

## AUMENTO DELLA TEMPERATURA DEL LIQUIDO POMPATO NELLE POMPE CENTRIFUGHE

## NOTAZIONE:

$c$	calore specifico del fluido pompato (per l'acqua 4.186)	[ kJ / kgK ]
$H$	prevalenza	[ m ]
$Q$	portata	[ m <sup>3</sup> /h ]
$P_a$	potenza meccanica assorbita dalla pompa (depurata dalle perdite dovute al motore)	[ kW ]
$P_m$	potenza persa negli organi meccanici	[ kW ]
$P_i$	potenza persa nel fluido dovuta agli attriti	[ kW ]
$P_u$	potenza utile al pompaggio	[ kW ]
$T$	temperatura	[ K ]
$\eta$	rendimento globale	
$\eta_m$	rendimento meccanico	
$\rho$	massa volumica	[ kg/m <sup>3</sup> ]

L'incremento di temperatura  $\Delta T$  del fluido che attraversa la pompa centrifuga può essere visto come la somma di due contributi:  $\Delta T = \Delta T_i + \Delta T_c$ . Il termine  $\Delta T_i$  è l'incremento di temperatura dovuto all'energia che viene dissipata per attrito all'interno del fluido, mentre il termine  $\Delta T_c$  è l'incremento dovuto alla compressione del liquido. Quest'ultimo effetto per alcuni fluidi e/o per alcune condizioni fisiche può portare ad un aumento di temperatura che può essere confrontabile con quello dovuto alle perdite per attrito. Questo effetto è di maggior rilevanza in prossimità del BEP mentre a basse portate risulta trascurabile. Non è quindi sempre possibile trascurarlo. La valutazione di questo termine dipende però dalle caratteristiche del fluido (pressione, temperatura...) e può effettuarsi con l'ausilio di tabelle o diagrammi per il liquido considerato. Nell'ipotesi di essere in un caso tipico dove tale contributo possa essere trascurato l'incremento di temperatura del fluido è valutabile considerando il solo termine  $\Delta T_i$ .

In condizioni di funzionamento stazionarie non tutta la potenza meccanica assorbita dalla pompa viene utilizzata per il pompaggio del fluido: una parte di essa viene persa negli organi meccanici (es: cuscinetti, tenute) ed un'altra parte viene persa internamente al fluido. Quest'ultima è la quota parte responsabile dell'aumento della temperatura del fluido pompato. Tale contributo si ottiene sottraendo dalla potenza meccanica assorbita dalla pompa  $P_a$  la potenza utile al pompaggio del fluido  $P_u$  e la potenza persa negli organi meccanici  $P_m$ . Introducendo il rendimento meccanico  $\eta_m = (P_a - P_m)/P_a$  ed il rendimento della pompa  $\eta = P_u/P_a$  si può scrivere che  $P_i = P_a - P_m - P_u = P_a \cdot (\eta_m - \eta)$  od in alternativa che  $P_i = P_a - P_m - P_u = 3600g \cdot \rho \cdot Q \cdot H \cdot [(\eta_m/\eta) - 1]$ . L'incremento di temperatura può allora essere calcolato mediante una delle due relazioni seguenti, tra loro equivalenti:

$$\Delta T = \frac{P_i}{\rho \cdot Q \cdot c} = 0.01 \frac{H}{c} \left( \frac{\eta_m}{\eta} - 1 \right)$$

$$\Delta T = \frac{P_i}{\rho \cdot Q \cdot c} = 3600 \frac{P_a (\eta_m - \eta)}{\rho \cdot Q \cdot c}$$

NOTA: valori tipici per il rendimento meccanico sono 0.95 – 0.98. Per semplicità si può pensare di trascurare le perdite meccaniche (ponendo dunque il rendimento meccanico pari a uno) ottenendo una stima per eccesso dell'aumento di temperatura. Esprimere:  $H$  [ m ],  $P$  [ kW ],  $Q$  [ m<sup>3</sup>/h ],  $c$  [ kJ / kgK ],  $\rho$  [ kg / m<sup>3</sup> ],  $\eta$  come numero compreso tra 0 e 1 (es. 0.8, non in percentuale)

NOTA: L'aumento di temperatura è maggiore per basse portate, dove il rendimento della pompa è molto basso e di conseguenza è elevata la potenza persa a causa degli attriti. Allo shut-off il rendimento e la portata sono nulli, tutta la potenza assorbita (a meno di  $P_m$ ) viene dissipata nel fluido: le relazioni sopra esposte perdono di significato e l'incremento di temperatura diviene elevato.

ESEMPIO:

Una pompa operante con acqua (massa volumica 1000 kg/m<sup>3</sup> e calore specifico 4.186 kJ/kgK) a 2900 rpm al BEP con prevalenza di 90 m, portata 70 m<sup>3</sup>/h rendimento 0.6 (potenza assorbita 28.6 kW) avrà alla mandata un liquido con un aumento di temperatura pari a :

$$\Delta T = 0.01 \frac{90}{4.186} \left( \frac{0.97}{0.6} - 1 \right) = 0.13K = 0.13^{\circ}C$$

Ripetendo il calcolo con  $\eta_m = 1$  si ottiene un incremento di 0.14 °C.

La stessa pompa operante ad una portata di 10 m<sup>3</sup>/h , prevalenza pari a 100 m e rendimento 0.1 porterà ad un aumento di temperatura del fluido pari a :

$$\Delta T = 0.01 \frac{100}{4.186} \left( \frac{0.97}{0.1} - 1 \right) = 2.08K = 2.08^{\circ}C$$

Ripetendo il calcolo con  $\eta_m = 1$  si ottiene un incremento di 2.15 °C

NOTA: benché un incremento di temperatura di tale entità possa essere il più delle volte trascurato, occorre prestare attenzione nel caso in cui si operi per lungo tempo in un circuito chiuso. Ovviamente la valutazione della criticità dell'aumento di temperatura del fluido va fatta considerando i volumi in gioco.

DIAGRAMMA INDICATIVO DELL'ANDAMENTO DELL'AUMENTO DI TEMPERATURA

