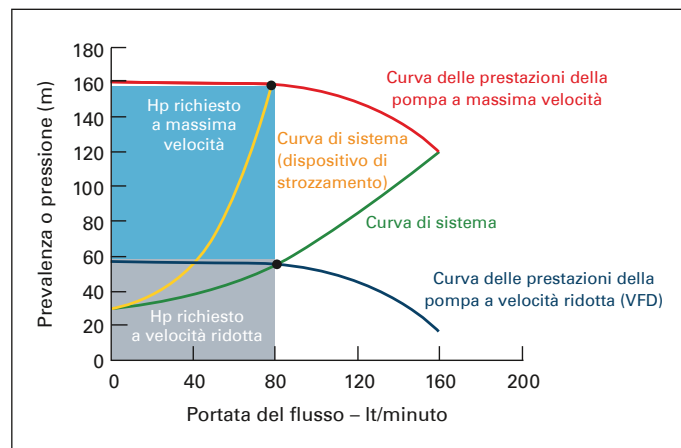
### Applicazione di convertitori di frequenza in un sistema di pompaggio

L'impiego di un VFD sulla pompa consente di controllarne elettricamente la velocità, consumando solo l'energia necessaria per produrre un determinato flusso. Questo è simile all'applicazione di una nuova pompa con una girante più piccola. L'immagine 7 mostra la nuova curva della pompa e l'energia consumata con questo metodo. Inoltre, in questo modo è possibile ridurre la pressione, il che aiuta a diminuire le sollecitazioni meccaniche generate dai dispositivi di strozzamento.

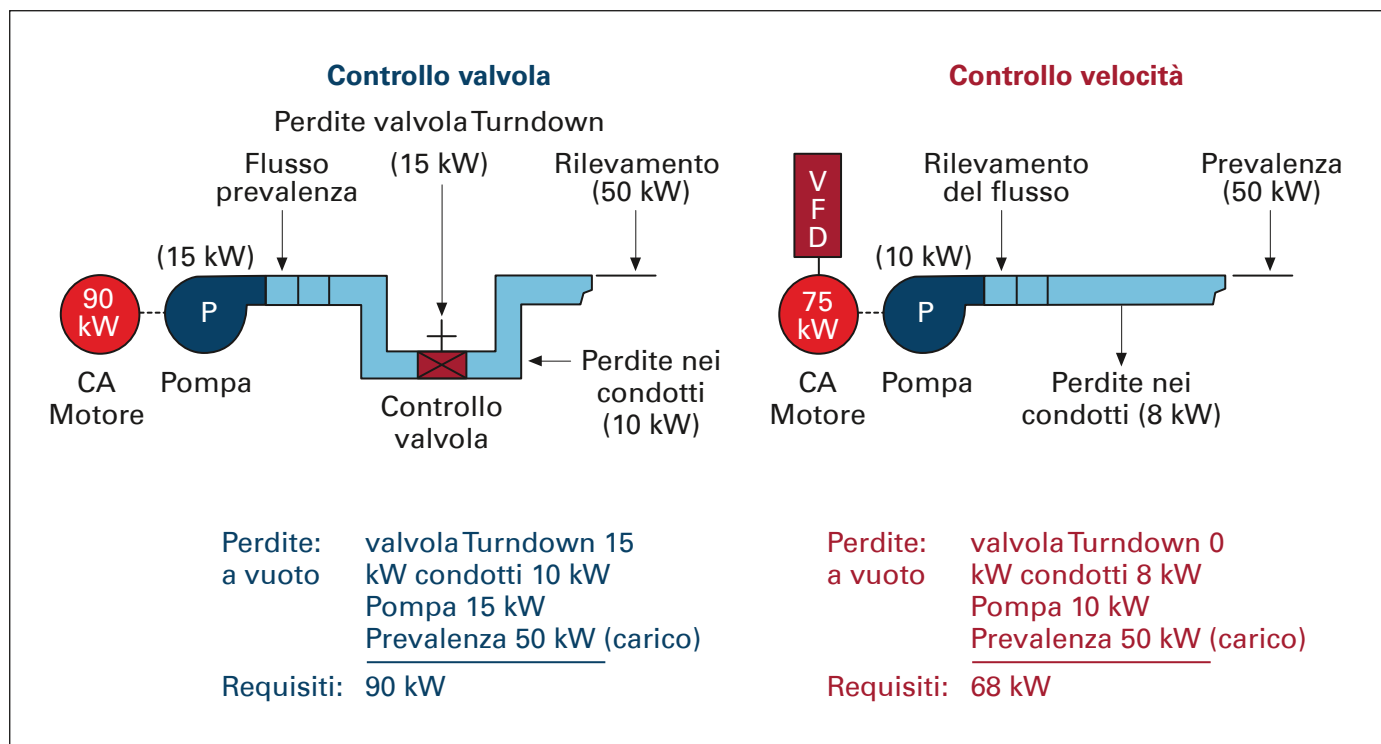


**Immagine 7: Caratteristiche del sistema impiegando un convertitore di frequenza**

Sovrapponendo i due grafici precedenti, la differenza è palese nell'immagine 8. L'area in blu rappresenta l'energia risparmiata utilizzando un VFD invece di un dispositivo di strozzamento.



**Immagine 8: La differenza nel consumo energetico con l'uso di un dispositivo di strozzamento rispetto a un convertitore di frequenza**



**Immagine 9: I risparmi energetici possono essere calcolati tramite un'analisi computerizzata**

## Convertitori di frequenza per ulteriori risparmi

L'uso dei VFD può portare ad un'ulteriore riduzione dei costi totali del sistema, grazie all'eliminazione dei componenti necessari esclusivamente per il controllo delle valvole. In un sistema di controllo del flusso della valvola, si verificano perdite nella valvola e sono necessari condotti aggiuntivi per portare la valvola ad un'altezza tale da poterla regolare. Nell'esempio precedente, la perdita dei condotti è pari a 10 kW mentre la perdita della valvola a 15 kW.

A causa di queste perdite e della perdita della pompa interna, per ottenere una prevalenza equivalente a 50 kW è necessario un equivalente di una pompa da 90 kW e un motore da 90 kW. Con l'utilizzo del VFD, non si verificano perdite di valvole o tubi dovute a curve o tubazioni aggiuntive, riducendo così le perdite nelle tubazioni a 8 kW. Riducendo queste perdite, è possibile utilizzare una pompa più piccola con perdite inferiori. Per la stessa prevalenza equivalente da 50 kW, sono sufficienti una pompa e un motore da 75 kW. In questo modo si ottiene un notevole risparmio sui costi del sistema e dell'installazione, il che giustifica ulteriormente l'uso dei VFD.