

Pompe

Pompe efficienti - i cinque punti essenziali per un corretto dimensionamento del sistema:

- **Dimensionamento:** progettare l'impianto in base alle reali condizioni generali (fabbisogno idrico, fabbisogno termico)
- **Perdite:** progettare l'impianto con dispersioni di energia minime (ad es. linee brevi con una sezione più grande, senza strozzamenti e curve non necessarie)
- **Funzionamento variabile:** regolare la quantità e la pressione dell'acqua alle reali necessità (funzionamento in base al fabbisogno)
- **Convertitore di frequenza:** regolare la velocità dell'azionamento (invece di applicare strozzamenti o commutatori multipli)
- **Motore più efficiente:** adeguare la potenza e la velocità dell'azionamento alla pompa e al reale fabbisogno, utilizzare motori ad alta efficienza IE3 o IE4

Dal 1° gennaio 2013 è in vigore il regolamento UE per le pompe per acqua (n. 547/2012 del 25 giugno 2012). Le disposizioni sono valide anche in Svizzera in virtù della loro inclusione nell'Ordinanza sull'efficienza energetica (OEEne, allegato 2.9)

Questo regolamento definisce le linee guida delle pompe centrifughe per acqua pulita, in particolare per cinque tipi:

- Pompa per acqua ad aspirazione assiale con supporto (ESOB); 1450 rpm e 2900 rpm
- Pompa per acqua ad aspirazione assiale monoblocco orizzontale (ESCC); 1450 rpm e 2900 rpm
- Pompa per acqua ad aspirazione assiale monoblocco in linea (ESCCi); 1450 rpm e 2900 rpm
- Pompa per acqua verticale multistadio (MS-V); 2900 rpm
- Pompa per acqua sommersa multistadio (MSS); 2900 rpm

Per soddisfare i requisiti di conformità UE, elencati nell'allegato III del regolamento, queste pompe devono raggiungere un livello di efficienza minimo in tre punti di funzionamento:

- massima efficienza (η_{BEP}): i valori variano in base al tipo di pompa
- a carico parziale: min. 94.7% del η_{BEP}
- con sovraccarico: min. 98.5% del η_{BEP}



Basi

Le **pompe** sono macchine a flusso continuo utilizzate per pompare liquidi (fluidi non comprimibili). A tale scopo, l'energia meccanica dell'azionamento viene convertita in energia cinetica del fluido (portata volumetrica e pressione).

■ **In un circuito chiuso**, la trasmissione di calore e la pressione sono prioritarie. Esempi: sistemi di riscaldamento, di climatizzazione e di refrigerazione.

■ **In circuito aperto** l'obiettivo è di solito il trasporto del materiale. Esempi: approvvigionamento idrico e smaltimento delle acque reflue, liquido refrigerante. Le pompe sono disponibili in combinazione con il motore di azionamento o come unità separate.

Questa scheda tematica è rivolta ai committenti, ai progettisti e agli installatori di sistemi per edifici, alle aziende industriali e comunali e ai fornitori di servizi.

Questa scheda tematica riguarda principalmente le pompe centrifughe di medie e grandi dimensioni impiegate nei settori dell'ingegneria edile e dell'industria, in cui il motore è separato dalla girante della pompa. Le piccole pompe integrate (i cosiddetti «circolatori senza premistoppa»), le grandi pompe oltre i 1 000 kW, le pompe sommerse e le varie applicazioni speciali (pompe idrauliche) non sono state esplicitamente trattate.

8% dell'elettricità per pompe

Il consumo di elettricità delle pompe in Svizzera ammonta a 4757 GWh/a (2011). Il consumo delle pompe nelle centrali idro-elettriche, poco meno di 3000 GWh non è incluso (Tabella 1 figura 1). In termini di consumo totale di elettricità in Svizzera (consumo finale 2011), questi 4757 GWh corrispondono all'8%.

Nei prossimi anni, il consumo di elettricità delle nuove pompe di circolazione domestiche diminuirà significativamente grazie all'inasprimento dell'Ordinanza sull'energia. Dal 2013 possono essere venduti solo i circolatori ad alta efficienza e dal 2015 si applicano regole più severe anche alle pompe più grandi. Queste disposizioni incidono innanzitutto sulla categoria dei circolatori senza premistoppa fino a 2500 W; essi costituiscono la maggioranza di questa categoria. Anche per le altre applicazioni di pompe, sono previsti risparmi che possono essere realizzati in un arco di tempo più lungo.

Concetti fondamentali

La portata volumetrica Q è la portata utile erogata dalla pompa in un'unità di tempo attraverso la sezione in uscita del bocchettone di mandata (indicata in m³/s, spesso in m³/h o l/s).

La prevalenza H specifica il lavoro meccanico utile trasferito dalla pompa al liquido pompato. L'energia per un kg di fluido pompato è denominata lavoro specifico del raccordo: $Y = g H_f$

	GWh	%
Industria e settore manifatturiero	2300	48.3%
Circolatori elettrovalvole/gruppi di pompaggio riscaldamento	1000	21.0%
Circolatori e domotecnica	600	12.6%
Approvvigionamento idrico (pubblico)	400	8.4%
Impianti per il trattamento delle acque reflue (pubblici)	300	6.3%
Lavastoviglie delle case	55	1.2%
Stazioni di servizio comprese quelle per il traffico aereo	36	0.8%
Teleriscaldamento	27	0.6%
Lavastoviglie per gastronomia	11	0.2%
Pompe di scarico per lavatrici	11	0.2%
Agricoltura	10	0.2%
Piscine, Wellness (pubbliche e private)	7.5	0.2%
Totale	4757	100%

Tabella 1: Consumo di elettricità delle pompe in Svizzera. Il totale non comprende gli impianti di pompaggio delle centrali elettriche. Il totale non include gli aggregati negli impianti di pompaggio delle centrali. Grazie al miglioramento dell'efficienza delle pompe, si presume che il loro consumo di elettricità sia leggermente diminuito dal 2011. Le quote delle pompe di circolazione nelle categorie «Domotecnica» e «Gruppi di riscaldamento» sono minori (nel 2021) in seguito al notevole miglioramento dell'efficienza delle pompe più piccole.

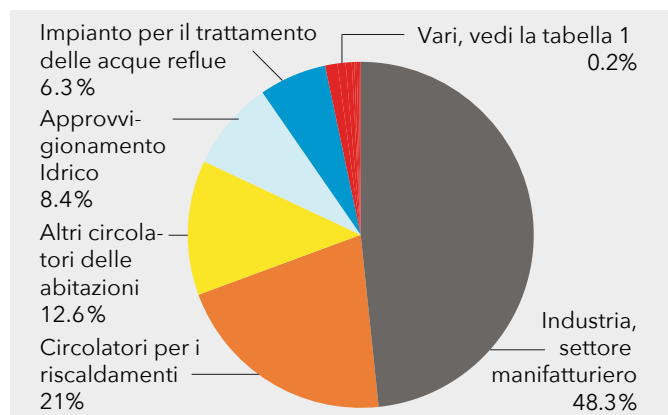


Figura 1: Consumo di elettricità delle pompe in Svizzera. (fonte: Nipkow 2011)

Il lavoro specifico del raccordo e quindi le prevalenze possono essere determinate misurando le pressioni statiche nei raccordi di aspirazione e di mandata, così come la differenza di altezza geodetica e calcolando le velocità nei raccordi di aspirazione e di mandata a un determinato Q .

$$gH_f = Y = g(z_d - z_s) + \frac{p_d - p_s}{\rho} + \frac{v_d^2 + v_s^2}{2}$$

$$H = z_d - z_s + \frac{p_d - p_s}{\rho g} + \frac{v_d^2 + v_s^2}{2g}$$

Potenza idraulica (rendimento della pompa) P_h : La potenza idraulica fornita al sistema è il prodotto del flusso di massa e del lavoro specifico del raccordo.

$$P_h = \dot{m} Y = \rho Q Y = \rho Q g H_f$$

Potenza dell'asse (potenza meccanica) P_{asse} : La potenza meccanica fornita all'asse della pompa è maggiore della potenza idraulica a causa delle perdite meccaniche e delle perdite di flusso nella pompa. La potenza meccanica è fornita dal motore elettrico:

$$P_{Asse} = \frac{P_h}{\eta} = M(\omega) = P_{el} \eta_{Motore}$$

Tipo di pompa

Le pompe radiali, le pompe semiassiali (dette anche pompe diagonali) e le pompe assiali appartengono alla categoria delle pompe centrifughe. Nella figura 3 sono raffigurati i campi di applicazione dei singoli tipi di pompa. La velocità specifica n_q caratterizza il design di ogni pompa.

Esempio industriale

Secondo uno studio condotto su 5 aziende industriali in Svizzera con un totale di 1 500 azionamenti, le pompe consumano il 18% dell'energia elettrica totale, e rappresentano quindi un fattore molto importante (vedere la figura 2). In questi impianti le pompe sono installate nei sistemi idraulici e nei sistemi per il vuoto; esse pompano acqua e altri liquidi. Le 400 pompe esaminate hanno una potenza media di 16 kW, funzionano per 3 800 ore l'anno e hanno 16 anni di vita. Solo il 12% è dotato di un convertitore di frequenza per la regolazione del numero di giri e quindi attrezzate per adattarsi al carico.

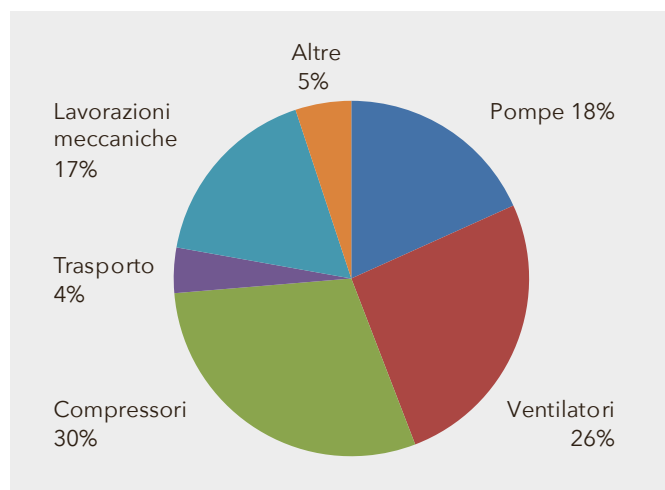


Figura 2: Applicazioni di motori elettrici in 5 grandi aziende industriali (fonte: Easy 2012)

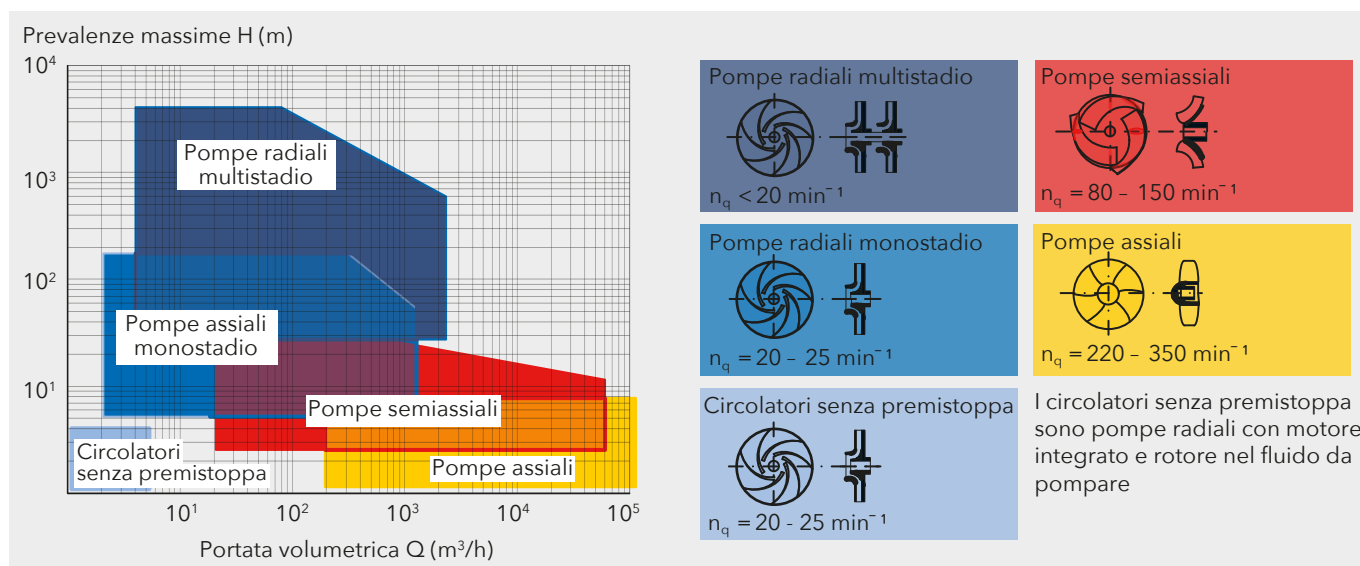


Figura 3: tipologie di pompe ordinate secondo la prevalenza e la portata volumetrica (diagramma Q-H)

Scelta della pompa

Criteri di selezione

Dati di funzionamento

■ Portata volumetrica, pressione in entrata, pressione in uscita, valore NPSH (Net Positive Suction Head) dell'impianto.

Liquido da pompare (fluido)

■ Composizione; nel caso sia presente una miscela: considerare l'influenza della densità, della viscosità e della pressione del vapore a determinate temperature di lavoro.

■ Contenuto di solidi, componenti corrosive ed erosive

■ Componenti gassose non disciolte

■ Potenziale di pericolo, come esplosivo o infiammabile, tossico, corrosivo, ecc.

■ Una viscosità più elevata richiede un valore NPSH più elevato, riduce la potenza idraulica utile e richiede una maggiore potenza di azionamento. Potrebbe essere necessario dimensionare di nuovo il motore.

Condizioni operative

■ Temperatura minima e temperatura massima del fluido

■ Temperatura ambiente e umidità dell'aria

■ Norme e leggi

■ Considerazione delle specifiche normative

Scelta del materiale

■ Tra le varie proprietà di resistenza, quella contro la corrosione dai fluidi trasportati è uno dei criteri più importanti per la selezione dei materiali.

■ La resistenza alla corrosione è influenzata dalla temperatura, dalla concentrazione, dal contenuto di impurità e di solidi abrasivi, dalla velocità massima e dal controllo del flusso nella pompa.

Dimensionamento della pompa

■ La capacità della pompa deve essere adattata all'impianto in cui viene utilizzata. A tale scopo si deve scegliere una pompa con una curva caratteristica adeguata e un motore adatto.

■ La potenza idraulica richiesta in un sistema dipende dalle altezze statiche o dalle pressioni da superare e dalle perdite di carico nelle condotte. Il sistema è delineato dalla sua curva caratteristica.

■ Le perdite di carico nel sistema devono essere ridotte al minimo, nella misura in cui ciò sia economicamente conveniente in termini di durata del sistema e numero di ore di funzionamento. Le perdite della pompa possono essere ridotte al minimo selezionando una pompa ad alta efficienza.

■ La pompa è quindi progettata in modo ottimale ed efficiente dal punto di vista energetico, se viene azionata a non più del $\pm 20\%$ (della portata volumetrica) dal punto

di massima efficienza.

Il rapporto tra la portata Q [m^3/s] e la prevalenza H [m], il numero di giri n [giri/min] e le caratteristiche fisiche del fluido pompato determinano la scelta del tipo di pompa e di girante. Il parametro caratteristico per il tipo di girante è la velocità specifica n_q :

$$n_q = n \frac{\sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

Esempio: Pompa centrifuga

Prima di selezionare la pompa, è necessario analizzare la sua curva caratteristica. Essa fornisce informazioni su:

■ Portata volumetrica in rapporto all'altezza da superare

■ Livello di rendimento e punto di massima efficienza

■ Potenza dell'asse (apporto di energia richiesto)

■ Requisiti sull'altezza di aspirazione per evitare bolle di vapore (cavitazione, $NPSH_{required}$)

■ Dimensioni e tipo di pompa

■ Dimensioni della girante

■ Velocità

NPSH

NPSH (prevalenza netta di aspirazione positiva) è un termine originario degli Stati Uniti (Net Positive Suction Head) che misura la pressione minima consentita a monte della pompa per evitare i danni dovuti alla cavitazione. Si distingue tra la prevalenza di aspirazione netta positiva della pompa $NPSH_{(r)}$ (o $NPSH_{required}$) e la prevalenza di aspirazione netta positiva dell'impianto $NPSH_{(a)}$ (o $NPSH_{available}$).

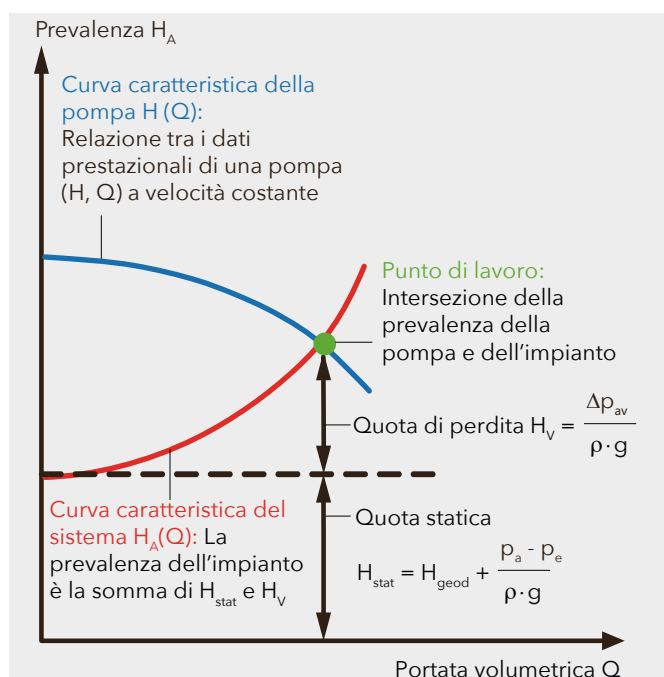


Figura 4: Curva caratteristica del sistema con la quota statica

Dimensionamento

■ Punto di lavoro: punto di intersezione della curva caratteristica del sistema con la curva caratteristica della pompa

■ Dimensionamento per evitare i danni da cavitazione rispettando i requisiti per l'altezza d'aspirazione positiva

$$\text{NPSH}_{\text{necessario}} < \text{NPSH}_{\text{impianto}}$$

Il valore $\text{NPSH}_{\text{necessario}}$ è specificato dal produttore della pompa.

Selezione dei motori di azionamento efficienti

In base alla velocità richiesta per l'azionamento della pompa, è possibile utilizzare motori asincroni con un numero di poli diverso. Velocità sincrona nominale (giri al minuto) 2-poli con 3000 g/min; 4-poli con 1500 g/min; 6-poli con 1000 g/min; 8-poli con 750 g/min.

Le classi di efficienza dei motori da 0.12 kW a 1000 kW si basano sulla norma IEC 60034-30 (figura 5). Per piccole potenze fino a 10 kW, gli incrementi di efficienza da IE4 a IE1 sono, in termini percentuale, molto elevati. Con potenze superiori, comprese tra 100 kW e 1000 kW, i miglioramenti percentuali sono modesti, ma la riduzione delle perdite in kW è molto significativa. Dal 2012 in Svizzera sono ammessi solo motori elettrici con classe di efficienza IE2 (o IE3 e IE4). Le massime efficienze possono essere spesso raggiunte con motori sincroni a magneti permanenti o a riluttanza con commutazione elettronica.

Dal 1° luglio 2021, i requisiti di efficienza energetica per i motori elettrici in Svizzera, saranno gradualmente aumentati armonizzando l'Ordinanza OEEne con il Regolamento (UE) 2019/1781. A partire dal 1° luglio 2021:

■ Per i motori con una potenza nominale da 0.12 kW fino a 0.75 kW è prescritta almeno la classe di efficienza IE2.

■ Per i motori con una potenza nominale da 0.75 kW a 1000 kW è prescritta almeno la classe di efficienza IE3. In questo range di potenza, la combinazione finora consentita, ovvero un motore IE2 con un convertitore di frequenza, non è più ammessa.

Dal 1° luglio 2023, anche i motori con una potenza nominale da almeno 75 kW fino a un massimo di 200 kW devono soddisfare almeno la classe di efficienza IE4 (o superiore).

Dal 1° luglio 2021, anche i convertitori di frequenza progettati per funzionare con motori da 0.12 kW a 1000 kW devono soddisfare almeno la classe di efficienza IE2 per i convertitori di frequenza.

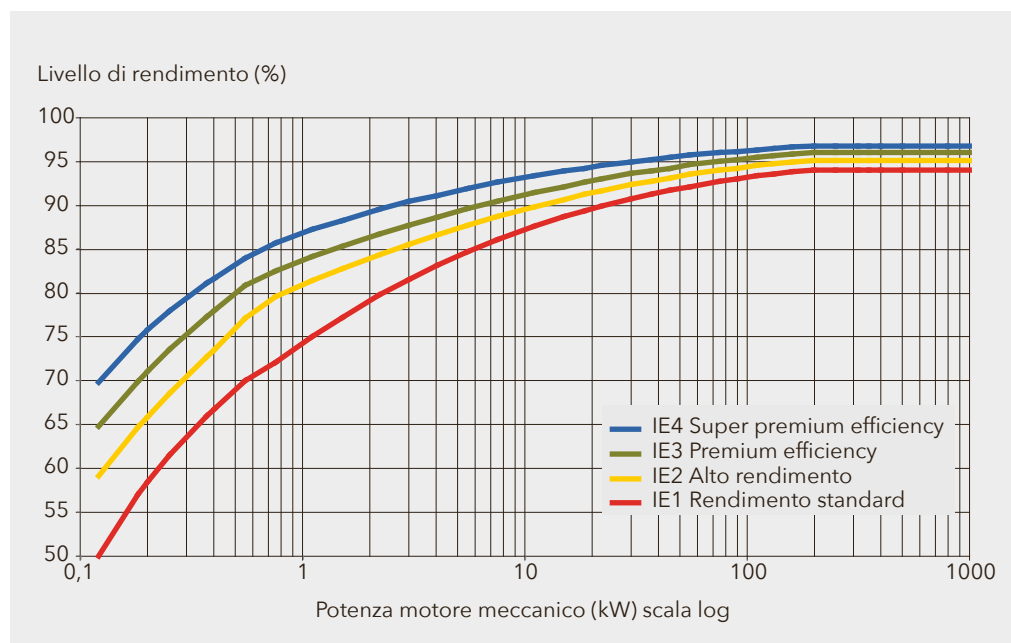
Attenzione: I motori con una classe di efficienza superiore presentano spesso meno scorrimento rispetto ai motori più vecchi e inefficienti. In questo modo, ad esempio, la sostituzione di un motore inefficiente (IE1/eff2) con un motore più efficiente IE3 determina una velocità nominale superiore dall'1% al 5%. A parità di diametro della girante, la potenza dell'asse della pompa aumenta del 3% fino al 15% (la potenza idraulica aumenta al variare della velocità con la 3a potenza). Se non si considera questo effetto quando si sostituisce il motore nei sistemi chiusi, si annulla l'aumento di efficienza auspicato con un inutile aumento della potenza dovuto all'aumento della mandata. Nei sistemi aperti (trasporto di materiale) invece, l'aumento della portata consente di ridurre i tempi di funzionamento. L'aumento dell'efficienza è quindi realizzabile. L'aumento della potenza dell'asse può aumentare il consumo di corrente del motore, che di per sé è più efficiente. In singoli casi, questo significa che è necessario verificare il dimensionamento delle componenti elettriche.

Confronto tra la velocità e la potenza

Aumento della velocità	Aumento della Potenza assorbita
1%	3%
2%	6%
3%	9%
4%	12%
5%	16%

Tabella 2: La potenza dell'albero aumenta alla 3a potenza della velocità.

Figura 5: Livello di rendimento in funzione della potenza nei motori elettrici a 4-poli delle classi di rendimento secondo IEC 60034-30-1 (Bozza di revisione 2012)



Pompe ad alta efficienza energetica nei nuovi impianti

Capitolato per la fornitura dei nuovi impianti

È importante adattare la curva caratteristica della pompa ai requisiti del sistema. Ciò significa:

- Utilizzare pompe collegate in serie o in parallelo
- Utilizzare pompe supplementari più piccole
- Adeguare il diametro della girante (tornitura)
- Impiego di un azionamento a velocità variabile
- Sostituzione del motore esistente con un motore a velocità diverse (coppie polari)

Se l'uso delle pompe si discosta dalla loro progettazione, ne conseguono perdite di energia con regolazioni inefficienti dal punto di vista energetico e un aumento dei costi:

- Regolazione con strozzamento
- Regolazione con bypass

Adattamento del carico alla richiesta

Molti sistemi di pompaggio richiedono portate volumetriche variabili, sia perché il processo stesso lo richiede (ad es. regolazione della temperatura), sia perché spesso è sufficiente una portata volumetrica ridotta (ad es. riscaldamento, refrigerazione). Il potenziale di risparmio tramite la riduzione della velocità è molto grande con i circuiti chiusi (figura 6). Le prestazioni della pompa (motore: coppia e velocità; pompa: flusso volumetrico e pressione) possono essere adeguate tramite vari accorgimenti.

Adeguamento della potenza della pompa

- Commutazione sequenziale di più pompe in serie o in parallelo
- Regolare il diametro della girante della pompa (tornitura)
- Strozzamento (energeticamente svantaggioso)
- Bypass (energeticamente svantaggioso)
- Trasmissione (pulegge)
- Riduttore (raro nelle pompe)
- Regolazione delle palette (solo unità molto grandi)

Regolazione della velocità per motori elettrici

- Regolazione del numero di giri tramite convertitore di frequenza (motore asincrono, sincrono o a magneti permanenti)
- Cali di tensione (motore asincrono)
- Livelli di velocità per altre coppie polari o inversione di polarità

La regolazione della velocità non è sempre utile

Ci sono applicazioni nell'ambito del trasporto dei fluidi in cui la regolazione della velocità non è utile; un intervento non ben studiato può anche causare sprechi di energia e investimenti sbagliati. Un tipico esempio sono le pompe di sollevamento negli impianti di trattamento delle acque reflue o nei sistemi di approvvigionamento idrico, che di solito vengono installate in parallelo. Siccome dispongono di una camera di dosaggio, non richiedono una regolazione precisa della portata volumetrica. Qui il modesto aumento dell'efficienza dovuto alla riduzione delle perdite di pressione, nei casi di volumi di trasporto minori, viene

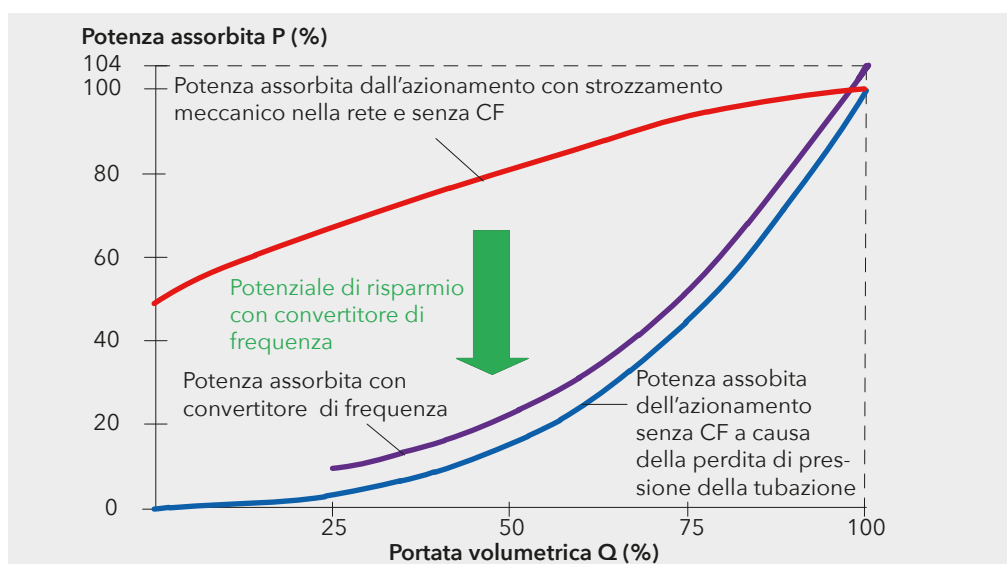


Figura 6: Potenziale di risparmio del trasporto dei fluidi nei circuiti chiusi

generalmente superato dalla riduzione del livello rendimento della pompa e del motore e dal consumo del convertitore di frequenza (FU).

Per i circuiti chiusi, si applicano i rapporti caratteristici di pressione/portata volumetrica indicati nella figura 6. La portata volumetrica è praticamente proporzionale al numero di giri della pompa, la differenza di pressione necessaria (prevalenza massima) è al quadrato rispetto ad essa e di conseguenza, il rendimento della pompa necessario (che corrisponde alla moltiplicazione della portata volumetrica per la prevalenza) varia con la terza potenza della portata.

Esempio: una riduzione della portata volumetrica del 20% comporta una riduzione della prevalenza di circa il 36% ($1 - 0.8 \cdot 0.8$), l'energia di azionamento si riduce di circa il 49% ($1 - 0.8 \cdot 0.8 \cdot 0.8$). In molti processi è possibile ridurre la portata volumetrica del 20% durante gran parte del tempo di funzionamento. Ad esempio, nei riscaldamenti ad aria, la riduzione del 20% della portata volumetrica non è praticamente percepibile a livello di calore scambiato.

Regolazione del carico con il convertitore di frequenza

Un convertitore di frequenza converte elettronicamente la corrente di rete con una frequenza di 50 Hz trifase (anche monofase per le basse potenze) in una corrente trifase a frequenza variabile. In questo modo è possibile programmare un rapporto variabile della tensione e della frequenza adattato all'applicazione.

Nel trasporto dei fluidi nei circuiti chiusi, la tensione (decisiva per la magnetizzazione) si riduce in modo progressivo al diminuire della velocità: il carico delle macchine idrauliche diminuisce con la 3a potenza della velocità. (Figura 6).

Siccome la potenza di uscita dei convertitori di frequenza non è molto sinusoidale (nemmeno con i filtri), le armoniche rimanenti causano ulteriori perdite nel motore. Anche questi elementi devono essere considerati nel calcolo dell'efficienza economica.

Svantaggi dei convertitori di frequenza

La conversione della frequenza non è gratuita (Figura 7):

- Un convertitore di frequenza costa circa quanto il motore a cui è applicato.
- Il livello di rendimento al carico nominale è compreso tra il 95% e il 98%.
- Con un carico parziale inferiore al 20%, il livello di rendimento scende al 70% – 20%, in base alle dimensioni del motore o del convertitore di frequenza.

Raffreddamento del motore: A basse velocità il raffreddamento automatico del motore (ventola) può essere insufficiente, perché le perdite nell'avvolgimento, a causa delle armoniche, possono essere ancora molto elevate. Un motore che grazie un convertitore di frequenza funziona per lungo tempo sotto al 50% della velocità, richiede, eventualmente, un raffreddamento indipendente dalla velocità (ad es. ventola esterna o raffreddamento ad acqua).

Il convertitore di frequenza su di un motore è sensato solo se sono necessarie potenza e velocità variabili per una parte significativa del tempo di funzionamento. Se ciò è necessario solo per l'avviamento della macchina, possono essere trovate altre soluzioni. In alcuni casi - p. es. a velocità costanti - è conveniente bypassare il convertitore di frequenza e azionare il motore attraverso il convertitore di frequenza solo quando è necessario.

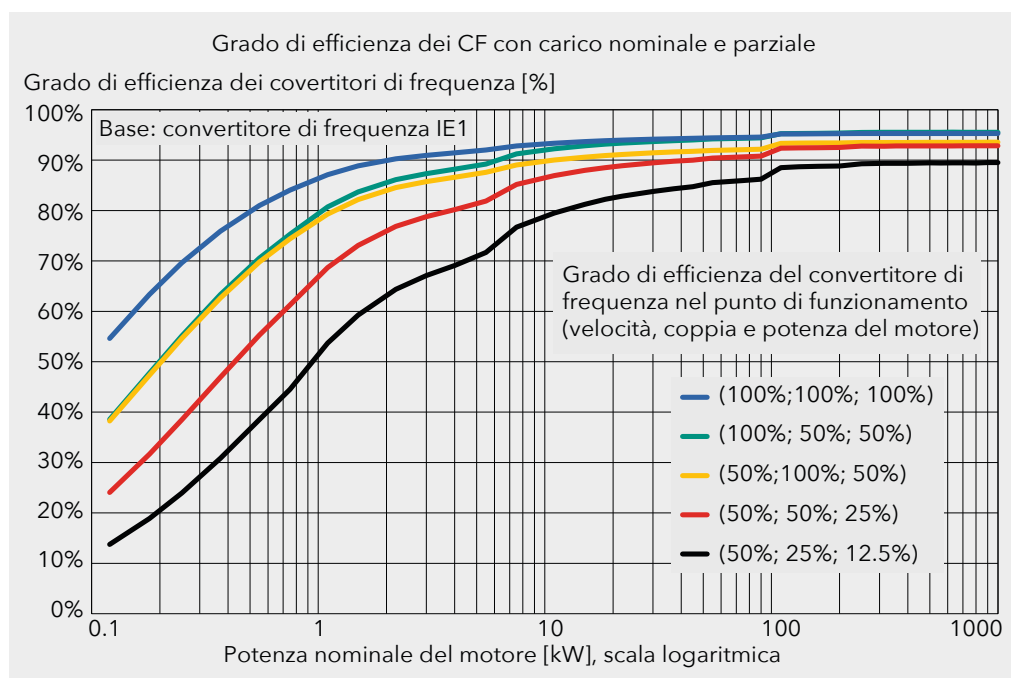


Figura 7: Rendimento dei convertitori di frequenza a confronto a carico nominale e parziale in relazione alla potenza nominale del motore, in conformità alla norma IEC 61800-9-2, edizione 1, base: classe di efficienza IE1 per i convertitori di frequenza. Si considerano i seguenti punti di funzionamento: Carico nominale (100% blu) e carico parziale (potenza effettiva del motore: 50% verde e giallo; 25% rosso, 12.5% nero). La velocità, la coppia e la potenza effettiva del motore sono espressi come percentuale della velocità, della coppia e della potenza nominale del motore.

Precauzioni nell'utilizzo dei convertitori di frequenza

I convertitori di frequenza generano sempre campi elettromagnetici (EMF) relativamente forti. Per evitare interferenze con gli altri dispositivi (elettronici) e per rispettare le normative, sono necessari filtri o schermi appropriati. Più il motore e il convertitore di frequenza sono vicini, più facile sarà controllare i campi elettromagnetici; questo è il motivo per cui i convertitori di frequenza sono spesso assemblati insieme al motore piuttosto che installati negli armadi di controllo. Per quanto riguarda la schermatura e l'utilizzo dei filtri, nella fase di installazione devono essere osservate le indicazioni del produttore del convertitore di frequenza. Le correnti parassite nei motori, dovute alle armoniche ad alta frequenza dei convertitori di frequenza possono causare danni ai cuscinetti. Come misure preventive si consiglia di utilizzare cuscinetti isolati o filtri sinusoidali. Informazioni più dettagliate su questo argomento sono riportate nella scheda tematica n. 31 «Correnti dei cuscinetti».

Riduzione della tensione

I fornitori di centraline elettroniche di controllo motore più semplici a volte cercano di attribuire l'enorme potenziale di risparmio alla regolazione della velocità dei loro dispositivi. Anche se una riduzione di tensione (che questi dispositivi di solito consentono) in alcuni casi permette di risparmiare energia - riducendo la magnetizzazione quando è necessario un valore di coppia inferiore, tuttavia la velocità elettrica non si riduce, il che esclude l'effetto mostrato nella figura 6. Un'applicazione classica per la regolazione della tensione è un motore sovradimensionato, che quindi funziona sempre a carico parziale. Riducendo la tensione, è possibile avere un funzionamento efficiente con una magnetizzazione ridotta. Tuttavia, prima di acquistare un dispositivo, un'analisi approfondita dovrebbe mostrare se non sarebbe più economico sostituire il motore con uno correttamente dimensionato, più economico e con una maggiore efficienza. Siccome oltre il 90% dei costi durante il ciclo di vita di un motore è dovuto all'elettricità, di solito è più sensato investire in un motore più efficiente che ricorrere ad un espediente per ottimizzare un vecchio motore. Esistono anche applicazioni utili per i regolatori di tensione, in particolare come l'assistenza all'avviamento del motore che altrimenti funzionerebbe a velocità costante. Con un avviamento più dolce, si limita l'usura delle componenti della macchina.

Inserimento sequenziale delle pompe

In molte applicazioni, diverse pompe operano in parallelo nello stesso circuito. Le pompe negli impianti con una curva caratteristica piatta (alta quota statica, ad es. per l'approvvigionamento idrico, impianti per il trattamento delle acque reflue) operano spesso tra i serbatoi di stoccaggio inferiori e superiori, rendendo superflua una regolazione precisa della mandata.

Tuttavia, le pompe funzionanti in parallelo richiedono sempre un inserimento sequenziale. Nel caso più semplice, vale a dire con una pompa di riserva per la ridondanza, si usa un interruttore manuale o un relè di commutazione. Quando ci sono due o più pompe con funzionamento in parallelo, è necessaria una sequenza di inserimento differenziata e un controllo della stessa. Le pompe devono operare insieme in base alle esigenze e nel modo più efficiente possibile. I criteri possono essere:

- Deviazioni della portata o della quantità trasportata entro intervalli definiti
- Sicurezza di funzionamento (circuito equivalente automatico in caso di disattivazione della pompa)
- Efficienza energetica
- Distribuzione uniforme o diversamente definita del tempo di funzionamento su più pompe
- Spostamento temporale dei processi di pompaggio (ad es. sul periodo di bassa tariffa)
- Numero di avviamenti consentiti per unità di tempo per ogni pompa
- Interazioni con i convertitori di frequenza
- Colpi di ariete massimi consentiti (specialmente nella fase di avviamento)

Procedura per l'ottimizzazione della logica di controllo o di regolazione

1. Definizione di una serie di criteri di massima priorità:

- Portata volumetrica o quantità trasportata (nel tempo) e scostamenti ammessi dai valori nominali
- Sicurezza di funzionamento (ridondanza necessaria? Per quali prestazioni?)

2. Definizione di una serie di criteri di ottimizzazione:

- Efficienza energetica (livello di rendimento delle pompe e dei motori, ridurre al minimo le perdite complessive)
- Costi di esercizio (energia, tariffe e tempi, sollecitazioni, usura, ecc.)
- Qualità o regolarità del flusso
- Grado di automazione e flessibilità del sistema di controllo e della regolazione; quali interventi manuali sono possibili?

3. Creare strategie di controllo o di regolazione e confrontare le varianti.

Impiego di più pompe

Per il dimensionamento dell'impianto è utile considerare l'impiego di più pompe in parallelo. In molti casi, questo è necessario per motivi di sicurezza operativa, quando per es. la sostituzione della pompa, in caso di guasto, deve essere immediata. Ma questo non dovrebbe andare a scapito dell'efficienza energetica. In alcuni tipi di impianti, infatti, l'uso di pompe in parallelo offre vantaggi energetici significativi:

- Migliore efficienza e controllo più preciso in caso di operazioni con portata volumetrica o prevalenza molto variabile.
- Risparmio sui convertitori di frequenza per la regolazione della quantità.

I componenti strutturali e quelli tecnici devono essere combinati in modo appropriato in base al tipo di impianto. I serbatoi di stoccaggio (in sistemi aperti) o serbatoi a membrana in pressione (aumento della pressione) consentono un funzionamento sequenziale o un funzionamento ad intervalli delle pompe. Oltre ad altri vantaggi, le misure strutturali comportano anche dei costi. Il controllo o la regolazione dell'intero sistema è già possibile con la pianificazione degli interventi strutturali e idraulici.

Variazioni di velocità

La variazione di velocità consente di impostare punti di funzionamento con portate volumetriche o con prevalenze inferiori. Un azionamento con variazione di velocità, se impiegato correttamente, presenta i seguenti vantaggi:

- Risparmio energetico
- La regolazione della velocità consente condizioni di funzionamento costanti.
- Avviamento più morbido, che a sua volta riduce l'usura termica e meccanica.
- Carichi massimi inferiori
- Deflessione dell'asse ridotta
- Costi di manutenzione ridotti

Impiego di pompe collegate in serie o in parallelo:

- Con l'impiego di pompe funzionanti in parallelo e a prevalenza costante, la portata volumetrica può essere raddoppiata. Da notare che le perdite di carico aumentano con il quadrato della portata volumetrica.
- Non ha senso dotare tutte le pompe di dispositivi per la variazione della velocità quando funzionano in parallelo. È sufficiente una delle due pompe tramite un convertitore di frequenza.
- Finché una pompa soddisfa da sola le esigenze di trasporto, si dovrebbe evitare il funzionamento in parallelo, a meno che non siano richieste elevate portate massime con un preavviso breve (ad es. per i vigili del fuoco).

L'impiego di pompe a velocità variabile è ottimale negli impianti con portate volumetriche molto variabili e con bassa quota statica (vedi curva caratteristica del sistema figura 9). La velocità variabile non è adatta per sistemi con una quota statica elevata (figura 10). Le pompe a velocità variabile sono particolarmente utili nei sistemi con:

- Variazioni del carico ampie e frequenti
- Potenza nominale elevata
- Tempo di funzionamento di oltre 2000 ore all'anno.

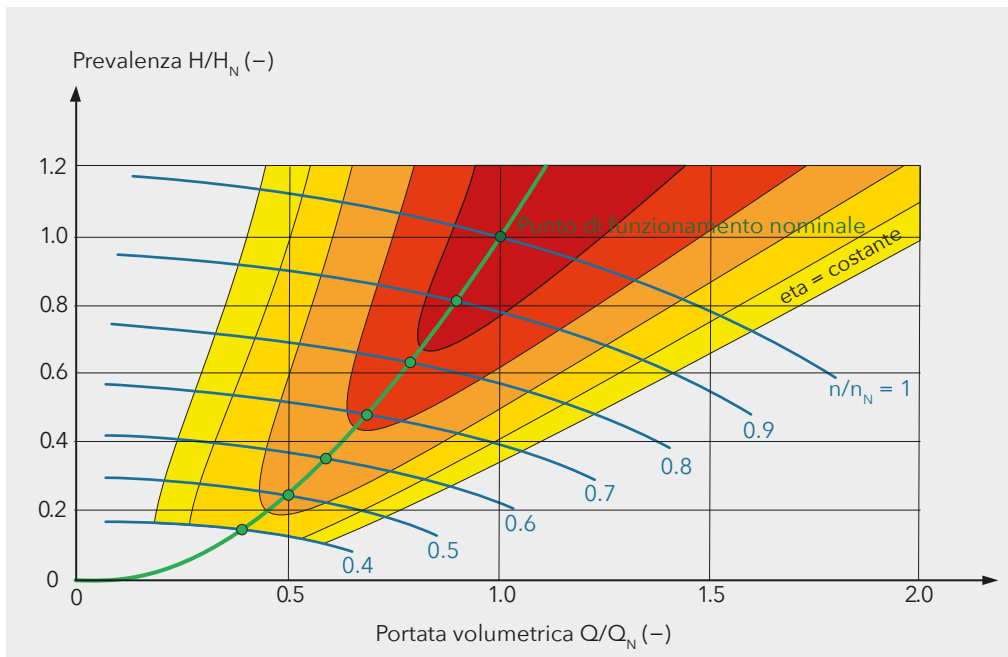


Figura 8: La velocità variabile consente di ottenere un ampio campo operativo per le curve caratteristiche del sistema senza H_{stat} .

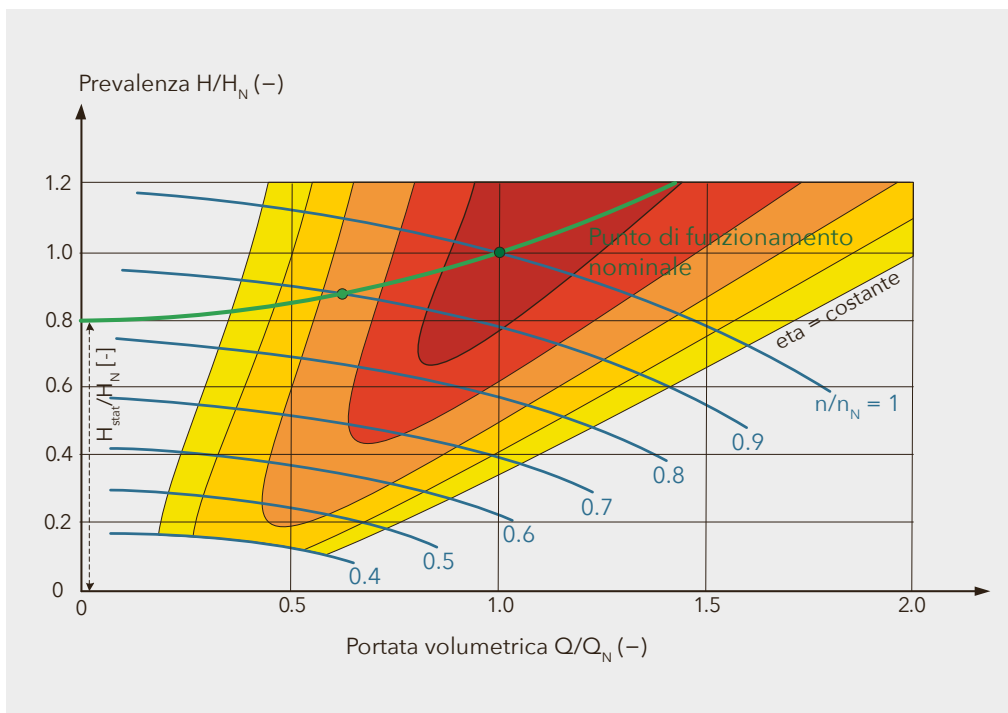


Figura 9: La velocità variabile con la curva caratteristica di sistema piatta (prevalentemente H_{stat}) non ha alcun senso. In questi casi, l'installazione di un sistema di controllo della velocità spesso non è conveniente.

Vecchi impianti: Valutazione e ottimizzazione

Le cinque carenze più comuni:

- Motori sovradimensionati e pompe che operano in un inadeguato punto di funzionamento.
- Regolazione con strozzamento invece di regolazione con un convertitore di frequenza
- Funzionamento inutile senza intervalli di spegnimento
- Mandate e prevalenza inutilmente grandi
- Motori e pompe vecchie ed inefficienti

Valutazione dei sistemi di pompaggio esistenti

Pompe

- Con la valutazione degli impianti di pompaggio, è possibile individuare le unità inefficienti e stimare il potenziale di risparmio energetico.
- La valutazione di un impianto di pompaggio si basa sui dati di funzionamento, sulla curva caratteristica della pompa, sulla portata volumetrica, sulla pressione del sistema, sulla velocità, sul numero di stadi e sulle proprietà del fluido trasportato.
- Per aumentare l'efficienza, vengono disattivate le pompe non necessarie, vengono sostituite le pompe sovradimensionate ed eventualmente vengono applicati convertitori di frequenza per regolare la velocità.
- I cicli di carico della pompa durante il processo danno indicazioni sul potenziale di risparmio energetico in ogni punto di funzionamento. Con un azionamento a velocità variabile è possibile impostare in modo ottimale l'energia richiesta per ogni punto di funzionamento (valido solo in caso di percentuale di perdita elevata nella curva caratteristica del sistema).

Perdite del sistema

- La regolazione del punto di funzionamento tramite uno strozzamento o un bypass consente di adattare le caratteristiche del sistema alla pompa, ma questo riduce l'efficienza energetica.
- Quando si utilizzano valvole per la regolazione dello strozzamento (da evitare perché altamente inefficiente) è bene assicurarsi che sia stato selezionato un tipo di valvola con perdite di pressione minime quando sono aperte.
- L'aumento delle perdite di pressione dovute alla corrosione e ai depositi di calcare accrescono notevolmente il consumo energetico.
- Le perdite di pressione e di attrito dipendono dal diametro e dalla lunghezza delle tubature, dalla loro conformazione superficiale, dalla portata volumetrica e dalla viscosità del liquido.

- Il potenziale di risparmio energetico può essere calcolato anche con l'ausilio di strumenti software, come «MEASUR» (per ulteriori dettagli vedere le fonti).

Manutenzione del sistema

Si distingue tra manutenzione preventiva e manutenzione predittiva:

- **La manutenzione preventiva comprende** l'allineamento dei giunti, la lubrificazione, la manutenzione e la sostituzione degli anelli di tenuta oltre all'ispezione del motore della pompa.
- **La manutenzione predittiva riduce** al minimo i guasti imprevisti del sistema. Essa comprende l'analisi delle vibrazioni, l'analisi dello sviluppo del motore, l'analisi dell'olio lubrificante e i test periodici del livello di efficienza.

Lista di controllo per la manutenzione generale

- Controllo di eventuali perdite
- Controllo delle guarnizioni meccaniche
- Controllo dei cuscinetti
- Controllo dei danni causati dalle bolle di vapore (Cavitazione)
- Allineamento di motori e pompe
- Condizione dei motori

Determinare l'efficienza energetica della pompa utilizzata

I test aiutano a identificare i sistemi inefficienti e a determinare il potenziale di risparmio. A tale scopo vengono utilizzati strumenti di misurazione installati nel sistema o dispositivi mobili. Grazie ai dati di misurazione possono essere valutate le misure per l'ottimizzazione dell'efficienza della pompa:

- Pulizia del sistema
- Revisione della pompa, sostituzione delle boccole, delle guarnizioni, dei giranti danneggiati, ecc.
- Sostituzione della pompa o ammodernamento con convertitore di frequenza.

Misurazioni sulle pompe

- Valutazione dei dati sulle targhette d'identificazione delle pompe e dei motori (dati del produttore)
- Determinazione della potenza assorbita: misurazioni elettriche
- Determinazione della potenza erogata: misurazioni della portata volumetrica e della differenza di pressione

Maggiori informazioni

Parametri e unità di misura

Denominazione	Simboli.	Unità di misura	Precisazioni
Pressione di vapore del fluido	p_v	Pa	
Densità	ρ	kg/m ³	Rho
Coppia	M	Nm	
Pressione (assoluta)	p	Pa	
Pressione all'uscita dell'impianto (del sistema idraulico)	p_a	Pa	
Pressione in entrata dell'impianto (del sistema idraulico)	p_e	Pa	
Accelerazione gravitazionale	g	m/s ²	
Prevalenza	H_f	m	
Velocità	v	m/s	
Index _d	d		Raccordo di mandata della pompa
Index _s	s		Raccordo di aspirazione della pompa
Potenza	P	W	Idraulico, meccanico o elettrico
Flusso di massa	\dot{m}	kg/s	
Net Positive Suction Head	NPSH	Pa	Prevalenza di aspirazione netta positiva per la cavitazione
Velocità specifica	n_q	-	
Lavoro specifico del raccordo	$Y = g \cdot H_f$	m ² /s ²	
Entità della perdita	H_v	m	
Volume	V	m ³	
Portata volumetrica	Q	m ³ /s	
Velocità angolare	ω	s ⁻¹	Omega
Livello di rendimento	η	-	Eta

Norme, leggi e fonti

Requisiti legali in Svizzera

Ordinanza sull'efficienza energetica (RS 730.02 OEEne del 1° novembre 2017, a partire dal 1° luglio 2021)

■ Allegato 2.7: Requisiti per l'efficienza energetica, per l'immissione sul mercato e la consegna di motori e convertitori di frequenza

■ Allegato 2.8: Requisiti per l'efficienza energetica e per l'immissione sul mercato e la consegna di pompe di circolazione senza premistoppa

■ Allegato 2.9: Requisiti per l'efficienza energetica e per l'immissione sul mercato e la consegna delle pompe per acqua

Norme in Svizzera

■ SIA 2056:2019: Elettricità negli edifici - Requisiti energetici e di potenza

■ SIA 384/1:2009: Sistemi di riscaldamento negli edifici - Fondamenti e requisiti. Questa norma è attualmente in fase di revisione: il periodo di discussione per il prSIA 384/1 è terminato il 20 marzo 2021.

Requisiti legali in Europa (UE)

Direttiva Ecodesign, Regolamenti

■ N. 1781 (2019): motori elettrici da 0.12 kW a 1 000 kW, convertitori di frequenza progettati per funzionare con motori da 0.12 kW a 1000 kW e circolatori senza premistoppa.

■ N. 641 (2009): Pompe di circolazione senza premistoppa da 1 W fino a 2500 W, modifiche dal regolamento (UE) 2019/1781

■ N. 547 (2012): Pompe per acqua

Norme internazionali

■ ISO 2858:1975: Pompe centrifughe ad aspirazione assiale (portata 16 bar) - Designazione, punto di funzionamento nominale e dimensioni. Rivisto e confermato nel 2017

■ IEC 60034-30-1 (2014) Macchine elettriche rotanti - Parte 30-1: Classi di efficienza dei motori AC in linea (codice IE)

■ IEC 61800-9-2 (2017) Sistemi di azionamento elettrico a velocità regolabile - Parte 9-2: Ecodesign per sistemi di azionamento di potenza, avviatori, elettronica di potenza e loro applicazioni - Indicatori di efficienza energetica per sistemi di azionamento e avviatori.

Fonti

- Energy Efficiency and Renewable Energy, U.S. Department of Energy, Energy tips: Motors and pumping systems, Tip sheets Nr. 1-12, Industrial Technologies Program, Washington DC, 2006-2008
- The Manufacturing Energy Assessment Software for Utility Reduction (MEASURE» Software Tool), U.S. Dipartimento dell'energia, Ufficio per l'efficienza energetica e l'energia rinnovabile, www.energy.gov/eere/amo/measur (In fase di sviluppo, include l'ex strumento di valutazione dei sistemi di pompaggio PSAT)
- Jürg Nipkow: Consumo elettrico delle pompe in Svizzera, documento di lavoro S.A.F.E./Topmotors, 2011
- Easy: programma di promozione per unità efficienti, valutazione di 1 500 motori in 5 aziende, Zurigo 2012 (inedito)
- Conrad U. Brunner, Jürg Nipkow, Rolf Tieben, Rita Werle: Azionamenti elettrici ad alta efficienza energetica; nel: Bollettino electro suisse/VSE, n. 8/2012

Altri documenti

SwissEnergy, Ufficio federale dell'energia UFE, suisse-tec e Associazione Minergie: www.bundespublikationen.admin.ch → Garanzia per domo tecnica, gennaio 2019, p. 11 e seguenti, Ausili per il dimensionamento delle pompe di circolazione.

Nota editoriale

La scheda tematica sulle pompe è stata redatta dalla S.A.F.E. nell'ambito del programma d'implementazione dei sistemi di azionamento Topmotors. È stato elaborato da Conrad U. Brunner, S.A.F.E., Jürg Nipkow, S.A.F.E., Peter Gyger, Biral, Prof. Thomas Staubli, HSLU. Redatto nel 2012 e parzialmente aggiornato nel marzo 2021 (Norme, Leggi e Fonti).

Redazione e realizzazione grafica: Faktor Journalisten AG. La scheda tematica è disponibile all'indirizzo www.topmotors.ch in lingua tedesca, francese e italiana.

Topmotors è supportata da EnergieSchweiz.