ESERCIZI PER COMPLETARE IL PERCORSO DI FORMAZIONE

RIPASSO GENERALE

Lo scopo di questo capitolo è di fare un ripasso generale dei capitoli già studiati.
Nozioni ed esercizi sono ripetuti al fine di abituare lo studente all'uso delle formule corrette.
È mia convinzione che una buona formazione di base consentirà di proseguire con sicurezza l'approfondimento dell'oleodinamica.

Il presente capitolo è suddiviso nelle seguenti parti:

Principi fondamentali dell'oleodinamica.

Nozioni di idrostatica

- La pressione idrostatica
- Principio di Pascal
- Pressione atmosferica, relativa, assoluta
- Depressione in aspirazione
- Unità di misura della pressione
- La leva idraulica o torchio idraulico

Nozioni di idrodinamica

- Conservazione dell'energia
- Principio della continuità, portata, velocità media
- Principio di Bernoulli
- Perdite di carico distribuite
- Perdite di carico localizzate

Fluidi idraulici

Esercizi di ripasso per:

- ✓ Pompe
- ✓ Cilindri
- ✓ Motori idraulici
- ✓ Valvole
- ✓ Accumulatori
- ✓ Scambiatori di calore

Per ottenere l'esattezza dei calcoli occorre utilizzare le corrette unità di misura delle grandezze impiegate in oleodinamica.

Grandezza	Formula	Simbolo	Unità di misura
Lunghezza	**1 metro: 1000**	**mm**	**millimetro**
Area o **Sezione** *circolare*	$\mathbf{A = r^2 \cdot \pi}$	**cm²**	**centimetro quadrato**
Cilindrata o **Volume**		**cm³**	**centimetro cubo**
Massa *Densità x Volume*	$\mathbf{m = \rho \cdot V}$	**kg**	**chilogrammo**
Accelerazione *Velocità: tempo*	$\mathbf{a = \frac{v}{t}}$	**m/s²**	**metri / secondo quadrato**
Accelerazione di gravità	**9,81**	**m/s²**	**metri / secondo quadrato**
Portata	$\mathbf{Q = 6 \cdot A \cdot v}$	**l/min.**	**litri / minuto**
Forza *Massa x accelerazione*	$\mathbf{F = m \cdot a}$	**N**	**newton**
Velocità *Spazio: tempo*	$\mathbf{v = \frac{S}{t}}$	**m/s**	**metri / secondo**
Densità *Massa: volume*	$\mathbf{\rho = \frac{m}{V}}$	**kg/m³**	**chilogrammo /metro cubo**
Lavoro o **Energia** *Forza x spazio*	**L = N · m**	**J**	**joule**
Momento Torcente o **Coppia** *Forza necessaria per ruotare fare un corpo*	**M = N · m**	**Nm**	**newton** per **metro**
Numero di Giri		**giri/min.**	**giri / minuto**
Potenza *Rapporto tra lavoro e tempo*	$\mathbf{P = \frac{J}{s} \cdot 1000}$	**kW**	**chilowatt**
Pressione *Rapporto tra forza e superficie*	$\mathbf{p = \frac{daN}{cm^2}}$	$\mathbf{daN/cm^2}$	**bar**
Temperatura		**° C**	**gradi centigradi**
Calore	**1kcal = 4187 J**	**kcal**	**chilocalorie**
Viscosità		**mm² / s**	**centiStokes**

Principi fondamentali dell'oleodinamica

Nozioni di idrostatica

La pressione idrostatica **p** esercitata da un fluido è direttamente proporzionale alla profondità **h** e alla densità del fluido $\boldsymbol{\rho}$ e non dalla superficie su cui agisce.

$$\mathbf{p = g \cdot \rho \cdot h}$$

p = pressione in Pascal
g = accelerazione di gravità (9,81 m/s²)
$\boldsymbol{\rho}$ = densità del fluido. Rapporto tra massa e volume. $\boldsymbol{\rho} = \frac{\mathbf{m\ (kg)}}{\mathbf{V\ (m^3)}}$
h = profondità del punto in cui si vuole calcolare la pressione idrostatica (metri)

Esempio: una pompa idraulica deve sollevare l'acqua di una condotta fino a un serbatoio posto su un grattacielo alto 130m.
Quale pressione è necessaria per effettuare questa operazione?
Soluzione:
per sollevare un liquido ad una altezza **h** è necessario applicare una pressione almeno uguale a quella idrostatica prodotta dalla colonna di liquido alta **h**, ossia
$\mathbf{p_{applicata} = g \cdot \rho \cdot h}$ quindi: $9{,}81 \cdot 1000 \cdot 130 = 1275300\ \text{Pa} : 100000 = \mathbf{12{,}7\ bar}$

Principio di Pascal

In un liquido incomprimibile, contenuto in un recipiente a tenuta stagna, la pressione si trasmette con uguale intensità in ogni parte del fluido e alle pareti del recipiente.
La **pressione** è definita come il rapporto tra la forza attiva **F** agente su una superficie **A**
È una grandezza fondamentale dell'oleodinamica.

$$\mathbf{p = \frac{F}{A}}$$

p = pressione statica (bar)
F = forza (daN = 10 N; $1\text{N} = 1\,\frac{\text{kg}\cdot\text{m}}{\text{s}^2}$)
A = area ($\mathbf{r^2} \cdot \boldsymbol{\pi}$ = cm²)

Esempio: calcolare la pressione se si esercita una forza di **2000 N** sul liquido contenuto in un cilindro di diametro **10 mm**?
Soluzione:
Forza 2000 N :10 = **200 daN; raggio** = Ø 10 mm : 2 = 5 mm :10 =**0,5 cm**

$$\mathbf{p} = \frac{F}{A} = \frac{200}{r^2 \cdot \pi} = \frac{200}{0{,}5^2 \cdot 3{,}14} = \boldsymbol{255\ bar}$$

Dalla: $\mathbf{p = \frac{F}{A}}$ si ricava

$\mathbf{F = p \cdot A} = 255 \cdot 0{,}785 = \mathbf{200\ daN}$ e

$$\mathbf{A = \frac{F}{p}} = \frac{200}{255} = \boldsymbol{0{,}785\ cm}$$

NB: il sistema S.I utilizza il **Pascal (N/m²)** per definire la pressione; ma essendo un'unità molto piccola la tecnica impiega il **MPa** (megapascal) oppure il **bar** = **100000 Pa.**
1 MPa = 10 bar
NB: i pneumatici delle auto sono gonfiate alla pressione di 240kPa (Chilopascal)= 2,4 bar

Esempio: un cilindro esercita una forza di 600 N su di una superficie di 12 cm².
A che pressione lavora?
Soluzione:
(p= F/A = 600 **N :**12 cm², ma 12cm² : 10000 corrispondono a 0,0012 **m²,**
quindi scriviamo 600 **:** 0,0012 = 500.000 **N/m² = 500 000 Pa :100000 = 5 bar.**
Utilizzando le unità di misura tecniche diventa:
F = 600 N = **60 daN** quindi **p** = F**:** A = 60 **:**12 = **5 bar**

Nel sistema di misura anglosassone, la pressione è misurata in **psi***, che è l'abbreviazione di* **p**ounds **s**quare **i**nch $\frac{\text{pounds (libbre−forza)}}{\text{square inche (pollice quadrato)}}$ ($\frac{\mathbf{lbf}}{\mathbf{in^2}}$ libbre su pollice quadrato)

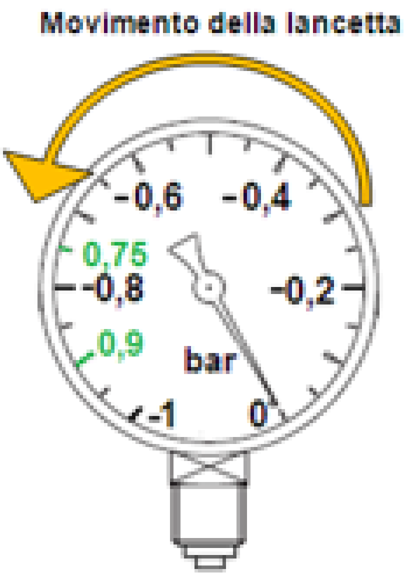
1 libbra = **0,4536 kgf** **1**pollice quadrato = $\mathbf{2,54^2}\boldsymbol{cm} = \mathbf{6,4516}\ \boldsymbol{cm}^2$

1 psi = $\frac{0{,}4536\ \text{kgf}}{6{,}4516\ \text{cm}^2} = 0{,}0703\,\frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \cdot 0{,}981 = 0{,}06895\ \text{bar} \cong \mathbf{0,07\ bar}$

Esempio: $3000\ psi \cdot 0{,}07 \cong 210\ bar$; $10000\ \text{psi} \cong 700\ \text{bar, in realtà sono 689 bar}$
1 bar = $\frac{1\ \text{psi}}{0{,}06895} = \mathbf{14,5\ psi}$

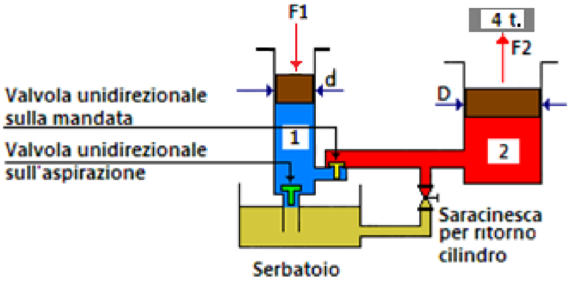
Pressione atmosferica, relativa, assoluta, depressione

La pressione può essere misurata a partire dal vuoto assoluto, che si pone uguale a zero; in questo caso la pressione misurata si chiama **pressione assoluta**.
Nella pratica, la pressione è quasi sempre misurata a partire dalla pressione atmosferica assunta convenzionalmente uguale a zero.
La pressione che si misura in questo caso si chiama **pressione relativa** e indica di quanto la pressione del fluido è superiore alla pressione atmosferica, vale a dire la pressione **relativa** non tiene conto della pressione atmosferica di 1,013 bar al livello del mare.



Pressione relativa negativa (**depressione**) significa semplicemente che la pressione assoluta è minore della pressione atmosferica.
Nella zona di aspirazione delle pompe il calcolo deve essere eseguito con le **pressioni assolute** perché il salto totale disponibile fra pressione atmosferica e zero assoluto della pressione è di 1,013 bar.
In generale la pressione assoluta d'aspirazione delle pompe è compresa tra 0,75 ÷ 0,9 bar assoluti.
Per il calcolo della depressione vedere esempio a pag.15 del capitolo perdite di carico.

La leva idraulica, **torchio idraulico**, pressa idraulica, sollevatore idraulico, impianto frenante



La pressione $\mathbf{p_1} = \frac{\mathbf{F_1}}{\mathbf{A_1}}$ e $\mathbf{p_2} = \frac{\mathbf{F_2}}{\mathbf{A_2}}$ **;** ma **$p_1 = p_2$;** quindi $\frac{\mathbf{F_1}}{\mathbf{A_1}} = \frac{\mathbf{F_2}}{\mathbf{A_2}}$ da cui si ricava:

$\mathbf{F_1} = \frac{\mathbf{F_2 \cdot A_1}}{\mathbf{A_2}}$ e $\mathbf{F_2} = \frac{\mathbf{F_1 \cdot A_2}}{\mathbf{A_1}} = \frac{A_2}{A_1} \cdot F_1 = R \cdot F_1$ e $\mathbf{A_2} = \frac{\mathbf{A_1 \cdot F_2}}{\mathbf{F_1}}$

Il rapporto di moltiplicazione del torchio idraulico $\mathbf{R} = \frac{\mathbf{A_2}}{\mathbf{A_1}} = \frac{\mathbf{D^2}}{\mathbf{d^2}}$

Alla moltiplicazione di forza secondo il rapporto **R** corrisponde una riduzione di corsa secondo il fattore $\frac{\mathbf{1}}{\mathbf{R}}$

Per l'uguaglianza dei volumi spostati dai pistoni 1 e 2

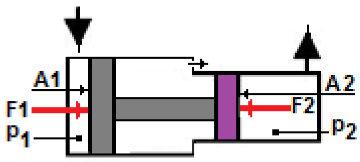
$h_1 \cdot A_1 = h_2 \cdot A_2$ si ricava $\frac{h_2}{h_1} = \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{R}$ quindi $h_2 = \frac{h_1 \cdot A_1}{A_2} = \frac{h_1}{R}$

Esempio: un carico di 4 tonnellate deve essere sollevato con un cric idraulico che ha le seguenti caratteristiche: A1 = 40 cm² e A2=1200 cm²,
Quale forza F1 è richiesta per sollevare il carico?
Soluzione:

$\mathbf{F_1} = \frac{\mathbf{F_2 \cdot A_1}}{\mathbf{A_2}}$ dove $\mathbf{F_2} = 4\ \text{t} \cdot 1000 = 4000\ \text{kg} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = \mathbf{40000\ N} = \mathbf{4000\ daN}.$ Quindi:

$$\mathbf{F_1} = \frac{4000(\text{daN}) \cdot 40\ (\text{cm}^2)}{1200\ (\text{cm}^2)} = 133\ \text{daN} = \mathbf{1330\ N}$$

Moltiplicatore di pressione



$\mathbf{F_1} = \mathbf{p_1} \cdot \boldsymbol{A_1}$ e $\mathbf{F_2} = \mathbf{p_2} \cdot \boldsymbol{A_2}$ poiché $\mathbf{F_1}$ e $\mathbf{F_2}$ risultano uguali, si può scrivere:

$\mathbf{p_1} \cdot \mathbf{A_1} = \mathbf{p_2} \cdot \mathbf{A_2}$ da cui: $\mathbf{p_2} = \frac{\mathbf{p_1 \cdot A_1}}{\mathbf{A_2}}$ e $\mathbf{A_2} = \frac{\mathbf{p_1 \cdot A_1}}{\mathbf{p_2}}$

Esempio:
A_1 = 200 cm²; A_2 = 5 cm²; p_1 = 5 bar

Soluzione:

$$\mathbf{p_2} = \frac{\mathbf{p_1 \cdot A_1}}{\mathbf{A_2}} = \frac{\mathbf{5 \cdot 200}}{\mathbf{5}} = \mathbf{200}\ \boldsymbol{bar}$$

Nozioni di idrodinamica

L'idrodinamica studia il moto dei fluidi nei canali e nelle condotte forzate. In oleodinamica ci occuperemo solo del passaggio del fluido nelle tubazioni, luci delle valvole, pompe, attuatori, ecc.

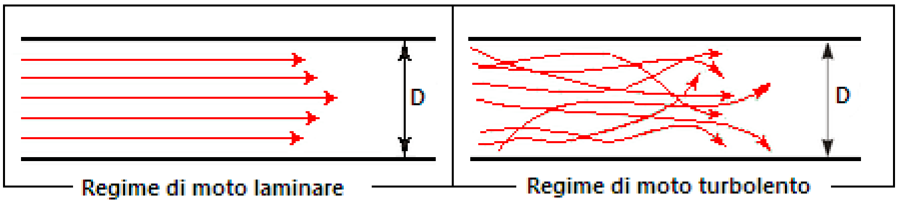
- Equazione di continuità
- Principio di conservazione dell'energia. Legge di Bernoulli
- Regimi di moto
- Attriti e perdite di carico

L'equazione di continuità afferma che in un condotto a sezione **variabile**, in cui scorre un fluido incomprimibile, a un certo volume di fluido in entrata corrisponde un eguale volume di fluido in uscita.
Significa che la portata $\mathbf{Q} = \mathbf{A} \cdot \mathbf{v} = \mathbf{costante}$ in ogni punto del fluido. Dove:
Q = portata in litri/min
A = sezione in cm^2
v = velocità media in m/s
La formula che definisce la portata $\mathbf{Q} = \mathbf{6} \cdot \mathbf{A} \cdot \mathbf{v}$

Di conseguenza ad ogni variazione di sezione corrisponde una variazione della velocità.

L'equazione di Bernoulli è la legge che definisce i principi dell'idrodinamica.
Essa è la formulazione matematica della legge di conservazione dell'energia ed è di fondamentale importanza in idraulica perché da essa si ricavano molte relazioni sul moto dei fluidi in condotte in pressione. In sostanza la legge dimostra che le relazioni tra **pressione-velocità - altezza** sono legati tra di loro e se tra due punti di una qualsiasi condotta abbiamo una diminuzione di uno di questi parametri, riscontreremo un aumento di qualche altro valore.
Si può dire che in una qualsiasi sezione di un sistema idraulico, *un aumento di velocità* (causato ad esempio da un restringimento di sezione) *si trasforma in una diminuzione di pressione, mentre un calo di pressione comporta un aumento della velocità*.
L'equazione di Bernoulli (la somma della pressione statica-idrostatica-dinamica = **costante**), è valida solo per i liquidi ideali, cioè incomprimibili e senza alcun attrito tra le particelle e contro le pareti, senza alcuna deformazione del condotto e senza aumenti di temperatura. Ovviamente in oleodinamica si utilizza un liquido reale che durante il suo moto in un circuito incontra curve, gomiti, restringimenti e genera sforzi sulle pareti dei condotti e per l'olio, che è un fluido particolarmente viscoso, si hanno sollecitazioni anche all'interno del fluido stesso.
Queste resistenze al moto determinano una diminuzione del carico piezometrico (pressione) e prendono il nome di perdite di carico e si misurano in Pascal o in bar.

Il moto di un fluido può essere laminare o turbolento. Nel moto laminare gli strati del liquido che scorre all'interno di una condotta, si dispongono parallelamente all'asse della tubazione e ogni strato mantiene la sua individualità senza mescolarsi.
Nel moto turbolento avvengono invece continui rimescolamenti dei filetti di fluido con la formazione di piccoli vortici.



Si deve agli esperimenti di Reynolds che ha stabilito un criterio quantitativo che distingue i due tipi di moto. L'equazione che calcola il numero di Reynolds è data dalla formula:

$$\mathbf{Re} = \frac{\mathbf{v_m \cdot D}}{\boldsymbol{\nu}}$$

Dove:
vm la velocità media del fluido nel tubo in $\mathbf{m/s}$ **, D** il diametro interno del tubo in metri,
$\boldsymbol{\nu}$ la viscosità cinematica in $\frac{m^2}{s}$.
Per un ripasso delle perdite di carico, suggerisco di rileggere il relativo capitolo.

Fluidi idraulici

In un circuito oleodinamico la scelta del fluido idraulico da utilizzare è molto importante perché può condizionare la resa e la durata dell'impianto.
Per una più approfondita conoscenza dei vari tipi di fluido, suggerisco la lettura di cataloghi specializzati che illustrano le varie caratteristiche dell'olio idraulico.
La classificazione generale dei fluidi destinati all'impiego oleodinamico sono:

- ✓ Fluido a base di olio minerale
- ✓ Fluido resistente alla fiamma
- ✓ Fluido ecologico
- ✓ Fluidi speciali

Circa il 90% dei circuiti impiega l'olio minerale con l'aggiunta di additivi che servono ad esaltarne le caratteristiche per un impiego specifico.

Il processo di raffinazione per ottenere olio minerale dal petrolio greggio viene definito "distillazione frazionata".

I parametri più importanti di un olio minerale sono:

- ❖ La viscosità che è intesa come la resistenza che oppone il fluido allo scorrimento.
  Si ha una viscosità alta quando il fluido è **molto** denso.
  Si ha un a viscosità bassa quando il fluido è **poco** denso.

I costruttori dei componenti danno le indicazioni di rendimento dei loro componenti ad una data viscosità e della quale bisogna tenere conto per la scelta del fluido da impiegare.
Il valore di viscosità che appare sui cataloghi è relativo alla viscosità cinematica e viene indicato con la lettera $\boldsymbol{\nu}$ **= m² / s.**

In oleodinamica si preferisce utilizzare il centistokes, dove $\boldsymbol{\nu}$ **= 1 cSt = 1 mm² /s.**
Indicativamente la viscosità cinematica degli oli idraulici utilizzati negli impianti, è compresa tra 15 ÷ 70 cSt a una temperatura di 50°C.
La ISO stabilisce la classe di viscosità con la denominazione **VG 10, VG 22, VG 32, VG 46, VG 68, VG 100**, dove i numeri esprimono la viscosità media $\boldsymbol{\nu}$ a 40° C.

- Densità o massa volumica è espressa dalla massa di 1 m^3 di olio alla temperatura di 20°C confrontata con eguale massa di acqua distillata espressa in kg/m^3.

  La densità ρ dell'acqua = 1000 kg/m^3; **Olio minerale ρ = 870 ÷ 900 kg/m^3**

Per altre caratteristiche quali comprimibilità, potere lubrificante, tensione di vapore, resistenza alla fiamma ecc., si rimanda a capitoli specializzati del settore.

VALUTAZIONE POMPE

Esercizio 1

Una pompa a ingranaggi ha un ϕ esterno ingranaggio = 80 mm e un ϕ interno = 50 mm e una profondità del dente di 28 mm.

Portata attuale = 0,002 m^3/s

Giri della pompa = 1500RPM

Trovare il rendimento volumetrico ηv.

SOLUZIONE:

Dalla formula

$$c(\text{cilindrata}) = \frac{\pi}{4} \cdot (De^2 - Di^2) \cdot b \quad \text{introduco i valori in cm.}$$

$$c = 0{,}785 \cdot (8^2 - 5^2) \cdot 2{,}8 = 0{,}785 \cdot (64 - 25) \cdot 2{,}8 = 85{,}7 \ cm^3/giro$$

$$Q_{teor} = 85{,}7 \cdot 1500 = 128\,550 \ cm^3 : 1000 = 128{,}5 \ l/min.$$

$$\eta v = \frac{Q\,reale}{Q\,teorico} = \frac{0{,}002 \cdot 1000 \cdot 60}{128{,}5} = \frac{120}{128{,}5} = 0{,}93 \cdot 100 = 93\%$$

Calcolare la cilindrata di una pompa che eroga 58 l/min. a 1500 giri e con $\boldsymbol{\eta_v} = \mathbf{96}\%$

Dati tecnici:

Q $_{reale}$ = 58 l/min; RPM= 1500; $\boldsymbol{\eta_v} = \mathbf{96}\%$

SOLUZIONE:

Dalla formula $\boldsymbol{\eta_v} = \frac{Q_{reale}}{Q_{teorico}}$,ricavo $\mathbf{Q_{teorico}} = \frac{Q_{reale}}{\eta_v} = \frac{58}{0{,}96} = \mathbf{60,4\ l/min}$

La cilindrata $\mathbf{c} = \frac{60{,}4}{1500} = 0{,}04027\ dm^3 \cdot 1000 = \mathbf{40,27\ cm^3}$

Una pompa ha un rendimento totale $\boldsymbol{\eta_g} = \mathbf{88}\%$ e un rendimento volumetrico $\boldsymbol{\eta_v} = \mathbf{92}\%$ Calcolare il rendimento meccanico $\boldsymbol{\eta_m}$

SOLUZIONE: Dalla formula $\boldsymbol{\eta_g} = \boldsymbol{\eta_v} \cdot \boldsymbol{\eta_m}$ trovo :

$$\boldsymbol{\eta_m} = \frac{\eta_g}{\eta_v} = \frac{88}{92} = 0{,}956 \cdot 100 = \mathbf{95{,}6\%}$$

Esercizio 2 POMPA A PALETTE

Calcolare l'eccentricità e in mm.

cilindrata $c = 5\ cm^3$

ϕ Rotore $d_r = 2\ cm$

ϕ Carcassa $d_c = 3\ cm$

Dalla formula pompa a palette NON bilanciata

$$c = 2 \cdot e \cdot \pi \cdot b \cdot \frac{d_r + d_c}{2}$$

Ricavo:

$$e = \frac{\cancel{2} \cdot c}{\pi \cdot (d_r + d_c) \cdot \cancel{2}}$$ la quota b non interessa

Sostituendo i valori

$$e = \frac{5}{3{,}14 \cdot (3+2)} = \frac{5}{15{,}7} = 0{,}319\ cm \cdot 10 = 3{,}19\ mm$$ (eccentricità)

Esercizio 3 POMPA A PISTONI ASSIALI

Trovare la portata REALE in l/min di una pompa a pistoni assiali con le seguenti caratteristiche:

Numero pistoni $N = 9$

Interasse pistoni $\phi = 130$ mm; Raggio = 6,5 cm.

ϕ pistone $d = 15$ mm ; 1,5 cm

Inclinazione blocco $\beta = 10°$ tang. $10° = 0{,}176$

Giri pompa RPM = 1500

Rendimento volumetrico $\eta v = 94\%$

Soluzione:

cilindrata $c = \dfrac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot R \cdot \text{tang.}\beta \cdot N$ introducendo i valori in cm

$$c = \frac{3{,}14 \cdot 1{,}5^2}{2} \cdot 6{,}5 \cdot 0{,}176 \cdot 9 = 36{,}3 \text{ cm}^3/\text{giro}$$

$$Q_{teo} = c \cdot RPM = 36{,}3 \cdot 1500 = 54517 \text{ cm}^3/\text{min} : 1000 = 54{,}5 \text{ l/min.}$$

$$Q_{reale} = 54{,}5 \cdot 0{,}94 = 51 \text{ l/min.}$$

Esercizio 4

Trovare la portata teorica di una pompa a pistoni assiali - cilindrata fissa con le caratteristiche:

Numero di pistoni	$N =$	9
Giri pompa	$RPM =$	1500
ϕ pistone	$d =$	15 mm
corsa pistone	$s =$	20 mm

$d = 15\ mm = 0{,}15\ dm$; $s = 0{,}2\ dm$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{0{,}15^2 \cdot 3{,}14}{4} = 0{,}0176\ dm^2$$

Volume $V = A \cdot s = 0{,}0176 \cdot 0{,}2 = 0{,}00352\ dm^3$

cilindrata $C = V \cdot N = 0{,}00352 \cdot 9 = 0{,}0317\ dm^3$

Q teorica $Q_{teo} = C \cdot RPM = 0{,}0317 \cdot 1500 = 47{,}5\ l/min$

oppure

$$Q_{teo} = V \cdot N \cdot RPM$$

$Q_{teo} = 0{,}00352 \cdot 9 \cdot 1500 = 47{,}5\ l/min.$

ESERCIZIO 5 POMPA A PISTONI ASSIALI

Calcolare l'angolo di inclinazione di una pompa a pistoni assiali con le seguenti caratteristiche

Q reale $= 0{,}001\ m^3/s$

RPM $= 1000$

Nr. pistoni $N = 9$

ϕ pistone $d = 25$ mm. $= 0{,}25$ dm

Interasse pistoni $D = 130$ mm, $R = 0{,}65$ dm

Rendimento $\eta v = 90\%$

Soluzione:

$$\eta v = \frac{Q\,\text{reale}}{Q\,\text{teo}}$$ dove Q reale $= 0{,}001 \cdot 1000 \cdot 60 = 60$ l/min

$$Q\text{teo} = \frac{60}{0{,}9} = 66{,}6 \text{ l/min.}$$

Qteo $=$ c $\cdot$ RPM dove $c = \frac{\pi \cdot d^2}{2} \cdot R \cdot \tan\beta \cdot N$ quindi

$$\tan\beta = \frac{2 \cdot Q\text{teo}}{\pi \cdot d^2 \cdot R \cdot N \cdot RPM} = \frac{2 \cdot 66{,}6}{3{,}14 \cdot 0{,}25^2 \cdot 0{,}65 \cdot 9 \cdot 1000}$$

$$\tan\beta = \frac{133{,}2}{1148} = 0{,}116 = 6{,}6^\circ$$

Esercizio 6

cilindrata pompa $c = 100\ cm^3$

Portata $Q_{reale} = 0{,}0015\ m^3/s \cdot 60 \cdot 1000 = 90\ \ell/min$

RPM $= 1000$

pressione $P = 70 bar$

Coppia $M = 120\ N/m$

Trovare il rendimento totale η_t

$$Q_{teo} = \underset{(cm^3)}{100} \cdot \underset{(RPM)}{1000} = 100\,000\ cm^3/min : 1000 = 100\ \ell/min$$

$$\eta_v = \frac{Q_{reale}}{Q_{teo}} = \frac{90}{100} = 0{,}9 \cdot 100 = 90\%$$

Potenza pompa $N_p = \frac{Q_{teo} \cdot P}{600} = \frac{100 \cdot 70}{600} = 11{,}66\ kW$

Potenza idraulica $N_{idr} = \frac{2 \cdot \pi \cdot M \cdot RPM}{} = \frac{6{,}28 \cdot 120 \cdot 1000}{1000 \cdot 60} = 12{,}56$

$$\eta_m = \frac{N_p}{N_{idr}} = \frac{11{,}66}{12{,}56} = 0{,}93 \cdot 100 = 93\%$$

$$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_m = 0{,}9 \cdot 0{,}93 = 0{,}837$$

OPPURE : con unità S.I

$$\eta_m = \frac{p \cdot Q_t}{M \cdot W}$$; $p = 70 bar \cdot 100000 = 7\,000\,000$ Pascal

$$Q = \frac{100\ \ell/min}{1000 \cdot 60} = 0{,}00166\ m^3/s$$

$M = 120\ N/m$; $W = \frac{\pi \cdot RPM}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 1000}{30} = 104{,}66$

$$\eta_m = \frac{7\,000000 \cdot 0{,}00166}{120 \cdot 104{,}66} = \frac{11662}{12560} = 0{,}928 = 93\%$$

Esempio 7.

Trovare la cilindrata di una pompa con portata di 58 l/min a 1500 giri.
Rendimento volometrico $\eta_v = 96\%$

Soluzione:

$$\eta_v = \frac{Q_{reale}}{Q_{teorica}} \quad \text{da cui} \quad Q_{teo} = \frac{Q_{reale}}{\eta_v} = \frac{58}{0{,}96} = 60{,}4 \ l/min.$$

$$\text{cilindrata } c = \frac{Q_{teo}}{RPM} = \frac{60{,}4 \cdot 1000}{1500} = 40{,}26 \ cm^3$$

ESERCIZIO 8

Rendimento totale $\eta_g = 88\%$

Rendimento volumetrico $\eta_v = 92\%$

Trovare il rendimento meccanico η_m.

Soluzione:

Dalla formula $\eta_g = \eta_v \cdot \eta_m$ ricavo

$$\eta_m = \frac{\eta_g}{\eta_v} = \frac{88}{92} \cdot 100 = 95{,}6\%$$

Esercizio 9

Determinare il η_g di una pompa comandata da un motore primario di 10 HP, se la pompa eroga una portata Q di 40 l/min a 10 MPa

Soluzione:

la potenza idraulica $N = \frac{p \cdot Q}{600}$ sostituendo i valori

$$N = \frac{(10 \cdot 10) \cdot 40}{600} = \frac{100(bar) \cdot 40}{600} = 6{,}67 \text{ KW}$$

$$P = 10 \text{ HP} \cdot 746 = 7460 \text{ W} : 1000 = 7{,}46 \text{ KW}$$

$$\eta_g = \frac{N}{P} = \frac{6{,}67}{7{,}46} = 0{,}895 \cdot 100 = 89{,}5\%$$

Esercizio 10

Quale è la potenza idraulica di una pompa che lavora a una pressione di 200 bar con una portata di 0,001 m^3/s

Dimensionare il motore elettrico per il funzionamento della pompa con $\eta_g = 85\%$

Soluzione:

$$p = 200 \text{ bar}$$

$$Q = 0{,}001 \, m^3/s \cdot 1000 \cdot 60 = 60 \text{ l/min.}$$

$$N = \frac{P \cdot Q}{600} = \frac{200 \cdot 60}{600} = 20 \text{ KW}$$

La potenza del motore elettrico sarà:

$$P = \frac{\text{Potenza idraulica}}{\eta_g} = \frac{20}{0{,}85} = 23{,}5 \text{ KW}$$

Esercizio 11

Calcolare la coppia teorica necessaria per azionare una pompa con le seguenti caratteristiche:

- cilindrata $c = 100\ cm^3/giro$
- Portata reale $Q = 90\ l/min$
- numero giri $RPM = 1000$
- pressione di lavoro $p = 150\ bar$
- coppia motore elettrico $M = 270\ Nm$.

Calcolare il ηg = rendimento totale

Soluzione:

Portata teorica $Q_{teo} = c \cdot RPM = \frac{100 \cdot 1000}{1000} = 100\ l/min$

Rendimento volumetrico $\eta_v = \frac{Q_{reale}}{Q_{teo}} = \frac{90}{100} = 0,9 \cdot 100 = 90\%$

Il rendimento totale $\eta g = \frac{p \cdot Q_{reale}}{M \cdot \omega}$ dove

$\omega = \frac{\pi \cdot RPM}{30} = \frac{3,14 \cdot 1000}{30} = 104,66\ rad/s$

Utilizzando le unità SI

$p = 150\ bar \cdot 100\,000 = 15\,000\,000\ N/m^2$

$Q_{reale} = \frac{90}{1000 \cdot 60} = 0,0015\ m^3/s$

Introducendo i valori

$$\eta g = \frac{15\,000\,000 \cdot 0,0015}{270 \cdot 104,66} = \frac{22\,500}{28258} = 0,8 \cdot 100 = 80\%$$

Il rendimento meccanico

$\eta m = \frac{\eta g}{\eta v} = \frac{80}{90} = 0,89 \cdot 100 = 89\%$ Quindi:

$M_{teo} = M_{mot} \cdot \eta g = 270 \cdot 0,89 = 240,3\ Nm$

SEGUE Esercizio 11

Il rendimento meccanico η_m può essere calcolato nel seguente modo utilizzando le unità di misura S.I.

$$\eta_m = \frac{p \cdot Q_{teo}}{M \cdot \omega}$$ dove $p = 150\ \text{bar} \cdot 100\,000 = 15\,000\,000\ \text{Pa}$

$$Q_{teo} = \frac{100\ \text{l/min}}{1000 \cdot 60} = 0{,}00166\ \text{m}^3/\text{s}$$

$$M = 270\ \text{Nm}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot RPM}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 1000}{30} = 104{,}66\ \text{rad/s}$$

QUINDI

$$\eta_m = \frac{15\,000\,000 \cdot 0{,}00166}{270 \cdot 104{,}66} = 0{,}88 \cdot 100 = 88\%$$

Esercizio 12

ASPIRAZIONE / DEPRESSIONE

Calcolare il valore di pressione assoluta (pass) sulla bocca di aspirazione di una pompa con le seguenti caratteristiche:

- Portata 30 l/min.
- viscosità 40 cSt
- densità 900 Kg/m³
- altezza di aspirazione 0,9 m
- lunghezza tubo aspirazione 1 m
- Diametro interno tubo 25 mm
- pressione atmosferica nel serbatoio $p_a = 1{,}033$ bar

SOLUZIONE:

la pressione assoluta pass. è data da:

$p_{ass} = p_a - \Delta p_{TOT}$. Il valore del Δp_{TOT} è dato da:

Δp tubo + Δp idrost. Si procede al calcolo del

$$\Delta p_{tubo} = \frac{\rho \cdot \lambda \cdot V^2 \cdot L}{2 \cdot d \cdot 100} \quad \text{dove } V = \frac{Q}{6 \cdot A} = \frac{30}{6 \cdot \left(\frac{25^2 \cdot 3{,}14}{400}\right)}$$

$V = 1$ m/s (valore accettabile)

Procedo al calcolo del numero di Reynolds Re per stabilire il regime di flusso

$$Re = \frac{V \cdot d \cdot 1000}{\nu} = \frac{1 \cdot 25 \cdot 1000}{40} = 625 \text{ (flusso laminare)}$$

quindi

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{625} = 0{,}1 \quad \text{quindi}$$

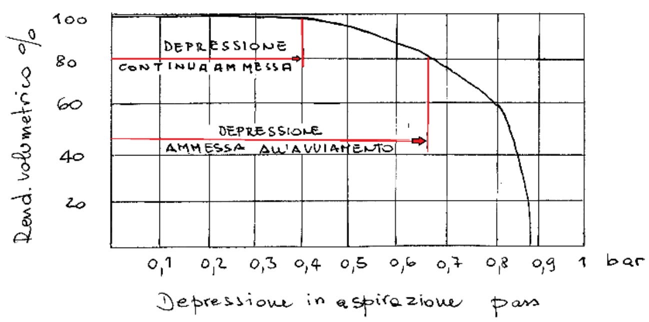
$$\Delta p_{tubo} = 900 \cdot 0{,}1 \cdot \frac{1^2 \cdot 1}{2 \cdot 25 \cdot 100} = \frac{90}{5000} = 0{,}02 \text{ bar}$$

$$\Delta p_{idros} = \frac{\rho \cdot g \cdot h}{100000} = \frac{900 \cdot 9{,}81 \cdot 1}{100\,000} = 0{,}09 \text{ bar}$$

Quindi $\Delta p_{TOT} = \Delta p_{tubo} + \Delta p_{idros} = 0{,}02 + 0{,}09 = 0{,}11$ bar

la pressione assoluta pass sulla bocca di aspirazione sarà:

$p_{ass} = p_a - \Delta p_{TOT} = 1{,}033 - 0{,}11 = 0{,}923$ bar



Valutazione cilindro idraulico

Esercizio 1

la pompa eroga una portata di 0,002 m^3/s ad un cilindro a doppio effetto $\phi i = 50$ mm e con ϕ stelo = 20 m
la forza del cilindro è di 6000 N in entrambi le direzioni. Calcolare:

- V1 velocità in uscita
- V2 " in rientro
- p1 pressione in uscita
- p2 " " rientro
- Pu Potenza in uscita
- Pr " in rientro

DATI TECNICI

$Q = 0{,}002 \cdot 1000 \cdot 60 = 120$ l/min.

$\phi i = 50$ mm ; $A_1 = 19{,}63$ cm^2

$\phi s = 20$ mm ; $A_s = 3{,}14$ cm^2

$A_2 = 16{,}49$ cm^2

$F = 6000$ N $\leftrightarrow$

SOLUZIONE:

$$V_1 = \frac{Q}{6 \cdot A_1} = \frac{120}{6 \cdot 19{,}63} = 1 \text{ m/s}$$

$$V_2 = \frac{Q}{6 \cdot A_2} = \frac{120}{6 \cdot 16{,}49} = 1{,}2 \text{ m/s}$$

$$p_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{600 \text{ (daN)}}{19{,}63} = 30{,}6 \text{ bar}$$

$$p_2 = \frac{F}{A_2} = \frac{600 \text{ (daN)}}{16{,}49} = 36{,}4 \text{ bar}$$

$$P_u = \frac{p_1 \cdot Q}{600} = \frac{30{,}6 \cdot 120}{600} = 6{,}12 \text{ kW}$$

$$P_r = \frac{p_2 \cdot Q}{600} = \frac{36{,}4 \cdot 120}{600} = 7{,}3 \text{ kW}$$

Esercizio 2

Un cilindro con $D = 80$ mm e $ds = 45$ mm sposta un carico di 7000 N ad una velocità di 15 m/min.
Il carico si muove su una superficie orizzontale con un coefficiente di attrito $\mu_r = 0,12$.
Il carico deve essere decelerato fino all' arresto per mezzo di un ammortizzatore lungo 20 mm.
Se la valvola di massima è tarata a 50 bar, calcolare la pressione che si sviluppa nell'ammortizzatore.

SOLUZIONE: Dati tecnici

$\phi i = 80 mm;\quad A_1 = 50,24\ cm^2$

$ds = 45 mm;\ As = 15,9\ cm^2$

$A_2 = 50,24 - 15,9 = 34,34\ cm^2$

$F = 7000 N;\quad pmax = 50\ bar;\quad \mu_r = 0,12$

$V = 15\ m/min : 60 = 0,25\ m/s;\quad s_{amm} = 20\ mm : 1000 = 0,02\ m.$

Dalla equazione del moto

$$a = \frac{V^2 - V_0^2}{2s} = \frac{0,25^2 \cdot 0^2}{2 \cdot 0,02} = 1,56\ m/s^2$$

Forza di decelerazione

$$F_{dec} = m \cdot a = \frac{7000}{9,81} \cdot 1,56 = 1113\ N$$

Forza sviluppata dal cilindro idraulico

$$Fcil = p \cdot A = 50 \cdot \left(\frac{80^2 \cdot 3,14}{400}\right) = 2512\ daN \cdot 10 = 25120\ N$$

$$\text{forza attrito} = F_{att} = 7000 \cdot 0,12 = 840 N$$

$$\text{forza ammortizzatore} = F_{cil} + F_{dec} - F_{att}.$$
$$= 25120 + 1113 - 840 = 25393 N = 2540\ d$$

$$p_{ammortizz.} = \frac{F_{amm}}{A_2} = \frac{2540}{34,34} = 74\ bar.$$

ESERCIZIO 3

Un cilindro idraulico deve spostare un carico con una forza di 25 KN.
Il cilindro deve accelerare fino a una velocità di 0,2 m/s in 0,5 s e si deve fermare entro una distanza di 0,02 m.
Assumere un coefficente di attrito radente $\mu_r = 0,2$.
Il diametro del cilindro è di 50 mm.
Calcolare la pressione massima raggiunta nel circuito.

SOLUZIONE: Dati tecnici

F = 25 KN (25000 N)

$V_0 = 0$ m/s ; $V_1 = 0,2$ m/s ; $\mu_r = 0,2$

$t = 0,5$ s ; $s = 0,02$ m

$D = 50$ mm e $A_1 = 19,6$ cm²

Dalla formula: $$a = \frac{V_1 - V_0}{t} = \frac{0,2 - 0}{0,5} = 0,4\ m/s^2$$

Forza richiesta per muovere il carico = Forza dinamica + Forza attrito

$$F_{tot} = (m \cdot a) + F_{att} = \left(\frac{25000}{9,81} \cdot 0,4\right) + (25000 \cdot 0,2)$$

$$F_{tot} = 1020 + 5000 = 6020\ N \cong 600\ daN$$

$$p = \frac{F_{tot}}{A_1} = \frac{600}{19,6} = 30\ bar$$

Dalla equazione che lega la velocità, accelerazione e distanza (spazio)

$$a = \frac{V^2 - V_0^2}{2s} = \frac{0^2 - 0,2^2}{2 \cdot 0,02} = \frac{-0,04}{0,04} = -1\ m/s^2$$

Il segno – indica una decelerazione

La forza totale necessaria per fermare il cilindro

$$F_{STOP} = (m \cdot a) + F_{att}$$

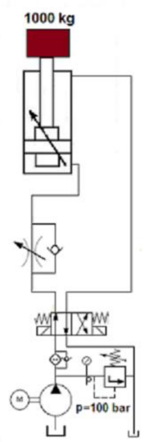
$$F_{STOP} = \left(\frac{25000}{9,81} \cdot 1\right) + 5000 = 7548\ N \cong 755\ daN$$

La contropressione che viene a crearsi

$$p_{cont} = \frac{F_{STOP}}{A_1} = \frac{755}{19,6} = 38,5\ bar$$

La $p_{max} = p + p_{cont} = 30 + 38,5 = 68,5$ bar

ESERCIZIO 4



Un cilindro con $D = 80$ mm e un'asta $d_s = 45$ mm, deve spostare un carico di 1000 Kg sia in salita che in discesa ad una velocità max di 3 m/s. Il carico deve rallentare fino alla fine corsa per mezzo degli ammortizzatori che hanno una lunghezza di 50 mm.

Se la valvola di max. è tarata a 100 bar, determinare la pressione media raggiunta negli ammortizzatori sia in discesa che in salita.

SOLUZIONE. Dati tecnici

$D = 80$ mm $A = 50{,}27$ cm^2; $d_s = 45$ mm $A_s = 15{,}91$ cm^2; $A_2 = 34{,}36$ cm^2

$m = 1000$ Kg; $V = 3$ m/s

$S_{amm} = 50$ mm $= 0{,}05$ m.; $P_{max} = 100$ bar

Dalla equazione $a = \frac{V^2 - V_0^2}{2S} = \frac{3^2 - 0^2}{2 \cdot 0{,}05} = 90$ m/s^2

Forza di decelerazione $F_{dec} = m \cdot a = 1000 \cdot 90 = 90000$ N (90 KN)

Forza per spostare il carico $F_{car} = m \cdot g = 1000 \cdot 9{,}81 = 9810$ N (9,8 KN)

IN FASE DI SALITA

Forza cilindro in spinta $F_{spinta} = p \cdot A = 100 \cdot 50{,}27 = 5027$ daN (50,27 KN)

Forza ammortizz $= F_{dec} + F_{spinta} - F_{car}$.

$90 + 50{,}27 - 9{,}8 = 130{,}5$ KN $= 13050$ daN

$$p_{ammort.\ in\ spinta} = \frac{F_{amm}}{A_2} = \frac{13050}{34{,}36} = 380 \text{ bar}$$

IN FASE DI RIENTRO

F cil. rientro $\quad F_{rientro} = p \cdot A_2 = 100 \cdot 34{,}36 = 3436$ daN (34,36 KN)

F ammortizz. $\quad F_{amm} = F_{dec} + F_{cil.rien} + F_{car}$

$90 + 34{,}36 + 9{,}8 = 134$ KN $= 13400$ daN

$$p_{amm} = \frac{F_{amm}}{A} = \frac{13400}{50{,}27} = 267 \text{ bar.}$$

ESERCIZIO 5

Una massa di 3000 Kg deve essere accelerata fino a una velocità di 1 m/s dalla posizione di riposo per una corsa di 200 mm.
Il coefficiente di attrito radente tra il carico e le guide di scorrimento è di 0,15.
Calcolare il diametro del cilindro, sapendo che la massima pressione di lavoro è di 100 bar.
Considerare che l'attrito delle guarnizioni del cilindro introducono una perdita di carico di 5 bar.

SOLUZIONE. DATI TECNICI

$m = 3000$ Kg ; corsa $C = 200$ mm $= 0{,}2$ m ; $p = 100$ bar

$\mu_r = 0{,}15$; $\Delta p = 5$ bar

Dalla equazione $a = \frac{V^2 - V_0^2}{2 \cdot s} = \frac{1^2 - 0^2}{2 \cdot 0{,}2} = \frac{1}{0{,}4} = 2{,}5\ m/s^2$

– Forza necessaria per accelerare il carico

$F_{acc} = m \cdot a = 3000 \cdot 2{,}5 = 7500$ N

– Forza per vincere l'attrito

$F_{att} = m \cdot g \cdot \mu_r = 3000 \cdot 9{,}81 \cdot 0{,}15 = 4415$ N

– Forza totale $F_{tot} = F_{acc} + F_{att}$.
$7500 + 4415 = 11915$ N

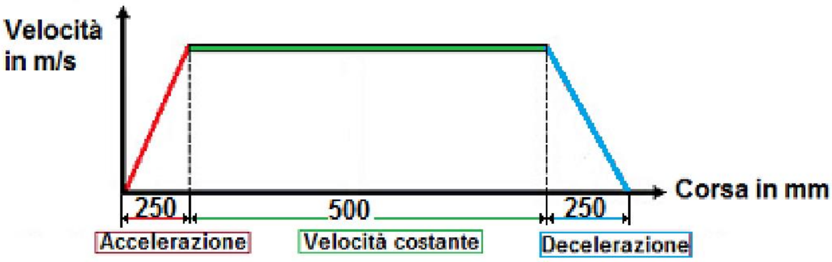
– Pressione reale $= p_{max} - \Delta p = 100 - 5 = 95$ bar

– Sezione cilindro $A = \frac{F\,(daN)}{p} = \frac{1190}{95} = 12{,}54\ cm^2$

$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi} = \frac{4 \cdot 12{,}54}{3{,}14} = 16} = 4\ cm = 40\ mm$

Si sceglie il ϕ 40 dalle misure standardizzate.

ESERCIZIO 6



Calcolare la portata necessaria per spostare un cilindro in un tempo desiderato.

- Dimensioni cilindro 50/28/1000
- corsa totale = 1000 mm
- corsa accelerazione = 250 mm in 2 s
- corsa decelerazione = 250 mm in 2 s
- tempo totale = 6 s

SOLUZIONE:

D = 50 mm ; $A_1 = 19{,}63\ cm^2$

la corsa durante la quale la velocità è costante =
1000 − 250 − 250 = 500 mm.

Durante questa corsa di 500 mm la velocità e di conseguenza la portata sono costanti.

Il tempo in cui la velocità rimane costante è:

$t_{cost} = 6 - 2 - 2 = 2\ s$

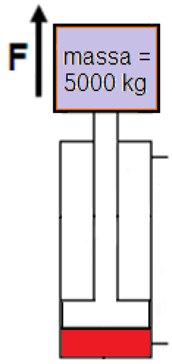
Il cilindro deve compiere una corsa di 500 mm in 2 s

$$V = \frac{c}{t_{cost}} = \frac{0{,}5\ m}{2} = 0{,}25\ m/s$$

la portata $Q = 6 \cdot A_1 \cdot V = 6 \cdot 19{,}63 \cdot 0{,}25 \cong 30\ l/min.$

ESERCIZIO 7

Calcolare la pressione reale causata dall'accelerazione di uno spostamento di un carico verticale.



Dati tecnici:

cilindro ϕ 63/36/200

carico m = 5000 kg

tempo = 0,5 s

Solitamente si usa la formula per un movimento a velocità costante

$$p = \frac{F}{A} = \frac{5000 \cdot 9{,}81}{\frac{63^2 \cdot 3{,}14}{400}} = \frac{49050\ N}{31{,}15} = \frac{4900\ daN}{31{,}15} = 158\ bar.$$

Nel nostro esempio dobbiamo tenere conto dell'accelerazione

Dalla formula del moto uniformemente accelerato

$$a = \frac{2 \cdot Corsa\ (m)}{t^2\ (s)} = \frac{2 \cdot 0{,}2}{0{,}5^2} = 1{,}6\ m/s^2$$

$$F_{acc} = 5000 \cdot a = 5000 \cdot 1{,}6 = 8000\ N = 800\ daN$$

$$F_{TOT} = F + F_{acc} = \frac{4900 + 800}{31{,}15} = \frac{5700\ daN}{31{,}15} = 183\ bar$$

Δ = 183 − 158 = 25 bar rispetto alla velocità costante

Esercizio 8

Un cilindro deve muovere un carico di 10 KN per una corsa di 200 mm in 0,6 secondi.
Quale è la potenza in uscita?

SOLUZIONE.

la velocità $V = \frac{S}{t} \left(\frac{m}{s}\right) = \frac{0,2}{0,6} = 0,33\ m/s$

la potenza è data dalla formula:

$P = F \cdot V = 10000 (N) \cdot 0,33 m/s = 3333\ W = 3,3\ kW$

Esercizio 9

Dimensionare un cilindro che si deve muovere in uscita alla velocità minima di 0,8 m/s con una portata di 60 l/min.

SOLUZIONE

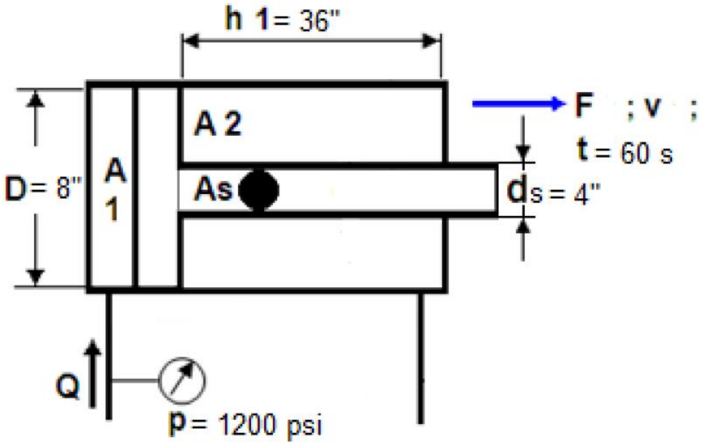
Dalla formula $Q = 6 \cdot A \cdot V$ si ricava

$$A = \frac{Q}{6 \cdot V} = \frac{60}{6 \cdot 0,8} = 12,5\ cm^2$$

$$D = \sqrt{\frac{400 \cdot A}{3,14} = \frac{400 \cdot 12,5}{3,14} = 1592} = 40\ mm$$

Esercizio n° 10

NB: impiego di unità di misura Americane



Per un cilindro con le caratteristiche come da disegno, calcolare:

- Portata richiesta in GPM
- Forza di spinta
- Tempo per realizzare un ciclo completo A/R

Soluzione. Dati tecnici

$D = 8''$; $A_1 = 8^2 \cdot 0{,}785 = 50{,}24\ in^2$

$d_s = 4''$; $A_S = 4^2 \cdot 0{,}785 = 12{,}56\ in^2$

$A_2 = 37{,}68\ in^2$

Troviamo la velocità $V = \dfrac{c\ (in)}{t\ (s)} = \dfrac{36}{60} = 0{,}6\ in/s$

Dalla formula

$$V = \frac{231 \cdot GPM}{60 \cdot A1}\ ;\ GPM = \frac{V \cdot 60 \cdot A_1}{231} = \frac{0{,}6 \cdot 60 \cdot 50{,}24}{231} = 7{,}83\ GPM$$

Forza di spinta

$$F = p \cdot A_1 = 1200\ (psi) \cdot 50{,}24\ (in^2) = 60288\ lb$$

Tempo per compiere un ciclo A/R

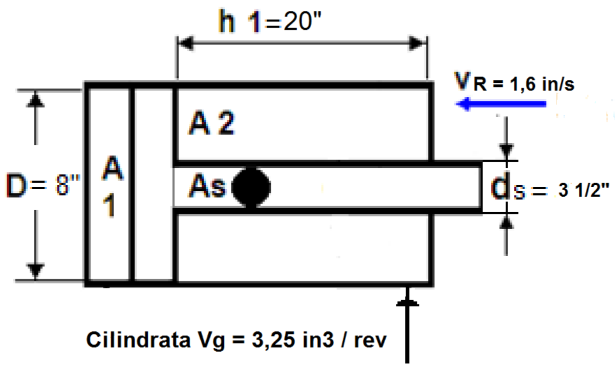
$t_c = t_A + t_R$ dove $t_a = 60\ s$

Per calcolare t_R dobbiamo conoscere la velocità di Rientro

$$V_R = \frac{231 \cdot Q}{60 \cdot A_2} = \frac{231 \cdot 7{,}83}{60 \cdot 37{,}68} = 0{,}8\ in/s$$

Esercizio 11

NB: impiego di unità di misura Americane



Per un cilindro con le caratteristiche come da disegno, calcolare:

- Velocità di rotazione del motore elettrico che trascina la pompa
- Durata totale di un ciclo completo A/R

SOLUZIONE. Dati tecnici

$D = 8"$; $A_1 = 50,24\ in^2$

$d_s = 3\,1/2"$; $A_s = 9,62\ in^2$

$A_2 = 40,62\ in^2$

Per trovare la velocità di rotazione del motore elettrico, occorre conoscere la portata della pompa in funzione della velocità del cilindro.

$$V_R = \frac{231 \cdot GPM}{60 \cdot A2} \; ; \; GPM = \frac{V_R \cdot 60 \cdot A_2}{231} = \frac{1,6 \cdot 60 \cdot 40,62}{231} = 16,9\ GPM$$

Dalla $GPM = \frac{Vg \cdot RPM}{231}$; $RPM = \frac{GPM \cdot 231}{Vg} = \frac{16,9 \cdot 231}{3,25} = 1200\ RPM$

Durata di un ciclo $t_c = t_u + t_R$ dove $t_R = \frac{h1}{V_R} = \frac{20}{1,6} = 12,5\ s$

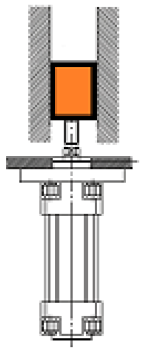
$$V_U = \frac{231 \cdot GPM}{60 \cdot A_1} = \frac{231 \cdot 16,9}{60 \cdot 50,24} = 1,3\ in/s$$

$t_U = \frac{h1}{V_U} = \frac{20}{1,3} = 15,4\ s$ quindi

$t_c = 12,5 + 15,4 = 28\ s$

Esercizio 12 – CARICO DI PUNTA

Un cilindro deve sollevare un carico ed è richiesta una forza di 200 KN con una corsa di 1700 mm.
Il cilindro è fissato rigidamente con una flangia frontale.
L'asta del cilindro è incernierata al carico che scorre completamente nelle guide.
La pressione di lavoro NON deve superare i 250 bar.



SOLUZIONE. DATI TECNICI:

$F = 200\ KN = 200000\ N$

corsa = 1700 mm = 1,7 m

pressione = 250 bar

– VERIFICARE SE L'ASTA DEL CILINDRO È SOTTOPOSTA AL CARICO DI PUNTA

Carico di rottura $\sigma r = \dfrac{F max}{A}$ dove $\sigma r = 800\ N/mm^2$

$c = 6$ coeff. sicurezza

$$\sigma amm = \frac{\sigma r}{c} = \frac{800}{6} = 133\ N/mm^2$$

quindi: $\sigma amm = \dfrac{F}{A}$ e $A = \dfrac{F}{\sigma amm} = \dfrac{200000\ N}{133\ N/mm^2} = 1503\ mm^2$

• Diametro stelo ammesso

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{\pi} = \frac{4 \cdot 1503}{3,14}} = 43\ mm \times 10 = 430\ mm$$

Poiché la corsa di 1700 mm è superiore al valore di 430 mm, l'asta è sottoposta al carico di punta.

la formula per calcolare il ϕ stelo è:

$$d^4 = \frac{F \cdot Cs \cdot lo^2 \cdot 64}{\pi^3 \cdot E}$$ dove:

F = 200000 N ; Cs = 3,5 (coeff. sicurezza)

lo = lunghezza libera di flessione in metri.

Dalle tabelle del costruttore si ottiene:

0,5 · 1,7 = 0,85 m

E = 2,1 · 10^{11} N/m2 (modulo di elasticità)

Introducendo i valori noti:

$$d^4 = \frac{200000 \cdot 3{,}5 \cdot 0{,}85^2 \cdot 64}{3{,}14^3 \cdot 2{,}1 \cdot 10^{11}} = \frac{2 \cdot 3{,}5 \cdot 0{,}7225 \cdot 64}{31 \cdot 2{,}1 \cdot 10^6}$$

$$d^4 = \frac{324}{65100000} = 0{,}000005$$

$$d = \sqrt[4]{0{,}000005} = 0{,}047 \text{ m} \cdot 1000 = 47 \text{ mm}$$

Dalle tabelle unificate si sceglie il ϕ STELO = 56 mm

che può essere installato con il cilindro D = 80 o D = 100 mm

Per la scelta del diametro D del pistone si utilizza la formula

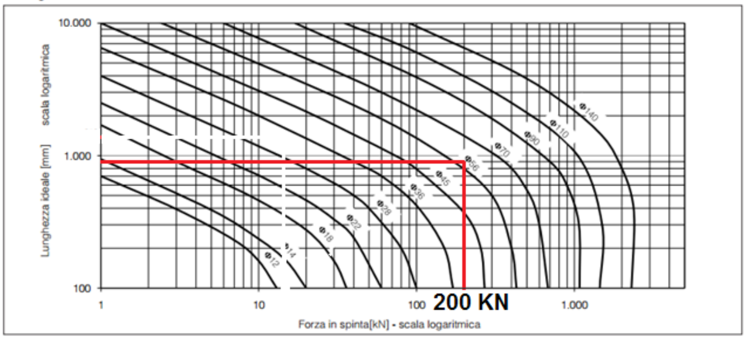
$$A = \frac{F}{P} = \frac{20000 \text{ daN}}{250} = 80 \text{ cm}^2$$ da cui

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A}{3{,}14}} = \frac{4 \cdot 80}{3{,}14} = 101 = 10 \text{ cm} \cdot 10 = 100 \text{ mm}$$

Il cilindro scelto sarà: 100/56/1700

Si potrà verificare il corretto dimensionamento con l'apposito diagramma fornito dal costruttore del cilindro.

5.2 Diagramma di selezione stelo



Esercizio 13 CILINDRO CON RAPPORTO $A1/A2 \cong 2$

Un cilindro 63/45 riceve una portata di 60 l/min e lavora a una pressione di 12 MPa.

Calcolare: a) la velocità in uscita e in rientro

b) la forza di spinta e quella in rientro.

Soluzione. Dati tecnici:

$D = 63$ mm ; $A1 = 31,2\ cm^2$

$ds = 45$ mm ; $As = 15,9\ cm^2$ quindi $\frac{A1}{A2} = \frac{31,2}{15,3} = 2,04$

$A2 = 15,3\ cm^2$

a) velocità in uscita

$$V_U = \frac{Q}{6 \cdot A1} = \frac{60}{6 \cdot 31,2} = 0,32 \text{ m/s}$$

oppure $$V_U = 21,23 \cdot \frac{Q}{D^2} = 21,23 \cdot \frac{60}{63^2} = 0,32 \text{ m/s}$$

velocità in rientro

$$V_R = \frac{Q}{6 \cdot A2} = \frac{63}{6 \cdot 15,3} = 0,65 \text{ m/s}$$

oppure

$$V_R = 21,23 \cdot \frac{Q}{D^2 - ds^2} = 21,23 \cdot \frac{60}{63^2 - 45^2} = 0,65 \text{ m/s}$$

b) Forza in spinta

$$F_{spinta} = p \cdot A_1 = (12 \cdot 10) \cdot 31,2 = 3744 \text{ daN} = 37,4 \text{ KN}$$

oppure

$$F_{spinta} = \frac{p \cdot D^2 \cdot 0,785}{10000} = \frac{120 \cdot 63^2 \cdot 0,785}{10000} = 37,4 \text{ KN}$$

$$F_{rientro} = \frac{p \cdot (D^2 - ds^2) \cdot 0,785}{10000} = \frac{120 \cdot (63^2 - 45^2) \cdot 0,785}{10000} = 18,36 \text{ KN}$$

Esercizio 14

Un cilindro idraulico $\phi 160/100$ si deve muovere a unavelocità di 6 m/min.

calcolare:

a) la portata necessaria per estendere il cilindro

b) la portata in scarico nella parte anulare del cilindro in fase di uscita.

c) la velocità in rientro in m/min. utilizzando la portata a

d) la portata in scarico in fase di rientro.

SOLUZIONE. Dati tecnici:

$D = 160$ mm ; $ds = 100$ mm ; $p = 150$ bar ; $V = 6$ m/min. quindi

$A_1 = 201 \text{ cm}^2$

$A_S = 78{,}5 \text{ cm}^2$

$A_2 = 122{,}5 \text{ cm}^2$

$V = 6 \text{ m/min} : 60 = 0{,}1 \text{ m/s}$

a) Portata necessaria per estendere il cilindro

$$Q = 6 \cdot A_1 \cdot V = 6 \cdot 201 \cdot 0{,}1 = 120{,}6 \text{ l/min}$$

b) Portata in scarico

$$Q_{scar} = 6 \cdot A_2 \cdot V = 6 \cdot 122{,}5 \cdot 0{,}1 = 73{,}5 \text{ l/min}$$

c) Velocità in rientro

$$V_R = \frac{Q}{6 \cdot A_2} = \frac{120{,}6}{6 . 122{,}5} = 0{,}16 \text{ m/s} \cdot 60 = 9{,}84 \text{ m/min}$$

d) Portata in scarico al rientro

$$Q_{rient} = 6 \cdot A_1 \cdot V_R = 6 \cdot 201 \cdot 0{,}16 \cong 193 \text{ l/min}$$

Esercizio 15

Una pompa eroga una portata di 0,002 m^3/s e alimenta un cilindro 50/36 che deve garantire una forza di 10 000 N in entrambi i sensi. Calcolare:

a) la pressione in fase di uscita
b) la velocità in fase di uscita
c) Potenza del cilindro in fase di uscita
d) la pressione in fase di rientro
e) la velocità in fase di rientro
f) la potenza del cilindro in fase di rientro

NB: utilizzare le unità di misura S.I

Dati tecnici:

$Q = 0{,}002\ m^3/s$; $F = 10\,000\ N$; $D = 0{,}05\ m$; $d_s = 0{,}036\ m$.

a) Pressione in uscita

$$P_1 = \frac{F}{A_1} = \frac{10\,000}{\frac{\pi \cdot D^2}{4}} = \frac{10\,000}{\frac{3{,}14 \cdot 0{,}05^2}{4}} = \frac{10\,000}{0{,}002} = 5\,000\,000\ Pa = 5\ MPa$$

b) Velocità pistone in uscita

$$V_U = \frac{Q}{A_1} = \frac{0{,}002}{0{,}002} = 1\ m/s$$

c) Potenza in spinta $P = F \cdot V_U = 10000 \cdot 1 = 10000\ W = 10\ Kw$

d) Pressione in rientro

$$P_2 = \frac{F}{A_2} = \frac{10000}{\frac{3{,}14 \cdot (D^2 - d_s^2)}{4}} = \frac{10000}{\frac{3{,}14 \cdot (0{,}05^2 - 0{,}036^2)}{4}}$$

$$p_2 = \frac{10000}{0{,}00094} = 10\,638\,297\ Pa = 10{,}6\ MPa$$

e) Velocità pistone in rientro

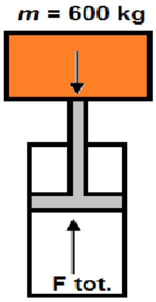
$$V_R = \frac{Q}{A_2} = \frac{0{,}002}{0{,}00094} = 2{,}12\ m/s$$

f) Potenza in rientro

$$P = F \cdot V_R = 10\,000 \cdot 2{,}12 = 21\,276\ W = 21{,}3\ kW$$

Esercizio 16

Un carico di 600 Kg deve essere sollevato verso l'alto in direzione verticale come mostrato nel disegno.



Calcolare la forza necessaria che deve sviluppare il cilindro per:

a) muovere il carico a una velocità costante di 1,75 m/s

b) accelerare il carico da 0 a 1,75 m/s in 0,5 s.

SOLUZIONE.

a) Forza dovuta dal carico

$$F_{car} = m \cdot a = 600\ kg \cdot 9{,}81 \cong 6000\ N$$

b) Forza per accelerare il carico $F_{acc} = m \cdot a_{acc.}$

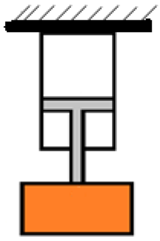
$$a_{acc} = \frac{V - V_0}{t} = \frac{1{,}75}{0{,}5} = 3{,}5\ m/s^2$$

$$F_{acc} = 600 \cdot 3{,}5 = 2100\ N$$

La forza totale è data dalla somma delle due forze

$$F_{TOT} = F_{car} + F_{acc} = 6000 + 2100 = 8100\ N$$

Esercizio 17



Un carico di 10000 N deve scendere per mezzo di un cilindro 80/45.
Il carico deve essere decelerato da una velocità di 100 m/min allo stop in 0,5 s.
Determinare la pressione in KPa che si crea nella testata anteriore (zona asta) in fase di decelerazione.

SOLUZIONE. Dati tecnici:

D = 80 mm ; $A_1 = 0{,}005\ m^2$; $d_s = 45$ mm ; $A_s = 0{,}0016$

$A_2 = 0{,}005 - 0{,}0016 = 0{,}0034\ m^2$

v = 100 m/min : 60 = 1,67 m/s

Dalla legge di Newton (secondo principio della dinamica)

$\Sigma F = m \cdot a$; la ΣF è data dalla somma delle due forze in gioco; la forza di accelerazione F_{acc} e la forza del carico $F_{car} = 10000$ N.

la massa $m = \dfrac{F}{9{,}81} = \dfrac{10000}{9{,}81} = 1020$ kg.

l'accelerazione $a = \dfrac{V}{t} = \dfrac{1{,}67}{0{,}5} = 3{,}34\ m/s^2$

$F_{acc} = 1020 \cdot 3{,}34 = 3407$ N

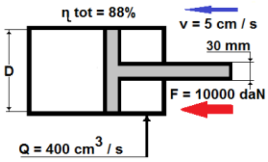
$F_{TOT} = $ ~~10~~ $F_{car} + F_{acc} = 10000 + 3407 = 13407$ N

$$p = \frac{F_{TOT}}{A_2} = \frac{13407}{0{,}0034} = 3943236\ Pa$$

3943236 Pa : 1000 = 3943 KPa

Esercizio 18

Con i dati tecnici del disegno, calcolare la pressione di esercizio nel cilindro, sapendo che si deve muovere a una velocità di 5 cm/s con una portata $Q = 400\ cm^3/s$.
Determinare il diametro D del cilindro.



SOLUZIONE. Dati tecnici:

$F = 10000\ daN$; $\eta_{TOT} = 88\%$

$V_R = 5\ cm/s = 0{,}05\ m/s$

$Q = 400\ cm^3/s \cdot \dfrac{60}{1000} = 24\ dm^3/min$

$d_s = 30\ mm$; $A_s = 7\ cm^2$

Dalla formula $Q = 6 \cdot A_1 \cdot v$ ricaviamo

$$A_1 = \frac{Q}{6 \cdot V_R} = \frac{24}{6 \cdot 0{,}05} = 80\ cm^2 \quad \text{quindi}$$

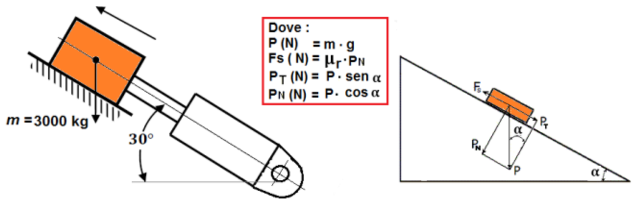
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_1}{\pi} = \frac{4 \cdot 80}{3{,}14} = 102} = 10{,}2\ cm \cdot 10 = 102\ mm$$

La sezione A_2 risulta $A_2 = A_1 - A_s = 80 - 7 = 73\ cm^2$

La pressione è data da $p = \dfrac{F}{A_2 \cdot \eta_{TOT}} = \dfrac{10000 (daN)}{73 \cdot 0{,}88} = 145\ bar$

Esercizio 19

Una massa di 3000 kg deve essere spinta verso l'alto lungo una superficie inclinata di 30° a una velocità costante. (vedere disegno)



Il coeff. di attrito tra la massa e la superficie inclinata è $\mu_R = 0,15$.

a) Dimensionare il diametro del pistone, sapendo che la pressione è di 70 bar.

b) Dimensionare il diametro del pistone nel caso in cui la massa è accelerata da 0 a 1,5 m/s in 0,5 s.

SOLUZIONE. Dati tecnici

a) $m = 3000$ kg ; $\alpha = 30°$; $\mu_R = 0,15$; $p = 70$ bar

$V_{max} = 1,5$ m/s ; $t = 0,5$ s

Esprimiamo la forza peso $P = m \cdot g = 3000 \cdot 9,81 \cong 30000$ N

la forza di attrito $P_N = \mu_R \cdot P \cos 30° = 0,15 \cdot 30000 \cdot 0,866$

$P_N = 3900$ N

la componente tangenziale $P_T = P \cdot \text{sen}\, 30° = 30000 \cdot 05 = 15000$ N

la forza totale $F_{TOT} = P_N + P_T = 3900 + 15000 = 18900$ N

quindi $A = \frac{F_{TOT}}{p} = \frac{1890 \text{ (daN)}}{70 \text{ (bar)}} = 27 \text{ cm}^2$ $D = 58$ mm.

b) Per accelerare il cilindro da 0 a 1,5 m/s in 0,5 s

$a = \frac{V_{max}}{t} = \frac{1,5}{0,5} = 3 \text{ m/s}^2$ per cui $F_{acc} = m \cdot a = 3000 \cdot 3 = 9000$ N

$A = \frac{F_{TOT} + F_{acc}}{p} = \frac{18900 + 9000}{70} = \frac{2790 \text{ (daN)}}{70 \text{ (bar)}} = 39,8 \text{ cm}^2$

$D = 71$ mm

Esercizio 20 CIRCUITO RIGENERATIVO/DIFFERENZIALE.

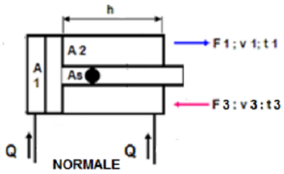
Un cilindro 80/56/1000 è collegato con alimentazione normale e differenziale.

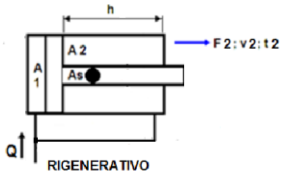
La portata della pompa è di 50 l/min

La pressione del circuito è di 100 bar.

Il rendimento del cilindro $\eta = 0,98$.

Calcolare le forze sviluppate, velocità e tempi sia con collegamento NORMALE sia con collegamento DIFFERENZIALE.





SOLUZIONE.

$D = 80$ mm ; $A_1 = 50,24\ cm^2$

$d_s = 56$ mm ; $A_s = 24,61\ cm^2$

$A_2 = 25,63\ cm^2$

FORZE:

$F_1 = p \cdot A_1 \cdot \eta = 100 \cdot 50,24 \cdot 0,98 = 4923$ daN

$F_2 = p \cdot A_s \cdot \eta = 100 \cdot 24,61 \cdot 0,98 = 2412$ daN

$F_3 = p \cdot A_2 \cdot \eta = 100 \cdot 25,63 \cdot 0,98 = 2512$ daN

VELOCITÀ:

$v_1 = Q/6 \cdot A_1 = 50/6 \cdot 50,24 = 0,166$ m/s

$v_2 = Q/6 \cdot A_s = 50/6 \cdot 24,61 = 0,339$ m/s

$v_3 = Q/6 \cdot A_2 = 50/6 \cdot 25,63 = 0,325$ m/s

TEMPO

$t_1 = h/v_1 \cdot 1000 = 1000/0,166 \cdot 1000 = 6$ s

$t_2 = h/v_2 \cdot 1000 = 1000/0,339 \cdot 1000 = 2,94$ s

$t_3 = h/v_3 \cdot 1000 = 1000/0,325 \cdot 1000 = 3,07$ s

Esercizio 21 REGOLAZIONE VELOCITÀ USCITA DI UN CILINDRO

un cilindro ϕ 80/50 deve spostare un carico di 1000 daN e la velocità in uscita deve essere controllata nel primo caso tramite una valvola di regolazione del flusso e nel secondo caso la velocità è controllata per mezzo di una valvola di bilanciamento.

La valvola di max. è tarata a 200 bar

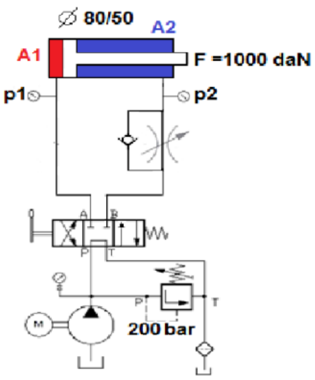
Determinare:

a) la pressione p1 e p2 in andata e in rientro.

b) Questo primo caso non è soddisfacente ed elencare il motivo.

c) Prevedere nel secondo caso l'impiego di una valvola di bilanciamento per il controllo della velocità del cilindro.

1° CASO



In fase di spinta nella testata lato stelo si sviluppa una contro pressione p2 che è determinata dalla strozzatura della valvola di regolazione del flusso che farà intervenire la valvola di massima tarata a 200 bar.

La somma delle forze nel cilindro deve essere uguale a 0
Quindi:

$F + p_1 \cdot A_1 - p_2 \cdot A_2 = 0$ inserendo i dati noti, diventa:

$1000\,(daN) + (200 \cdot 50{,}24) - p_2 \cdot 30{,}64 = 0$

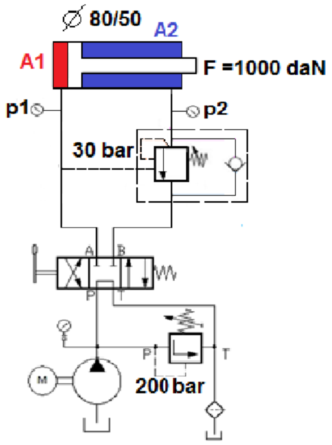
$$p_2 = \frac{1000 + 10048}{30{,}64} = 360 \text{ bar}$$

Il cilindro dovrà sopportare una pressione di 360 bar che implica dei costi di costruzione molto onerosi.

La pressione di rientro è determinata dal solo carico di 1000 daN poiché la contropressione = 0

$$P_{2\,rientro} = \frac{F_{carico}}{A_2} = \frac{1000}{30{,}64} = 33 \text{ bar}$$

2° CASO



In fase di spinta è necessaria una pressione $p_1 = 30$ bar per pilotare la valvola di bilanciamento.

$$F + p_1 \cdot A_1 - p_2 \cdot A_2 = 0$$

$$1000 + (30 \cdot 50{,}24) - p_2 \cdot 30{,}64 = 0$$

$$p_2 = \frac{1000 + 1507}{30{,}64} = 82 \text{ bar}$$

In questo caso avremo una contropressione p_2 di 82 bar molto più bassa rispetto a quella del 1° caso.

Sono evidenti il risparmio di energia e dei componenti da utilizzare.

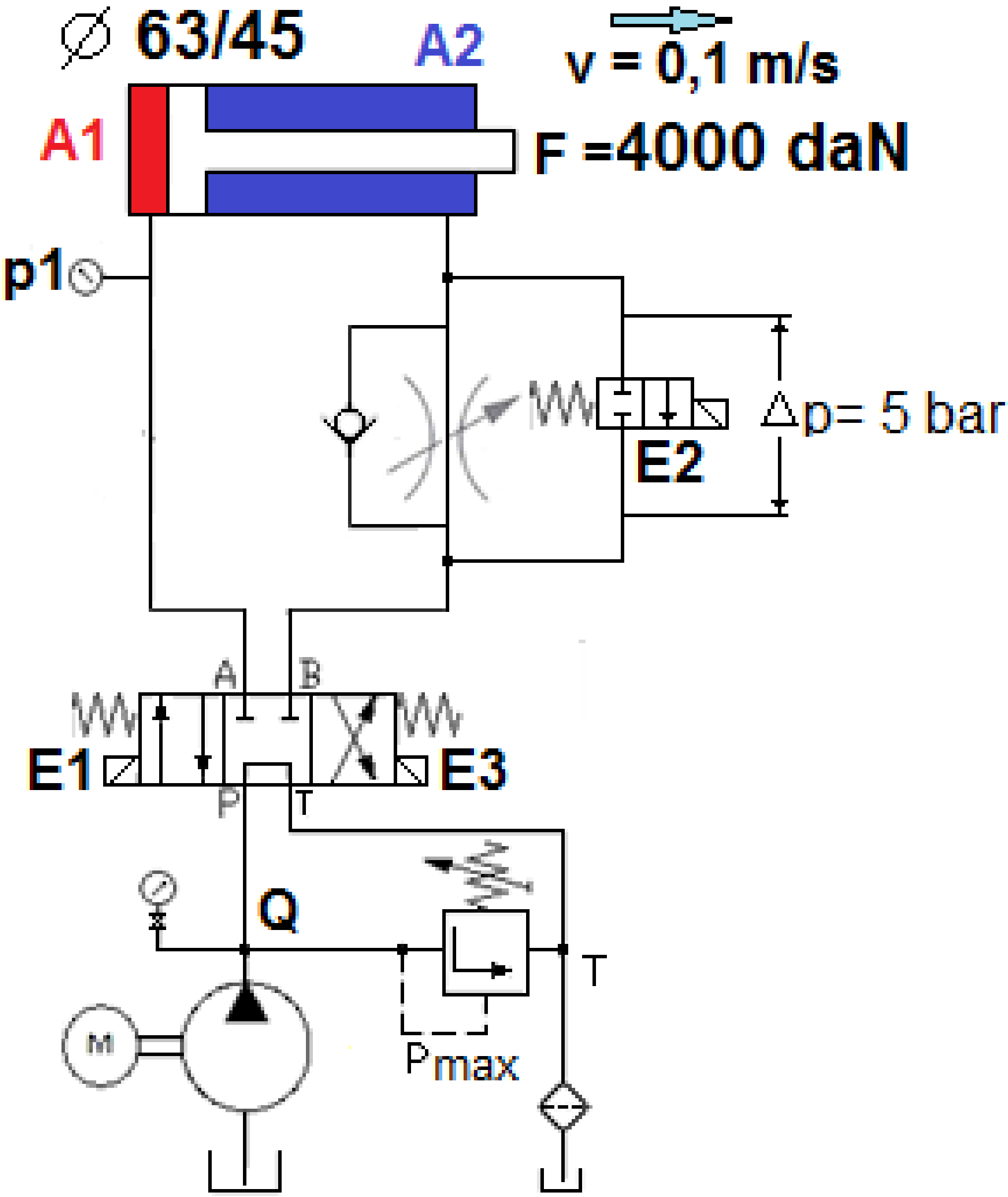
Esercizio 22

Si vuole realizzare il seguente ciclo per un cilindro a doppio effetto ϕ 63 / 45.

- uscita rapida dello stelo alla velocità di 0,1 m/s
  prevedere l'utilizzo di elettrovalvole. (4/3 e 2/2)
- avanzamento controllato alla velocità di 0,01 m/s
- ritorno rapido del cilindro.

1) Disegnare lo schema di funzionamento con simbologia ISO 1219-1
2) Calcolare la portata Q della pompa necessaria per realizzare l'avanzamento rapido.
   Calcolare la velocità di rientro dello stelo
3) Determinare la pressione di taratura della valvola di massima supponendo una forza resistente in spinta F = 4000 daN.
   Altri dati tecnici:
   η_t cilindro = 0,9 ; ρ = 0,9 Kg/dm^3 ; ν = 33 cst
   Lunghezza tubo tra la mandata pompa e cilindro = 10 m.
   ϕ int. tubo = 10 mm. ; Δp sulle bocche distributore 2/2 = 5 bar
4) Calcolare il ϕ int. del tubo di aspirazione considerando una velocità media dell'olio di 1,5 m/s.
5) Calcolare la velocità dell'olio nel tubo di mandata in fase di avanzamento rapido
6) Calcolare la potenza del motore elettrico considerando:
   $\eta_{t\ pompa} = 0,85$ $\quad$ $\eta_{t\ mot.\ elet} = 0,9$.

1) Schema idraulico



SOLUZIONE:

2) Portata Q della pompa

$$Q = 6 \cdot A_1 \cdot v = 6 \cdot 31{,}17 \cdot 0{,}1 = 18{,}7 \ l/min$$

velocità rientro

$$v_r = \frac{Q}{6 \cdot A2} = \frac{18{,}7}{6 \cdot 15{,}27} = 0{,}204 \ m/s$$

3) Considerando un margine di 10 bar tra la pressione teorica di e la pressione massima di taratura, possiamo scrivere:

$$p_{max} = 10 \ bar + \Delta p \ condotto + P_{cilindro}$$

$$p_{cil} = \frac{F_{controp} + F_{carico}}{\eta_{tae} \cdot A_1} = \frac{(5 \cdot A_2) + 4000}{0{,}9 \cdot 31{,}17} = 145 \ bar$$

Δp condotta $\phi i = 10$ mm.

$$V_{tubo} = \frac{Q}{6 \cdot A_{tubo}} = \frac{18{,}7}{6 \cdot 0{,}785} = 4 \ m/s$$

Verifica del moto laminare o turbolento

$$Re = \frac{v \cdot d \cdot 1000}{\nu} = \frac{4 \cdot 10 \cdot 1000}{33} = 1212 \quad \text{moto laminare}$$

$$\lambda = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1212} = 0{,}05$$

$$\Delta p \ condotta = \rho \cdot \lambda \cdot \frac{v^2 \cdot L}{2 \cdot d \cdot 100} = 900 \cdot 0{,}05 \cdot \frac{4^2 \cdot 10}{2 \cdot 10 \cdot 100} = 3{,}6 \ bar$$

$$p_{max} = 10 + 3{,}6 + 145 = 158{,}6 \ bar$$

4) ϕ int. tubo di aspirazione

$$A_{asp} = \frac{Q}{6 \cdot V_{asp}} = \frac{18,7}{6 \cdot 1,5} = 2,1 \text{ cm}^2$$

$$\phi_{int} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{asp.}}{3,14} = \frac{4 \cdot 2,1}{3,14}} = 1,6 \text{ cm} \cdot 10 = 16 \text{ mm}.$$

5) velocità nella condotta con avanzamento rapido

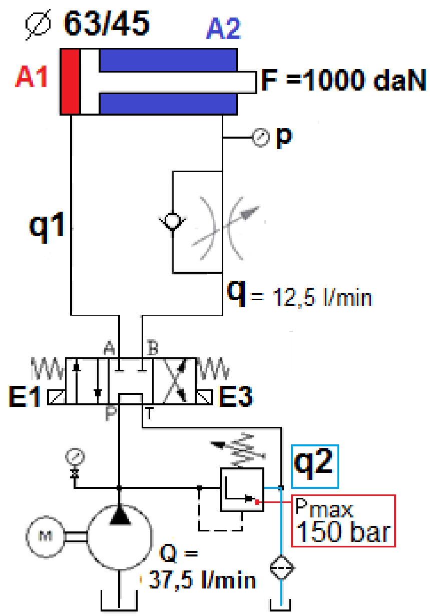
$V_{tubo} = 4 \text{ m/s}$

(Nb: La bobina E1 del distributore 4/3 e
la bobina E2 del distributore 2/2 sono eccitate)

6) Potenza motore elettrico

$$N = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta_{t\,pompa} \cdot \eta_{t\,mot.el}} = \frac{145 \cdot 18,7}{600 \cdot 0,85 \cdot 0,9} = 6 \text{ KW}$$

Esercizio 23



Esercizio 23

Con i dati dello schema, determinare:

1) Portata q_2 scaricata dalla valvola di massima

2) la pressione p nella camera anulare del cilindro.

3) In quale condizione la pressione è massima.

4) In fase di uscita dello stelo, determinare:

a) la potenza idraulica installata N_i

b) la potenza idraulica utilizzata N_u

c) la potenza idraulica persa per trafilamento
N_1 nel regolatore di flusso
N_2 nella valvola di massima.

d) Calcolare la potenza idraulica totale persa

e) Rendimento totale del sistema idraulico.

SOLUZIONE. Dati tecnici noti:

ϕ 63/45 dove $A_1 = 31{,}17\ cm^2$; $A_2 = 15{,}27$; $R = \frac{A_1}{A_2} = 2{,}04$

$Q = 37{,}5\ l/min$; $q = 12{,}5\ l/min$;

$p_{max} = 150\ bar$; $F = 1000\ daN$

1) Portata q_2 scaricata dalla V_{max}.

Dallo schema si deduce che la pompa eroga una portata $Q = 37{,}5\ l/min$ e la portata utilizzata per l'uscita dello stelo è q_1

La portata scaricata dalla valvola di max $q_2 = Q - q_1$

Rimane da determinare il valore q_1 in funzione della portata q del regolatore di flusso che controlla la velocità di uscita dello stelo.

La velocità di uscita dello stelo è data da:

$$V_u = \frac{q_1}{A_1} = \frac{q}{A_2} \quad \text{quindi} \quad q_1 = \frac{A_1}{A_2} \cdot q$$

Dalla $q_2 = Q - q_1$ diventa $q_2 = Q - \left(\frac{A_1}{A_2} \cdot q\right) = 37{,}5 - (2 \cdot 12{,}5) = 12{,}5$ l/min

2) Pressione nella camera anulare del cilindro.

la pressione nella sezione A1 del cilindro è uguale alla pressione di taratura della valvola di max = 150 bar

la pressione p nella camera anulare del cilindro è data dall'uguaglianza:

$$p_{max} \cdot A_1 = p \cdot A_2 + F \quad \text{quindi}$$

$$p = p_{max} \cdot \frac{A_1}{A_2} - \frac{F}{A_2} = (150 \cdot 2) - \frac{1000}{15{,}27} = 300 - 65 = 235 \text{ bar}$$

3) la pressione massima sarà in fase di uscita con la F = 0

Il valor $p = p_{max} \cdot \frac{A_1}{A_2} - 0 = 150 \cdot 2 = 300$ bar

NB: fare attenzione perchè occorre scegliere componenti e cilindro con una pressione di lavoro di 300 bar.

4) Calcolo potenza in fase di uscita dello stelo

a) Potenza idraulica installata N_i

Corrisponde alla potenza idraulica della pompa

$$N_i = \frac{p_{max} \cdot Q}{600} = \frac{150 \cdot 37{,}5}{600} = 9{,}4 \text{ kW}$$

b) Potenza idraulica utilizzata N_U corrisponde alla potenza utile per muovere il carico F = 1000 daN ad una data velocità

$$p = \frac{F}{A1} = \frac{1000}{31{,}17} = 32 \text{ bar}$$

$$N_U = \frac{p \cdot q_1}{600} = \frac{32 \cdot 25}{600} = 1{,}3 \text{ kW}$$

c) Potenza idraulica persa per trafilamento

N_1 nel regolatore di flusso $= \frac{p \cdot q}{600} = \frac{235 \cdot 12,5}{600} = 4,9$ kw

N_2 nella valvola di massima $= \frac{p_{max} \cdot q_2}{600} = \frac{150 \cdot 12,5}{600} = 3,1$ kW

d) la potenza idraulica totale persa N_p è uguale alla somma delle potenze consumate dal regolatore di flusso e dalla valvola di max.

$N_p = N_1 + N_2 = 4,9 + 3,1 = 8$ kw

e) Il rendimento globale del sistema

$\frac{N_p}{N_i} = \frac{8}{9,4} = 0,85 \times 100 = 85\%$ perso per trafilamenti.

Quindi il rendimento globale del sistema idraulico è solo del 15%.

È necessario utilizzare una pompa a portata variabile in modo da adattare la portata in funzione della richiesta del circuito idraulico.

Valutazione motore idraulico

Esercizio 1

Un motore idraulico deve fare girare un carico ad una velocità di 500 giri al minuto con una coppia di 2000 Nm.

Quale è la potenza in uscita?

SOLUZIONE. Dati tecnici $n = 500$ RPM ; $M = 2000$ Nm

Dalla

$$P = \frac{M \cdot n}{9554} = \frac{2000 \cdot 500}{9554} = 104,6 \text{ kW}$$

oppure

$$P = M \cdot \omega \quad \text{dove} \quad \omega = \frac{n \cdot 2\pi}{60} = \frac{n \cdot \pi}{30} = \frac{500 \cdot 3,14}{30} = 52,3 \text{ rad/s}$$

$$P = 2000 \cdot 52,3 = 104\,666 \text{ W} : 1000 = 104,6 \text{ kW}$$

Esercizio 2

Un motore idraulico riceve una portata di 80 l/min ad una pressione di 150 bar. Se la velocità di rotazione del motore è di 800 rpm, determinare la coppia in uscita dal motore considerando una efficienza del 100%.

SOLUZIONE. Dati: $Q = 80$ l/min ; $p = 150$ bar ; $\eta t = 1$; $n = 800$ rpm

Dalla formula

$$c = \frac{Q}{n} = \frac{80000 \text{ cm}^3/\text{min}}{800} = 100 \text{ cm}^3 \text{ cilindrata motore}$$

quindi

$$M = \frac{c \cdot \Delta p}{20 \cdot \pi} = \frac{100 \cdot 150}{62,8} = 239 \text{ Nm.}$$

Esercizio 3

Un motore idraulico eroga 400 Nm in un circuito in cui la pressione è di 250 bar.

Determinare la cilindrata teorica del motore

Soluzione.

Dalla $$c = \frac{20 \cdot \pi \cdot M}{P} = \frac{62{,}8 \cdot 400}{250} \cong 100 \text{ cm}^3$$

Esercizio 4

Un motore idraulico ha le seguenti caratteristiche:

$c = 100$ cm^3/giro ; $p = 120$ bar ; $n = 2000$ RPM ;

Se la portata consumata dal motore è di $0{,}0037$ m^3/s e la coppia fornita dal motore è uguale a 178 N m, trovare:

η_v ; η_m ; η_t ; POTENZA resa dal motore idraulico.

SOLUZIONE

a) $$\eta_v = \frac{Q_{mot}}{Q_{teo}} = \frac{100 \cdot 2000}{0{,}0037 \cdot 1000000 \cdot 60} = \frac{200\,000 \text{ cm}^3/\text{min}}{222\,000 \text{ cm}^3/\text{min}} = 0{,}9$$

b) $$\eta_m = \frac{M_{mot}}{M_{teo}} = \frac{178}{\frac{c \cdot P}{20 \cdot \pi}} = \frac{178}{\frac{100 \cdot 120}{62{,}8}} = \frac{178}{191} = 0{,}93$$

c) $$\eta_t = \eta_v \cdot \eta_m = 0{,}9 \cdot 0{,}93 = 0{,}84$$

d) Potenza $$P = \frac{178 \cdot 2000}{9554} = 37{,}3 \text{ kW}$$

Esercizio 5

Un motore idraulico riceve una portata di 80 l/min a una pressione di 150 bar.
La velocità di rotazione del motore è di 800 RPM e se il motore ha una perdita di 4 Kw, trovare la coppia finale del motore e il ηt.

SOLUZIONE.

Dalla formula $N = \frac{p \cdot Q}{600} = \frac{150 \cdot 80}{600} = 20 \text{ kW}$

Potenza disponibile $= 20 - 4 = 16$ Kw

Dalla $M = \frac{P \cdot 9554}{n} = \frac{16 \cdot 9554}{800} = 191 \text{ Nm}$

$$\eta t = \frac{P_{dispo}}{P_{idr}} = \frac{16}{20} = 0,8.$$

Esercizio 6

Un motore idraulico ha un $\eta v = 90\%$ e lavora a 1750 RPM a una pressione di 69 bar.
Se la portata consumata dal motore è di $0,0047 \, m^3/s$ e la coppia attuale del motore è di 147 Nm, trovare il rendimento totale del motore ηt. Utilizzare unità S.I

SOLUZIONE

$$\eta t = \frac{M \cdot w}{p \cdot Q} = \frac{147 \cdot \frac{1750 \cdot \pi}{30}}{69 \cdot 10^5 \cdot 0,0047} = 0,83 = 83\%$$

Esercizio 7

Un mezzo semovente gommato è azionato da un motore idraulico di 50 cm^3/giro. Esso è accoppiato a una scatola di riduzione con un rapporto di 5:1 che fa ruotare una gomma con diametro di 0,5 m. Il mezzo necessita di una coppia di 400 Nm per muoversi.

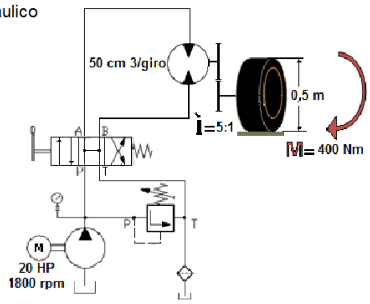
La pompa idraulica è comandata da un motore elettrico con potenza di 20 HP a 1800 RPM.

1) Con i dati forniti elaborare un circuito idraulico tenendo presente che il mezzo può spostarsi in entrambi i sensi di marcia.

2) Quanti minuti occorrono al veicolo per percorrere una distanza di 2 km?

SOLUZIONE.

1) Schema idraulico



2) Se al mezzo necessitano 400 Nm per spostarsi, tenendo presente che il rapporto di riduzione è di 5:1, quindi il motore idraulico deve garantire $400 : 5 = 80$ N m.

Il numero di giri del motore idraulico sarà dato dalla formula

$P = \frac{M \cdot n}{9554}$ dove $P = 20\ HP \cdot 0{,}746 = 14{,}92$ kW quindi

$$n = \frac{P \cdot 9554}{M} = \frac{14{,}92 \cdot 9554}{80} = 1780 \text{ giri/min.}$$

Alla ruota gommata arrivano $1780 : 5 = 356$ giri/min.

La distanza percorsa ad ogni giro della ruota di gomma

$s = \pi \cdot d = 3{,}14 \cdot 0{,}5 = 1{,}57$ m

Per percorrere 2 Km = 2000 m, la ruota dovrà compiere

$$n_{ruota} = \frac{2000}{1{,}57} = 1273 \text{ giri}$$

Il tempo impiegato sarà

$$t = \frac{n\ ruota\ (giri)}{giri/minuto} = \frac{1273}{356} = 3{,}57 \text{ minuti}$$

Esercizio 8

Una trasmissione idrostatica lavora a una pressione di 150 bar con le seguenti caratteristiche:

POMPA	MOTORE
$c = 120\ cm^3$	$c = ?$
$\eta_v = 84\%$	$\eta_v = 96\%$
$\eta_m = 90\%$	$\eta_m = 92\%$
$n = 1000$ RPM	$n = 800$ RPM

Calcolare:

a) cilindrata del motore

b) Coppia resa dal motore

SOLUZIONE.

a) $Q_{pompa} = \frac{c \cdot n \cdot \eta_v}{1000} = \frac{120 \cdot 1000 \cdot 0{,}84}{1000} \cong 100\ l/min$

$Q_{motore} = Q_{pompa} \cdot \eta_{v\,mot} = 100 \cdot 0{,}96 = 96\ l/min$

$c_{motore} = \frac{Q_{mot}}{n_{mot}} = \frac{96}{800} = 0{,}12\ dm^3 \cdot 1000 = 120\ cm^3/giro$

b) Coppia motore

$P = \frac{p \cdot Q}{600} = \frac{150 \cdot 100}{600} = 25\ kW$

$P_{eff} = P \cdot \eta_t = 25 \cdot (0{,}96 \cdot 0{,}92) = 22\ kW$

$M = \frac{P_{eff} \cdot 9554}{n_{mot}} = \frac{22 \cdot 9554}{800} = 263{,}7\ Nm$

UNITÀ AMERICANE.

Esercizio 9

Quanti GPM occorrono per far ruotare un motore di 4 in^3 a 1500 RPM con un rendimento volumetrico $E_V = 94\%$?

SOLUZIONE:

Dalla formula $Q = \frac{D \cdot N}{231 \cdot E_V} = \frac{4 \cdot 1500}{231 \cdot 0{,}94} = 27{,}6$ GPM

Esercizio 10

Trovare il numero di giri N di un motore con cilindrata $D = 0{,}8\ in^3/rev$ che riceve una portata di 8 GPM.

Dalla formula $N = \frac{Q \cdot 231}{D} = \frac{8 \cdot 231}{0{,}8} = 2310$ RPM

Esercizio 11

Calcolare la coppia T generata da un motore di $2{,}5\ in^3/rev$. a una pressione P = 2000 psi con rendimento meccanico $E_m = 0{,}92$

Dalla formula $T = \frac{D \cdot P \cdot E_m}{2 \cdot \pi} = \frac{2{,}5 \cdot 2000 \cdot 0{,}92}{6{,}28} = 732{,}5$ in-lb

Esercizio 12

Quale coppia T sviluppa un motore da 10 HP e 1800 RPM?

Dalla formula $T = \frac{P_{out} \cdot 63205}{N} = \frac{10 \cdot 63205}{1800} = 351$ in-lb

Esercizio 13

Quale coppia sviluppa un motore a 1500 psi, 1500 RPM e 15 GPM?

Dalla formula $T = \frac{Q \cdot P \cdot 36{,}77}{N} = \frac{15 \cdot 1500 \cdot 36{,}77}{1500} = 551$ in-lb

Esercizio 14

Con i dati dello schema idraulico, che mostra un circuito per fare ruotare una massa, determinare:

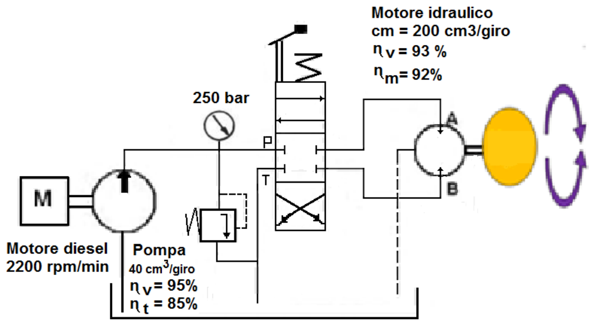
a) Potenza reale all'albero della pompa

b) RPM del motore idraulico

c) Momento torcente sviluppato dal motore idraulico

d) Rendimento globale dell'installazione

NB: non sono considerate le perdite di carico del motore e valvole



SOLUZIONE:

a) la potenza reale all'albero della pompa è data dalla formula:

$$N_p = \frac{p \cdot Q}{600 \cdot \eta_t} = \frac{250 \cdot \frac{40 \cdot 2200 \cdot 0{,}93}{1000}}{600 \cdot 0{,}85} = 40 \text{ kW}$$

b) I giri del motore idraulico

$$RPM = \frac{Q \cdot 1000}{c_m} \cdot \eta_v = \frac{81{,}9 \cdot 1000}{200} \cdot 0{,}93 = 381 \text{ giri/min.}$$

c) Momento torcente sviluppato dal motore idraulico

$$M = \frac{c_m \cdot p \cdot \eta_m}{20 \cdot \pi} = \frac{200 \cdot 250 \cdot 0{,}92}{62{,}8} = 732{,}5 \text{ Nm}$$

d) Il rendimento globale è dato da: $\eta_g = \frac{\text{Pot in uscita}}{\text{Pot in entrata}}$

$$N_{mot} = \frac{M \cdot n}{9554} = \frac{732{,}5 \cdot 381}{9554} = 29{,}2 \text{ kW}$$

quindi

$$\eta_g = \frac{N_{mot}}{N_P} = \frac{29{,}2}{40} = 0{,}73 \cdot 100 = 73\%$$

VALUTAZIONE VALVOLE.

Esercizio 1

Una valvola di massima con un'area del piattello di 6 cm^2 e una molla con costante elastica di 400 kN/m, è precaricata inizialmente di 5 mm.
Il piattello si deve muovere di 3 mm dalla sua posizione iniziale di chiusura per scaricare tutta la portata.

a) Determinare la pressione di inizio apertura valvola di max.

b) Determinare la pressione di scarico di tutta la portata.

Utilizzare unità di misura tecniche e unità di misura S.I

Soluzione con unità tecniche.

a) $F_{fluido} - F_{molla} = 0$

la forza del fluido bilancia la forza iniziale della molla.

$F_{fluido} = P \cdot A$; $F_{molla} = K_m \cdot$ corsa precarico quindi:

$P \cdot A = K_m \cdot c_{prec.}$

$$P_{apertura} = \frac{K_m \cdot c_{prec}}{A} = \frac{400 \left(\frac{daN}{cm}\right) \cdot 0{,}5\,(cm)}{6\,(cm^2)} = 33{,}3 \text{ bar}$$

Soluzione con unità S.I

$$P_{apertura} = \frac{K_m \cdot c_{prec}}{A} = \frac{400000 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-4}} = 3333333 \text{ Pascal}$$

3,3 MPa

b) $p_{max} \cdot A = K_m \cdot c_{totale}$

$p_{max} \cdot 6 = 400 \cdot 0{,}8$; $p_{max} = \frac{400 \cdot 0{,}8}{6} = 53{,}3$ bar

Soluzione con unità S I

$p_{max} \cdot A = K_m \cdot c_{totale}$

$$p_{max} = \frac{K_m \cdot C_{tot}}{A} = \frac{400000 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{6 \cdot 10^{-4}} = 5333333 \text{ Pascal}$$

5,3 MPa

Esercizio 2

La valvola di massima è tarata a 150 bar.
la portata della pompa è di 100 l/min.
Calcolare la potenza persa quando la valvola di max.
scarica tutta la portata nel serbatoio.

SOLUZIONE.

Dalle formule $kW = \dfrac{p \cdot Q}{600} = \dfrac{150 \cdot 100}{600} = 25\ kW$