

Dispositivi oleodinamici: l'oleodinamica è una tecnologia che utilizza un fluido idraulico per trasferire energia dalla macchina che la produce (generatore) alla macchina che la utilizza (attuatore o motore idraulico).

Questa tecnologia viene utilizzata quando sono richieste forze e potenze medio-alte in quanto è possibile operare ad alte pressioni (80-300 bar) senza particolari rischi per la sicurezza.

I vantaggi propri dei dispositivi oleodinamici sono:

- precisione dei movimenti
- lunga durata e affidabilità
- possibilità di lavorare in condizioni difficili.

Gli svantaggi sono legati a:

- costo dei materiali, le forze in gioco richiedono robustezza
- perdite di carico che obbligano a porre il generatore in prossimità degli attuatori
- variazione della viscosità del fluido di lavoro in funzione della temperatura
- possibili perdite di fluido dal circuito

Il fluido di lavoro è in genere *olio minerale* additivato con prodotti che:

- rendono il fluido il più possibile incompressibile
- proteggono le parti dalla corrosione
- rendono il fluido stabile nel tempo ed al variare della temperatura
- evitano la formazione di schiuma

Per tutelare l'ambiente sono stati inoltre sviluppati dei fluidi *a base vegetale* od *a base di glicole* caratterizzati da un minore impatto ambientale grazie alla loro biodegradabilità.

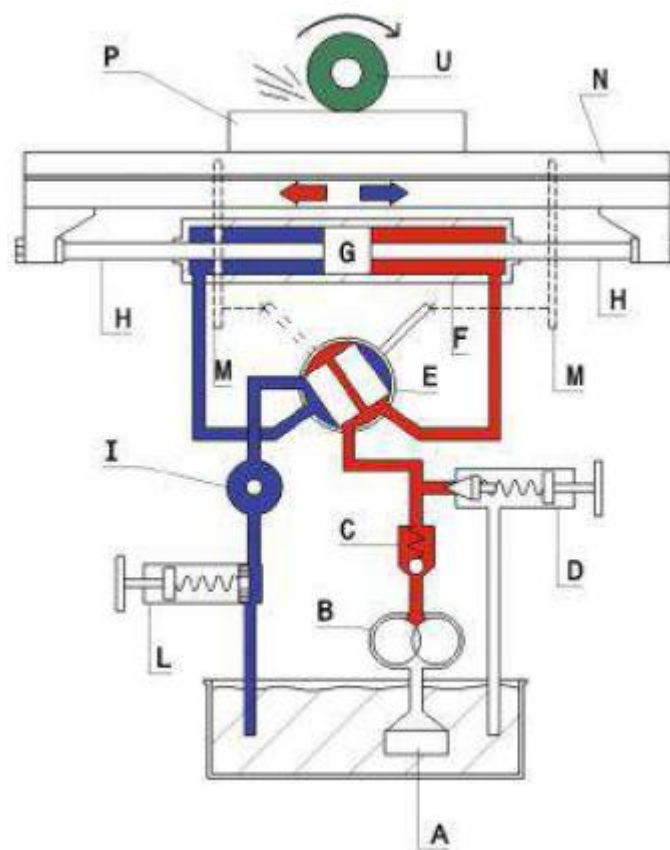
Un parametro fondamentale del fluido di lavoro è la sua *viscosità cinematica* che viene misurata in mm^2/s ; la viscosità ottimale dipende dalle caratteristiche del circuito e dalla temperatura di lavoro in quanto all'aumentare della viscosità aumentano le perdite di carico mentre al suo diminuire aumentano i trafilaggi ed il surriscaldamento dell'olio.

La viscosità di un determinato fluido viene indicata con sigle comprese tra ISO VG2 e ISO VG1500 dove il numero indica la viscosità cinematica in mm^2/s misurata a 40 °C.

Per ogni fluido il produttore deve obbligatoriamente fornire sia la *scheda tecnica* che la *scheda di sicurezza*.

Nella figura seguente è rappresentato il circuito oleodinamico di una macchina utensile dove sono presenti i seguenti componenti:

Posizione	Definizione	Posizione	Definizione
A	filtro	H	stelo del pistone
B	pompa a ingranaggi	I	regolatore di portata
C	valvola di non ritorno	L	valvola regolatrice pressione
D	valvola di sicurezza	M	fine corsa
E	distributore rotante a 4 vie	N	tavola portapezzo
F	cilindro	P	pezzo
G	pistone	U	utensile



Il primo componente di tale circuito è il *filtro* (A) che può essere posizionato *in aspirazione* (prima della pompa), *in mandata* o *in scarico*; poichè, a seconda del posizionamento, il filtro può generare fenomeni di cavitazione, se posto prima della pompa, o perdite di carico e contropressione, se posto altrove, in genere viene montato un filtro grossolano (60 micron) in aspirazione abbinato ad un secondo filtro a maglia più fine in mandata o in scarico. Se nel circuito sono presenti componenti particolarmente sensibili alle impurità viene montato un filtro immediatamente a monte di tali componenti.

I parametri fondamentali per la scelta di un filtro sono:

- portata
- pressione massima
- caduta di pressione
- ingombri
- tipo di attacco

Talvolta sul corpo del filtro possono essere presenti indicatori visivi od elettrici per monitorare il funzionamento.

Il secondo componente indicato è la *pompa* che è un dispositivo meccanico usato per muovere il fluido; i parametri fondamentali di una pompa sono:

- portata ovvero quantità di liquido spostata nell'unità di tempo [in m³/s]
- pressione ovvero differenza di pressione tra il fluido in entrata e quello in uscita [Pa o più spesso bar].

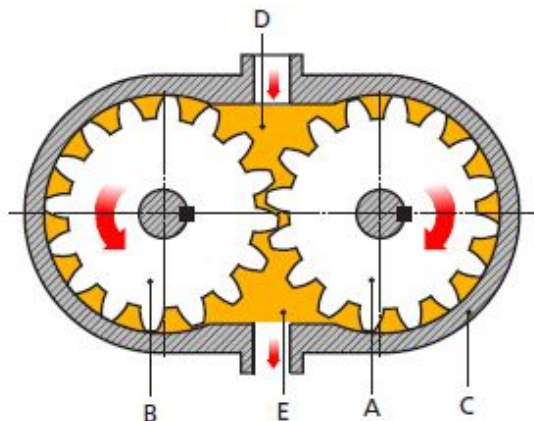
Talvolta al posto della pressione viene dichiarata la *prevalenza*, misurata in metri di colonna d'acqua¹; questo dato viene in genere fornito per le pompe utilizzate in impianti idrici.

Nei sistemi oleodinamici l'energia meccanica che pone in rotazione la pompa è fornita in genere da un motore elettrico che la aziona tramite un *giunto elastico* posto all'interno di una flangia in alluminio o ghisa chiamata *lanterna* sulla quale sono presenti ai due lati forature compatibili con il motore e la pompa. Per applicazioni dove non è disponibile l'energia elettrica si ricorre ad un motore a combustione interna o alla presa di forza di una macchina operatrice.

Una prima classificazione delle pompe è in *pompe a cilindrata fissa* e *pompe a cilindrata variabile*; in ognuna delle due categorie le pompe possono essere ulteriormente suddivise in *pompe a un senso di flusso* ed in *pompe a due sensi di flusso*.

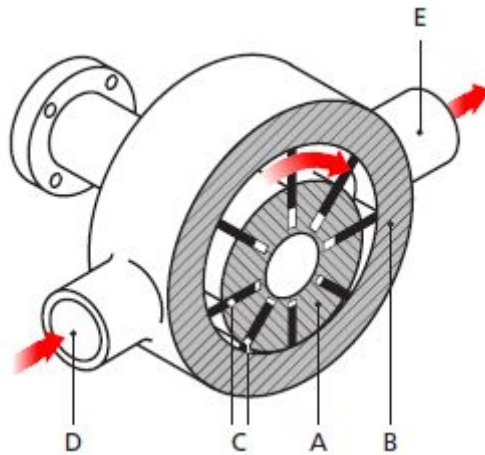
Le pompe vengono anche classificate in base alla tecnologia costruttiva; abbiamo quindi:

- le *pompe ad ingranaggi*, costituite da una coppia di ingranaggi A e B contenuti in una scatola C, il cui interno contorna perfettamente il diametro esterno delle ruote. L'ingranaggio A, detto *conduttore*, è collegato al motore elettrico e trascina l'ingranaggio B, detto *condotto*. Nella camera di aspirazione D si crea una depressione che costringe l'olio a entrare nella pompa. Gli ingranaggi spingono l'olio nella camera di mandata E e quindi in circolazione nel circuito.

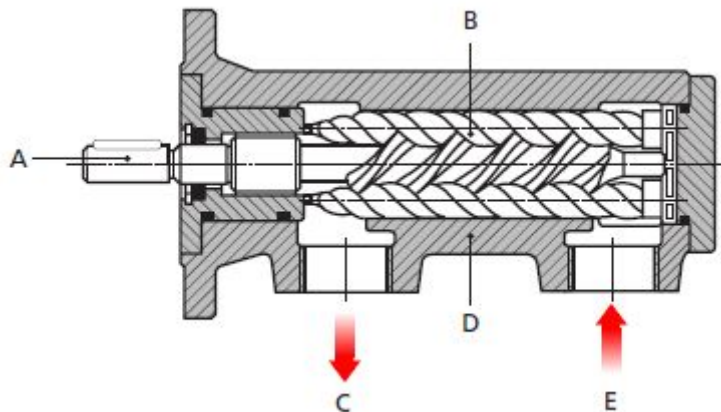


¹ 1 bar = 10⁵ Pa = 10,197 mH₂O (oppure mca)

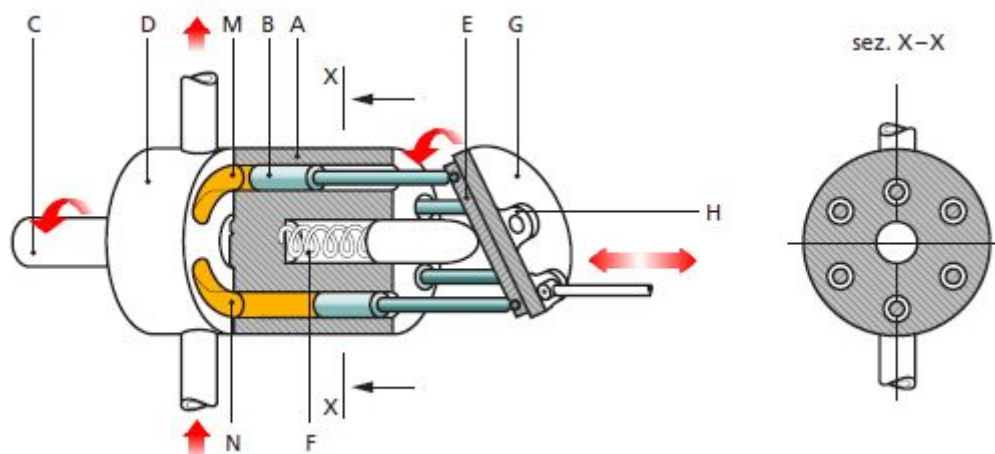
- Le *pompe a lobi* sono simili alle pompe ad ingranaggi; i denti degli ingranaggi sono sostituiti da elementi di diversa geometria chiamati lobi.
- Le *pompe a palette* sono costituite da un rotore A collegato al motore e ruotante in una capsula B. Sul rotore sono montate radialmente delle palette C mantenute a contatto delle pareti della capsula dall'azione di molle. Il rotore è montato in posizione eccentrica rispetto alla capsula. Durante la rotazione l'olio viene aspirato dal condotto di aspirazione D, a causa della depressione formatasi per effetto dell'aumento di volume fra palette e cassa, e inviato nel condotto di mandata E.



- Le *pompe a vite*, dette anche pompe a ingranaggi elicoidali, sono costituite da due, tre o cinque viti a due o tre principi, accoppiate e montate su un carter con luci di aspirazione e mandata. Sono pompe silenziose e prive di vibrazioni (A. albero di azionamento; B. vite; C. lato pressione; D. corpo; E. lato aspirazione)



- Le pompe a pistoni assiali sono costituite da un numero di 5-9 pistoncini montati assialmente su un tamburo portato in rotazione da un motore elettrico. Il movimento alternato dei pistoni B è generato dalla posizione eccentrica del tamburo A rispetto all'anello C. I condotti di aspirazione D e di mandata E sono ricavati nel perno del tamburo. Il tratto M-N determina la corsa di aspirazione dei cilindri, mentre il tratto N-M determina la corsa di mandata.



Se in un intervento di manutenzione è necessaria la sostituzione di una pompa idraulica è indispensabile che il ricambio sia dello stesso tipo con uguali parametri relativi a:

- portata massima
- pressione massima
- potenza assorbita
- numero di giri
- compatibilità con il fluido utilizzato

La portata Q di una pompa si esprime con la seguente relazione

$$Q = \eta_v \cdot V \cdot n \cdot 10^{-3} \quad [\text{l/min}]$$

dove: η_v = rendimento volumetrico (variabile da 0,7 a 0,85)

V = cilindrata della pompa [cm^3/giro]

n = numero di giri del motore [giri/min]

10^{-3} = fattore di conversione per passare da cm^3 a dm^3

La potenza idraulica erogata da una pompa è l'energia ceduta dalla pompa al fluido nell'unità di tempo; tale potenza si può calcolare con la relazione

$$P_i = Q \cdot p \quad [\text{W}]$$

dove Q è la portata della pompa in m^3/s e p è la pressione espressa in Pa.

La potenza meccanica P_m fornita dal motore che aziona la pompa deve essere maggiore della potenza idraulica P_i che la pompa cede al fluido per compensare la potenza perduta P_p

$$P_m = P_i + P_p$$

Si definisce rendimento di una pompa oleodinamica il rapporto tra la potenza idraulica e la potenza meccanica

$$\eta = \frac{P_i}{P_m}$$

dove η è il prodotto del rendimento meccanico η_m per il rendimento volumetrico η_v .

Accumulatori: sono dispositivi utilizzati negli impianti oleodinamici per accumulare energia da cedere successivamente all'impianto; il simbolo utilizzato per indicarli è il seguente



Gli accumulatori vengono utilizzati per i seguenti scopi:

- azionamento di emergenza: quando per qualche motivo non è disponibile la fonte di energia principale
- compensazione dei trafilamenti: quando occorre mantenere fermo un attuttore sottoposto a carico senza per questo mantenere necessariamente in funzione la pompa
- assorbimento del colpo d'ariete
- riduzione delle pulsazioni di pressione generate dalle pompe

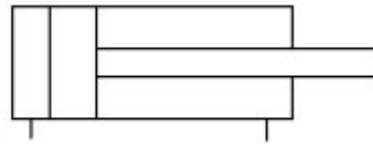
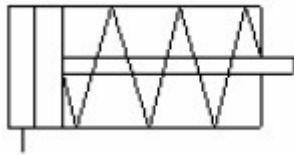
Gli accumulatori possono essere a sacca, a membrana e a pistone; il principio di funzionamento, comune a tutti e tre i tipi, è la presenza di due ambienti separati, uno contenente il fluido ed uno contenente gas compresso, in genere azoto, che accumula e restituisce energia.

Caratteristiche fondamentali degli accumulatori sono la pressione massima di esercizio, la capacità ovvero la quantità di fluido che riescono a scambiare con il circuito e la compatibilità dei loro componenti con il fluido utilizzato.

Attuatori: sono dispositivi utilizzati nei sistemi oleodinamici per trasformare l'energia del fluido in energia meccanica. Sono formati da un *cilindro* contenuto tra due testate all'interno del quale scorre un *pistone* la cui tenuta rispetto al cilindro è garantita da una o due guarnizioni a labbro o ad U. Al pistone è solidale uno stelo che trasferisce il moto all'esterno del cilindro. Il diametro del cilindro viene chiamato *alesaggio* mentre lo spostamento del pistone viene chiamato *corsa*.

La superficie interna del cilindro e quella dello stelo sono in genere cromate ed hanno una rugosità intorno a 0,5µm per evitare un'usura precoce delle guarnizioni.

I simboli utilizzati per indicare gli attuatori sono rappresentati nelle figure seguenti dove a sinistra



troviamo un attuatore a semplice effetto dove il ritorno è garantito da una molla ed a destra un attuatore a doppio effetto dove sia l'uscita dello stelo che il suo rientro avvengono grazie alla pressione del fluido. Negli attuatori a semplice effetto qualche volta è lo stesso carico che riporta lo stelo all'interno dell'attuatore rendendo di fatto inutile la presenza della molla.

La forza generata dall'attuatore dipende dalla pressione del fluido e dalla sezione del pistone; negli attuatori a doppio effetto è importante ricordare che la forza generata durante la fase di ritorno è inferiore in quanto occorre sottrarre la sezione dello stelo da quella del pistone.

La formula per calcolare la forza generata è la seguente

$$F = p * A \quad [N]$$

dove p è la pressione del fluido in Pa, A la sezione del pistone in m^2 da cui occorre eventualmente sottrarre la sezione dello stelo.

La formula utilizzata invece per calcolare la velocità di uscita e di entrata dello stelo è invece la seguente

$$v = \frac{Q}{A} \quad [m/s]$$

dove Q è la portata del fluido in ingresso nell'attuatore in m^3/s , A la sezione del pistone in m^2 da cui occorre eventualmente sottrarre sempre la sezione dello stelo.

N.B. Nei calcoli relativi alla forza generata dagli attuatori oleodinamici e alla loro velocità di movimento occorre tener conto della presenza nel sistema di valvole limitatrici di pressione o di portata; la presenza di tali valvole può causare notevoli variazioni dei valori calcolati in loro assenza.

Tubazioni: le tubazioni si dividono in rigide e flessibili; le tubazioni rigide vengono utilizzate per il collegamento di parti che non compiono movimenti relativi tra loro; esse vengono realizzate con tubi in acciaio al carbonio o inox non saldati per evitare la presenza di impurità difficili da eliminare anche con un adeguato decapaggio.

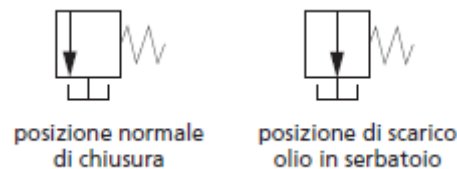
Le giunzioni tra i tubi rigidi possono essere saldate, se non è richiesto lo smontaggio, ma la saldatura richiede un attento decapaggio seguito da un altrettanto attento flussaggio oppure smontabili grazie a raccordi di diverso tipo dove la tenuta meccanica è garantita dalla filettatura mentre quella idraulica dalla presenza di guarnizioni. Esistono anche filettature la cui tenuta idraulica è garantita dalla filettatura: tra queste si ricordano la filettatura GAS e la filettatura NPT.

Le tubazioni flessibili vengono usate quando le parti del sistema compiono dei movimenti relativi tra loro; agli estremi del flessibile vengono montati dei raccordi fissati mediante crimpatura. I tubi

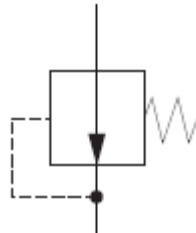
con cui vengono realizzati i flessibili devono resistere ad una pressione pari a quattro volte la pressione di esercizio ed il materiale con cui vengono realizzati deve essere compatibile con il tipo di fluido utilizzato nell'impianto. I raccordi utilizzati tra i tubi flessibili ed il resto dell'impianto sono in genere di tipo rapido e dotati di valvole che impediscono la fuoriuscita di fluido quando tali raccordi vengono disconnessi; i raccordi rapidi possono essere maschi o femmine; in genere il raccordo maschio viene ancorato ad una parte fissa del sistema.

Valvole: le valvole nei circuiti oleodinamici si dividono in:

- Valvole di sicurezza, proteggono i circuiti dai sovraccarichi riducendo la pressione e rimandando il fluido nel serbatoio



- Valvole di regolazione della pressione: vengono posizionate prima dei dispositivi che richiedono un certo valore della pressione; il loro funzionamento è basato sulla perdita di carico causata dalla restrizione del condotto dove passa il fluido



- Valvole di regolazione della portata: sono valvole usate in genere per rallentare la velocità di azionamento di un attuttore; non intervengono sul valore della pressione che rimane invariata



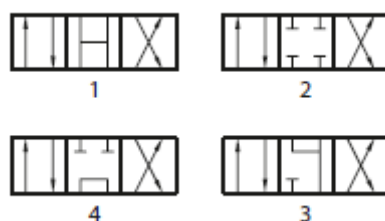
- Valvole direzionali: vengono utilizzate per indirizzare il fluido in una determinata direzione; il tipo più semplice di valvola direzionale è la valvola unidirezionale o valvola di ritegno



nella quale può essere presente o non presente la molla a seconda delle necessità del circuito dove viene applicata.

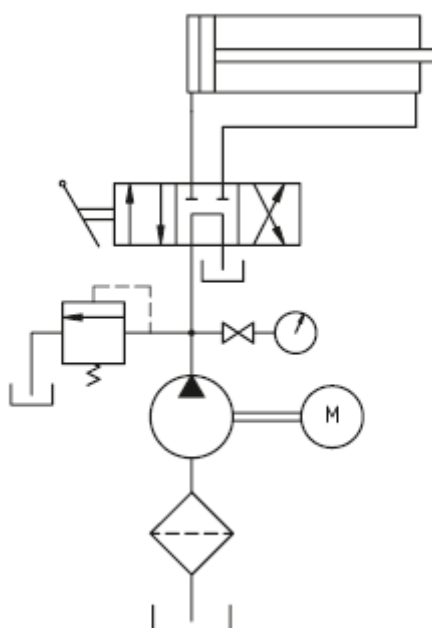
- Valvole distributrici: sono le valvole che vengono utilizzate nella gestione dei flussi e quindi del funzionamento dei sistemi oleodinamici; tali valvole si differenziano per il numero di ingressi, il numero di posizioni ed il tipo di comando utilizzato per azionarle. Il tipo di valvola più utilizzato in oleodinamica è la valvola 4/3 dove 4 è il numero indicante la

somma degli ingressi e delle uscite della valvola mentre 3 è il numero che indica le posizioni che la valvola può assumere.



In figura sono rappresentate 4 valvole del tipo sopraindicato che si differenziano nella posizione di riposo indicata dal quadrato centrale.

Esempio: lo schema qui indicato rappresenta un martinetto idraulico



Manutenzione degli impianti oleodinamici

Prima di iniziare l'attività di manutenzione deve essere effettuata un'analisi dei rischi a cui sono soggetti sia gli operatori che l'ambiente.

Una volta completata tale analisi occorre prendere le opportune contromisure verificando se la formazione degli addetti alla manutenzione è sufficiente e fornire loro tutte le informazioni necessarie per compiere l'attività in modo corretto; tali informazioni possono essere ottenute dal progetto, dai manuali, dalle schede tecnica e di sicurezza dei componenti, dalle norme, dal personale che utilizza l'impianto e dalla documentazione relativa ai precedenti interventi.

Dopo aver acquisito tutte le informazioni è opportuno definire le responsabilità organizzative (chi deve fare cosa) e verificare la disponibilità di strumenti, utensili e parti di ricambio.

Poichè negli impianti oleodinamici sono in genere presenti dei dispositivi elettrici il primo intervento da fare consiste nell'apertura dell'interruttore principale che deve essere bloccato tramite l'apposito lucchetto per evitare che possa essere reinserito per errore. Oltre all'energia elettrica devono essere prese precauzioni nei confronti di tutte le altre fonti energetiche che possano causare movimenti pericolosi; l'intervento deve inoltre essere segnalato tramite gli appositi cartelli.

Poichè il contatto con alcuni fluidi di lavoro può essere pericoloso per la salute gli operatori devono conoscere bene le caratteristiche indicate nelle schede tecnica e di sicurezza.

L'assemblaggio dei componenti dell'impianto deve essere eseguito seguendo lo schema circuitale; il primo avvio deve avvenire seguendo le procedure indicate dal progettista dell'impianto.

Un esempio di schema da seguire durante l'avvio di un generico impianto oleodinamico è il seguente:

1. controllo del serbatoio (posizionamento e pulizia)
2. controllo delle tubazioni (correttezza dei collegamenti; controllo del corretto montaggio dei flessibili evitando trazioni, torsioni e sfregamenti durante il funzionamento; installazione dei cavetti di sicurezza per i flessibili)
3. controllo del corretto allineamento motore-giunto-pompa
4. carica degli accumulatori (regolando la pressione dell'azoto con pressione dell'olio pari a zero)
5. riempimento con il fluido di lavoro (versando il fluido raccomandato attraverso un filtro di grado uguale o superiore rispetto a quelli presenti nell'impianto)
6. taratura delle pressioni
7. flussaggio (lavaggio dell'impianto eseguito collegando le valvole distributrici a scarico e sostituendo le servovalvole con piastre forate di eguale dimensione; il fluido in uscita dall'impianto deve essere filtrato prima di essere reimpresso nel serbatoio; al termine del flussaggio occorre sostituire o pulire tutti i filtri)
8. avviamento della pompa (controllare che tensione e frequenza di rete siano conformi con quelli indicati nella targhetta del motore elettrico che aziona la pompa, innescare la pompa se necessario o garantire comunque la sua lubrificazione nei primi istanti di funzionamento)
9. continua...

Esercizi di oleodinamica

Uno) calcolare la portata (in l/min) di una pompa idraulica se le condizioni di funzionamento sono le seguenti $\eta_v=0,8$ $V=2,7 \text{ cm}^3/\text{giro}$ $n=2800 \text{ giri/min}$

Applicando la formula otteniamo

$$Q = \eta_v \cdot V \cdot n \cdot 10^{-3} = (0,8 \cdot 2,7 \cdot 2800 \cdot 10^{-3}) \frac{l}{min} = 6,048 \frac{l}{min}$$

Due) calcolare la potenza ceduta al fluido da una pompa oleodinamica avente una cilindrata pari a $4,8 \text{ cm}^3/\text{giro}$ posta in rotazione a 1400 giri/min se la pressione di esercizio è pari a 140 bar (si ponga il rendimento volumetrico pari a $0,8$).

Calcolo la portata

$$Q = \eta_v \cdot V \cdot n \cdot 10^{-3} = 0,8 \cdot 4,8 \cdot 1400 \cdot 10^{-3} = 5,376 \frac{l}{min}$$

convertito la portata in metri cubi

$$Q = 5,376 \frac{l}{min} = \frac{5,376}{60} \frac{l}{s} = 0,0896 \frac{l}{s} = 0,0896 \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

convertito la pressione in Pa

$$p = 140 \text{ bar} = 140 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

calcolo la potenza (idraulica) ceduta al fluido

$$P_i = Q \cdot p = (0,0896 \cdot 10^{-3} \cdot 140 \cdot 10^5) \text{ W} = 1254 \text{ W} = 1,254 \text{ kW}$$

Tre) calcolare la forza generata da un attuatore a singolo effetto privo di molla avente un diametro del cilindro pari a 60 mm se questo viene alimentato con una pressione di 140 bar

convertito le unità di misura

$$p = 140 \text{ bar} = 140 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

$$D = 60 \text{ mm} = 60 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

calcolo la sezione del pistone

$$A = \frac{D^2 \pi}{4} = \frac{(60 \cdot 10^{-3})^2 \pi}{4} = 2,826 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$$

calcolo la forza generata dal pistone

$$F = p * A = 140 * 10^5 * 2,826 * 10^{-2} = 39564 \text{ N}$$

Quattro) calcolare la velocità di uscita dello stelo di un attuatore idraulico avente un diametro $D=100 \text{ mm}$ se la portata della pompa idraulica è $Q=80 \text{ l/min}$

converto le unità di misura

$$D = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m}$$

$$Q = 80 \frac{\text{l}}{\text{min}} = 1,33 \frac{\text{l}}{\text{s}} = 1,33 * 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

calcolo l' area del pistone

$$A = \frac{D^2 \pi}{4} = \frac{0,1^2 \pi}{4} \text{ m}^2 = 7,85 * 10^{-3} \text{ m}^2$$

calcolo la velocità del pistone

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1,33 * 10^{-3}}{7,85 * 10^{-3}} = 0,17 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$