**SOLUZIONE ESAME DI STATO TEMA NR.1 TECNICO DEI SISTEMI ENERGETICI ANNO 2015**



**PREFAZIONE AL TEMA**

Nella parte sottostante è rappresentato lo schema circuitale dell’ impianto idraulico, dove, vengono raffigurate: la pompa di sollevamento situatata ad una altezza ( ha )o ( hm ) riferita, dal centro di aspirazione, rispettivamente al pelo libero del serbatoio di aspirazione o di mandata, i due serbatoi di aspirazione e di mandata, alla pressione rispettivamente atmosferica e di 5 bar, posti ad un certo dislivello Hg rispetto i peli liquidi, poi, a propria discrezione, sono state aggiunte, per sufficiente completezza, delle saracinesche, un filtro in aspirazione o succhiarola, una valvola di non ritorno in mandata, e, in fine, collegato, con una tubatura, costituita da parti rettilinee e da curve, profilata secondo lo schema circuitale, i vari elementi dell’ impianto idraulico.



**Svolgimento :**

Come primo approccio, determiniamo la prevalenza manometrica, ricordando la seguente relazione :

Hm = Hg + ƩY + [ ( pe - pa ) / ϒ ] + [ ( c₂² - c₁² ) / 2 · g ] ;

Porremo c₂ = c₁ , essendo le due velocità nelle condotte costanti; della relazione precedente rimangono i seguenti termini letterali :

Hm = Hg + ƩY + [ ( pe - pa ) / ϒ ] ;

dove :

Hg = altezza geodetica ; nel nostro caso è la distanza tra il pelo libero del serbatoio di aspirazione e il pelo libero del serbatoio di mandata, ovverosia : 20 m ;

ƩY = perdite di carico totali ( distribuite + localizzate ) : 40 m ;

pa = pressione assoluta regnante nel serbatoio di aspirazione : 1,013 bar → 101325 N/m² ( Pa ) ;

pe = pressione assoluta regnante nel serbatoio di mandata : 5 bar → 500000 N/m² ( Pa ) ;

sostituendo tutti i termini letterali, nell' equazione precedente, con tutti i valori numerici noti, avremo :

Hm = 20 + 40 + [ ( 500000 - 101325 ) / 1000 · g ] = 100,6 m .

La potenza idraulica, oppure la potenza richiesta dalla pompa, risulta essere :

Pi = Hm · ϒ · Qv ;

dove Qv = 140 dm³/min → 2,3 · 10⁻³ m³/s .

Pi = 100,6 · 1000 · g · 0,00233 = 2299 w → 2,3 Kw .

La potenza idraulica risulta essere :

Pi = Peff · ηp .

Per il calcolo della potenza assorbita dalla pompa è necessario, non essendo specificato nel testo, conoscere il rendimento totale o semplicemente della pompa ηp , il cui valore è compreso tra 0,45 e 0,85; considerando il valore del rendimento ηp = 0,75 e ricordando che il rendimento totale è dato dal prodotto dei singoli rendimenti ηp = ηi · ηv · ηm , avremo una potenza effettiva assorbita di :

Peff = Pi / ηp ;

Peff = 2,3 / 0,75 = 3,1 Kw .

Infine, la potenza richiesta dal motore elettrico alla rete risulta :

Pass = Peff / ηm ;

Pass = 3,1 / 0,9 = 3,4 Kw .

Prefissiamo, come dato importante, la velocità dell’ acqua nella tubazione, che è consigliato non sia maggiore di 2 – 2,5 m/s , assumeremo il valore di 2 m/s sia nella tubazione di mandata e di aspirazione e, con questo dato, calcoleremo :

l’ area della sezione di aspirazione e di mandata :

As = Qv / c .

As = 2,3 · 10⁻³ / 2 = 1,165 · 10⁻³ m² .

Infine, il diametro interno della condotta di aspirazione e di mandata risulta essere :





Successivamente, determineremo le perdite di carico distribuite per metro di lunghezza con la formula di Darcy :

y = β · Q² / d⁵ ;

dove :

β = 0,00164 + ( 0,000042 / d ) .

β = 0,00164 + ( 0,000042 / 0,0385 ) = 2,73 · 10⁻³ .

Con i dati noti, possiamo ricavare :

y = 2,73 · 10⁻³ · ( 0,00233² / 0,0385⁵ ) = 0,175 m/m .

Il termine ( ha ) esprime l’ altezza massima di aspirazione, dal punto di vista teorico l’ altezza equivale a 10,33 m, se, poi, teniamo conto delle perdite distribuite nel tratto di aspirazione ( ya ), che valuteremo con la formula di Darcy, il valore si assottiglia. Considereremo, a propria discrezione, una lunghezza della condotta di aspirazione La = 10 m; per cui :

ya = β · Q² / d⁵ · La .

ya = 0,175 · 10 = 1,75 m .

Determiniamo, anche, le perdite di carico localizzate del tratto di condotta in aspirazione, considerando i seguenti componenti dell’ impianto:

nr.2 curve a 90° con R = 1,5d ; coefficiente K = 0,29 ;

nr.1 valvola di fondo con succhiarola ; coefficiente K = 2,5 ;

nr.1 saracinesche ; coefficiente K = 0,26 .

ʎa = Ʃk · ( c² / 2 · g ) .

ʎa = [ ( 2 · 0,29 ) + ( 1 · 2,5 ) + ( 1 · 0,26 ) ] · [ 2² / ( 2 · g ) ] = 0,68 m .

Le perdite complessive nel tratto di aspirazione risultano :

ƩYa = ya + ʎa ;

ƩYa = 1,75 + 0,68 = 2,43 m .

In definitiva, l’ altezza teorica di aspirazione della pompa diventa :

ha teorica = 10,33 – Ʃya .

ha teorica = 10,33 – 2,43 = 7,9 m .

Ciononostante, nella condizione reale è da verificare la pompa sotto l’ aspetto del rischio cavitazione. Considerando l’ impianto di aspirazione situato sul livello del mare, che il liquido in questione è acqua alla temperatura di 25 °C , tenendo conto delle perdite di carico nel tratto di aspirazione , e considerando un' altezza ( ha ) pratica di aspirazione di 4 m, non certamente il valore ottimistico dell' altezza teorica di 7,9 m calcolato nel punto precedente, dobbiamo, assolutamente, soddisfare la seguente relazione :

NPSH ≤ ( Pa / ϒ ) – [ ha + ƩYa + ∆ha + ( c₁² / 2 · g ) + ( pv / ϒ ) + ∆za ] .

Ricordando che la grandezza caratteristica di ogni singola macchina nota come NPSH, detta altezza totale netta all’ aspirazione, rappresenta l’ energia, espressa in metri, posseduta dal liquido e misurata alla bocca di aspirazione in condizioni di inizio cavitazione. Il valore della grandezza NPSH è un’ altezza positiva, ricavabile da appositi grafici, il cui diagramma, in funzione della portata, viene redatto dal costruttore in base a misure sperimentali di laboratorio. Ricordando che :

Il rapporto ( Pa / ϒ ) rappresenta l’ altezza barometrica corrispondente alla pressione assoluta, che agisce sul pelo libero del liquido nel contenitore di aspirazione;

la grandezza ( ha ) , già nota in precedenza, rappresenta l’ altezza pratica di aspirazione;

la grandezza ƩYa rappresenta la sommatoria di tutte le perdite di carico, distribuite e localizzate, nella tubazione di aspirazione;

la grandezza ( ∆ha ) è un margine di prevalenza, una quota di sicurezza dell’ ordine di 0,5 m;

il rapporto ( c₁² / 2 · g ) rappresenta l’ altezza cinetica;

il rapporto ( pv / ϒ ) indica il rapporto tra l’ altezza corrispondente alla tensione del vapore del liquido alla temperatura di 25 °C ed il peso volumico; nel nostro caso la tensione di vapore pv alla temperatura di 25 °C corrisponde a circa 3108 N/mm² ;

la grandezza ( ∆za ) rappresenta la perdita in aspirazione in funzione della temperatura dell’ acqua; nel nostro caso ∆za = 0,3 m .

Per cui, sostituendo i termini noti o ricavati dai manuali, avremo :

NPSH ≤ ( 101325 / 9810 ) – [ 4 + 2,43 + 0,5 + ( 2² / 2 · g ) + ( 3108 / 9810 ) + 0,3 ] = 2,6 m .

Valore tipico e riscontrabile nelle curve caratteristiche dell' NPSH, in funzione della portata, delle moderne pompe in commercio. In base a quanto verificato, fisseremo l’ altezza massima di aspirazione ha = 4 m, considerato che la relazione, di cui sopra, risulta soddisfatta per l' NPSH ≤ 2,6 m ; quindi, affinché l’ altezza di aspirazione ( ha ) è minore o uguale a 4 metri, la pompa con NPSH ≤ 2,6 m potrà operare correttamente rispetto alle condizioni di rischio cavitazione.

**Autore: Guarda Luca, progettista meccanico presso SAVIO MACCHINE TESSILI SPA di Pordenone; ( indirizzo mail : l.guarda@libero.it ) .**