### IMPIANTO IDRAULICO

## Missione dell'impianto

La missione dell'impianto idraulico è quella di trasferire a determinate **utenze** energia idraulica che appositi attuatori convertiranno poi in energia meccanica.

# Le utenze fondamentali sono:

- Comandi di volo
- Impianto carrelli, sistema orientamento carrello anteriore, freni.
- Impianto inversione spinta
- Apertura/chiusura portelloni, movimentazione scale, ecc.

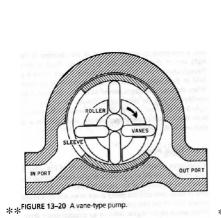
Gli attuatori possono essere applicati a parti che richiedono movimento traslatorio o rotatorio.

L'energia idraulica è resa disponibile dalla conversione di energia meccanica prelevata da varie sorgenti:

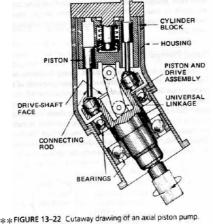
- Dai **propulsori** del velivolo attraverso una presa di moto posta sulla Gear Box (vedi lezione impianti motore).
- Da motori elettrici alimentati dall'impianto velivolo.
- Da motori pneumatici (turbine alimentate dall'impianto pneumatico).
- Da un gruppo Ram Air Turbine(RAT) consiste in un dispositivo che, esteso in emergenza fuori della fusoliera, espone alla corrente esterna un'elica a passo variabile collegata alla pompa e dotata di un sistema di regolazione.
- Da un **Banco Idraulico** esterno al velivolo.

Nelle **operazioni di manutenzione** il velivolo dispone di un collegamento ad un gruppo idraulico semovente (Banco Idraulico) che gli fornisce l'energia idraulica per tutta la durata delle prove. Il Banco Idraulico ha un gruppo Motore elettrico/Pompa alimentato dall'energia elettrica disponibile in hangar.

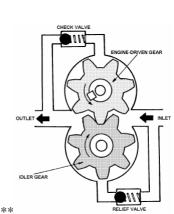
I dispositivi che convertono l'energia meccanica in idraulica sono detti **Pompe Idrauliche**, la cui missione è quella di prelevare olio da appositi serbatoi e renderlo disponibile a pressione incrementata all'impianto di distribuzione e poi alle utenze. Le pompe possono essere di vari tipi ( pompe ad ingranaggi, pompe a vani, pompe alternative, pompe alternative a pistoni multipli a portata fissa, pompe a pistoni multipli a portata variabile e pressione fissa).



Pompa a vani



pompa alternativa a portata fissa



pompa ad ingranaggi

La classificazione delle pompe viene fatta con riferimento alla tecnologia costruttiva oppure rispetto alla relazione portata/pressione, e questo determina anche la tipologia dei sistemi di regolazione.

Nelle applicazioni aeronautiche dei velivoli di una certa dimensione ( sia commerciali che militari) si ricorre ampiamente all'uso di Sistemi Oleodinamici al fine di ottenere il movimento di parti che richiedono forze significative, spostamenti precisi ed in certe condizioni necessità di svolgere gradi quantità di lavoro in poco tempo ( vedi ad esempio movimentazione carrelli e flap). Si deve aggiungere che il fluido idraulico ha anche due caratteristiche preziose: è incomprimibile e deformabile.

#### Caratteristiche dei sistemi oleodinamici

L'oleodinamica ha sviluppato componenti con prestazioni notevoli per pesi /costi /ingombri ed alta affidabilità e per questo i sistemi idraulici trovano ampio utilizzo sia nel campo aeronautico che automobilistico, navale, macchine utensili, macchine operatrici in genere.

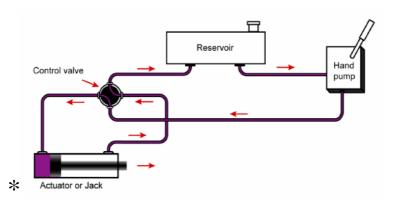
Tali impianti sono dotati di caratteristiche che li rendono preziosi in alcune condizioni:

- Elevato rapporto potenza/peso
- Risposta in tempi brevissimi
- Precisione degli spostamenti
- Esposizione a condizioni ambientali gravose per temperature ed impurità.

In tutte le possibili applicazioni i **concetti fisici di base**, le **logiche di progettazione** e **funzionamento** sono simili e per questo aspetto lo studio degli impianti idraulici dei velivoli sarà per lo studente un'occasione per acquisire concetti da applicare in campi diversi da quello aeronautico, in versione semplificata.

Molto più complesse sono le logiche della ingegneria dei sistemi, della tecnologia dei componenti e dei sistemi di regolazione, comando, monitoraggio e controllo.

Un impianto idraulico elementare (vedi figura che segue) in una pompa (pump)che preleva il fluido da un serbatoio (reservoir) e lo invia in un selettore (control valve) a quattro vie (valvola selettrice di comando); la posizione della valvola selettrice determina l'invio del fluido in pressione su una delle camere dell'attuatore (actuator) e, contemporaneamente, il ritorno al serbatoio dell'olio dell'altra camera.



Schema di impianto elementare con pompa a mano

## Le condizioni d'esercizio nel campo aeronautico.

Gli impianti idraulici velivolo sono chiamati a rispondere ad una serie di caratteristiche costruttive e di impiego per cui sono richiesti:

- Alti livelli di affidabilità e ridondanza.
- Pesi ed ingombri contenuti.
- Facilità di ripristino della efficienza mediante sostituzione di alcune parti in operativo.
- Capacità di operare in condizioni di esercizio discontinue in termini di carichi di lavoro.
- Sviluppo di grandi potenze per brevi intervalli di tempo.
- Effettuazione di movimenti millimetrici per lunghissime durate.
- Operatività in condizioni ambientali molto diverse per pressione e temperature ambiente.
- Garanzia di una buona funzionalità anche in caso di avaria di alcuni componenti.
- Funzionamento interconnesso ad altri impianti velivolo per gestire le conseguenze in caso di perdita di sorgente di energia.
- Deve essere a vulnerabilità contenuta, specialmente nel caso dei velivoli militari.
- Deve presentare rischi contenuti in termini di infiammabilità, tossicità del fluido utilizzato.
- Deve utilizzare fluidi di caratteristiche stabili nel lungo periodo, non infiammabili, ecc.

All'impianto idraulico si associa il vantaggio disponibile di ridotti rischi d'avaria grazie ai progressi della tecnologia, ed anche alle soluzioni impiantistiche con elevata ridondanza ( utenze azionate da due impianti idraulici indipendenti, dispositivi di attuazione di riserva elettrici, accumulatori di energia idraulica, ecc).

Tali soluzioni comportano purtroppo pesi, ingombri, e costi comunque significativi e per questo i nuovissimi velivoli (vedi B787 o A380) stressano molto alcuni aspetti progettuali per ridurre pesi e costi di gestione.

## Caratteristiche dei fluidi idraulici

Le caratteristiche fisiche e chimiche dei fluidi idraulici utilizzati negli impianti velivolo hanno degli effetti determinanti per il funzionamento, per l'affidabilità e per i costi di manutenzione degli stessi, quindi la loro scelta è importante.

In teoria fluidi come l'acqua, gli oli di origine animale o vegetale hanno la capacità di trasmettere energia idraulica, ma mancano di tante ed importanti caratteristiche che sono invece indispensabili nel campo aeronautico, in particolare:

- Avere un buon potere lubrificante.
- Evitare la formazione di corrosioni.
- La viscosità deve essere contenuta per evitare perdite di potenza e surriscaldamenti.
- La viscosità stabile in un ampia gamma di temperature.
- Buona capacità anti-usura, anche mediante aggiunta di additivi.
- Stabilità chimico-fisica al contatto con l'aria, l'acqua e per effetto di cicli di riscaldamento.
- Resistenza alla formazione di particelle contaminanti che danneggerebbero i componenti.
- Basso rischio di infiammabilità.
- Bassa/contenuta tossicità per contatto o respirazione

## Le tipologie di fluidi utilizzati

Le tipologie di fluido utilizzabili in questi sistemi sono di due tipi:

- Olio minerale
- Olio di sintesi

L'olio minerale proviene dalla distillazione di petrolio d'alta qualità. Questi tipi d'olio sono dotati di caratteristiche cha variano molto con la temperatura e presentano rischi di incendio, ma in compenso presentano buone caratteristiche di lubrificazione, e sono in genere vengono usati negli ammortizzatori degli impianti carrello. Rispetto ad altri tipi di fluido presentano una corrosività contenuta e sono usati spesso su piccoli aerei.

L'olio di sintesi (esteri polifosfati) sono quelli più usati negli impianti dei grandi velivoli.

Si tratta di prodotti con basso grado d'ossidazione, basso coefficiente di dilatazione termica, ottimo potere lubrificante, bassa temperatura di congelamento, alta resistenza all'**infiammabilità**, anche quando spruzzati sulla fiamma.

In particolari condizioni di nebulizzazione con l'aria si possono però formare delle miscele infiammabili alla presenza di sorgenti ad alta temperatura e questo si verifica nel caso di crinature capillari in tubazioni ad alta pressione che nebulizzano il fluido nell'aria e contestuale surriscaldamento delle parti circostanti a 500/600 °C.

La tipologia più usata è identificata con il nominativo **Skydrol** che è però un prodotto molto **corrosivo** che può essere usato in impianti ove tutti i materiali (guarnizioni, sigillanti, ecc.) siano compatibili. Per questo motivo severe norme sono previste per le operazioni di manutenzione al fine della corretta sostituzione non solo dimensionale, ma del tipo di composizione/vita residua delle guarnizioni.

Questo olio di sintesi risulta dannoso anche per le persone che lavorano sugli impianti, in particolare nel caso che vada di contatto con la pelle o con gli occhi, o di inalazione di particelle nebulizzate.

Per questo motivo protocolli medici particolari sono previsti in caso di **contatto** o **inalazione** di particelle nebulizzate, e durante la lavorazione su tali impianti debbono essere rispettate severe norme previste nei manuali di manutenzione.

### Brevi richiami elementari di fisica

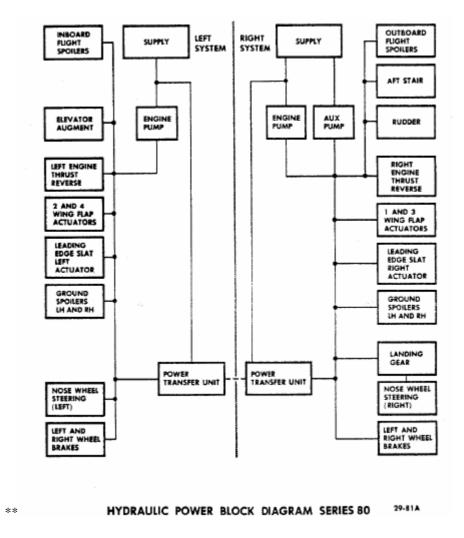
La comprensione degli impianti idraulici velivolo presuppone la conoscenza di elementari concetti di Fisica (pressione, tipo la legge di Pascal, principio del torchio idraulico, concetti di lavoro compiuto da forze, potenza assorbita, rendimento conversione di energia meccanica in energia idraulica e viceversa, ecc) e delle relative unità di misura, espresse anche in unità anglosassoni risulta indispensabile bagaglio dello studente (pressione in PSI, idem per Volumi, portate, ecc).

### Le utenze dell'impianto idraulico velivolo

Le utenze degli impianti idraulici velivolo cambiano con la tipologia del velivolo e con la tipologia delle scelte tecniche del fabbricante, in ogni caso la gamma delle utenze più comuni è la seguente:

- Comandi di volo primari secondari ed ausiliari.
- Azionamento portelloni, carrelli e dispositivi di blocco.
- Sistema orientamento carrello anteriore & Impianto freni.
- Impianto inversione spinta motori.
- Azionamento portelloni, estrazione e retrazione delle scale passeggeri
- Ecc

Si riporta nella figura che segue uno schema a blocchi delle utenze relative al sistema idraulico doppio di un velivolo commerciale.



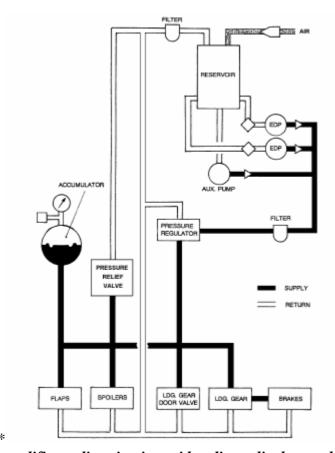
Schema di impianto idraulico velivolo MD80

Si noti il gruppo POWER TRANSFERT UNIT che permette di trasferire energia idraulica tra i due impianti senza mescolare l'olio, e la Pompa elettrica su uno dei due impianti

## Componenti & caratteristiche di un sistema idraulico elementare.

Un sistema idraulico elementare, ma più completo del precedente, comprende fondamentalmente:

- Un **serbatoio** ove il fluido è conservato nella quantità necessaria all'esercizio per un certo arco di tempo e dove avviene lo smaltimento dell'energia termica.
- Le valvole di intercettazione per isolare pompa dal serbatoio (valvole shutt off).
- Una sorgente di potenza idraulica (pompa) che converte l'energia meccanica in energia idraulica.
- Dispositivi di protezione da inquinamento (filtri).
- Una serie di condotti che trasferiscono e smistano il fluido in pressione (tubazioni e collettori).
- Componenti che gestiscono la destinazione e la direzione del fluido (valvole selettrici).
- Dispositivi che trasformino l'energia in movimenti lineari o rotatori (martinetti o motori idraulici).
- Condotti per riportare il fluido in bassa pressione al serbatoio (condotti di ritorno).
- Dispositivi che assorbano picchi o cadute di pressione e si comportino anche come riserva di energia idraulica per (accumulatori).
- Dispositivi ove il calore accumulato per effetto del rendimento del sistema possa essere disperso (scambiatori di calore).
- Dispositivi di **protezione**: valvole di sicurezza, valvole di by-pass, ecc.
- Sistema di **rilevamento ed indicazione**: sistema indicazione pressione, indicazione di quantità, avviso di bassa pressione, alta temperatura, bassa quantità e sistema di rilevamento di intasamento.
- Dispositivi di comando e controllo.
- *Ecc.*



Schema semplificato di un impianto idraulico velivolo con due propulsori

Nella pratica i velivoli da trasporto civile dispongono, per motivi di ridondanza, di più impianti idraulici, tra loro indipendenti sia come fluido idraulico, sia come fonte primaria di energia.

Durante le attività di manutenzione i velivoli necessitano di alimentazione idraulica per l'esecuzione delle prove; in questi casi appositi collegamenti con sorgenti esterne permettono di immettere nel circuito il fluido in pressione (Banchi Idraulici).

L'elemento caratterizzante l'impianto è la tipologia di pompa idraulica adottata e teoricamente se ne potrebbero usare due tipi:

- Pompa a portata fissa (manuale, ad ingranaggi, a pistoni multipli, a vani, ecc).
- Pompa a portata variabile (pompa Vickers).

Nel primo caso la pompa eroga una quantità di fluido in pressione pari alla quantità massima necessaria e quando le utenze non assorbono tutta l'energia, al fine di evitare il blocco idraulico o il danneggiamento del sistema, una valvola regolatrice di pressione, appositamente tarata, cortocircuita l'eccesso di fluido al serbatoio ove avverrà anche il suo raffreddamento.

Si tratta di un sistema poco efficiente e non utilizzato nel campo aeronautico: si forniranno dei cenni solo per motivi didattici, mentre la trattazione estesa tratterà impianti con pompe a portata variabile e pressione costante.

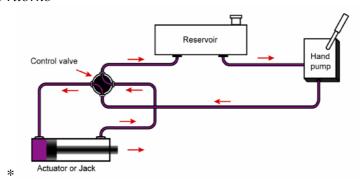
Per motivi didattici l'impostazione della lezione procederà per fasi di progressiva sofisticazione:

- E' introdotto il concetto di impianto idraulico con impostazione generale del sistema e dei suoi componenti fondamentali.
- Viene reso più complesso il modello di impianto idraulico per renderlo vicino alle realtà costruttive ed introdotti alcuni concetti base dei componenti.
- Vengono descritte le funzionalità dei componenti fondamentali.
- Viene esaminato qualche schema di velivolo reale al fine di riconoscere logiche e ruolo dei singoli componenti.

## Impianto idraulico con pompa alternativa manuale

Questo **impianto elementare** corrisponde a quelli usati in molte applicazioni, anche non aeronautiche, ed è costituito da:

- Serbatoio del fluido
- Pompa alternativa a mano
- Valvola selettrice & Attuatore lineare
- Circuiti di mandata e ritorno



L'azionamento della pompa manuale genera una portata intermittente di fluido che in presenza della valvola selettrice opportunamente posizionata invia olio in una delle due camere

dell'attuatore. La portata della pompa dipende dalla sua cilindrata e dal numero di cicli al minuto; la pressione erogata dipende dalla resistenza che il fluido incomprimibile trova nell'utilizzatore.

In teoria la pressione erogabile potrebbe essere infinita, ma nelle pratica trova un limite nella forza che può essere prodotta dall'operatore e dai limiti tecnologici dei componenti.

La posizione della valvola selettrice permette anche il ritorno al serbatoio del fluido contenuto nella camera verso la quale si sposta il pistone e per questo è chiamata valvola a due vie.

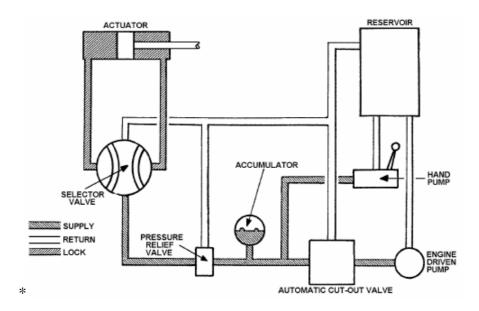
Quando la valvola selettrice assume una posizione intermedia si verifica la condizione di **blocco** idraulico.

Questo semplice impianto, di cui alla figura allegata, introduce alcuni concetti fondamentali:

- Funzione della valvola selettrice
- Reversibilità degli attuatori.
- Il ritorno al serbatoio.
- Concetto di blocco idraulico.
- Necessità di limitare la pressione massima.

Un esempio di utilizzo di tale impianto si ha durante le operazioni di manutenzione con la necessità di mettere in movimento parti molto pesanti (sistema di inversione spinta, cappotte motore, poppino di coda, ecc), mantenendo l'impianto principale disattivato e fare delle manovre a livello locale.

Il limite di questa soluzione è che la energia idraulica è disponibile solo quando la pompa viene azionata a mano, mentre per molte delle applicazioni reali l'energia deve essere sempre disponibile e con portate adeguate in modo quasi istantaneo. Per questo motivo si collegano le pompe del sistema idraulico ad un sistema di trascinamento ( propulsore, motore elettrico, motore pneumatico). Nella figura che segue : **Engine Driver Pump.** 



Schema di impianto elementare con Pompa motore e pompa a mano

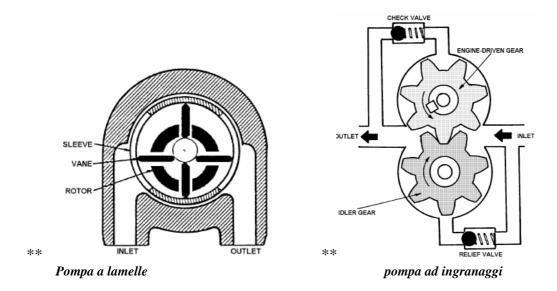
## Schema di impianto con pompa motorizzata a portata fissa

Come già indicato una tipologia di impianto più complesso è quello dotato di **pompa azionata da un motore** in modo da poter essere sempre potenzialmente disponibile.

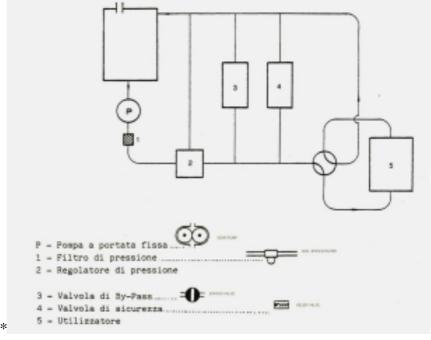
Le pompe a portata fissa ( tipo quelle ad ingranaggi o quelle a lamelle ) hanno la caratteristica di trasferire ad ogni ciclo la stessa quantità di fluido in volume e quindi la loro portata dipende dal numero di cicli al minuto a cui la pompa lavora.

Tali pompe vengono in genere messe in movimento da un motore elettrico, oppure una presa di moto collegata, tramite riduttori di giri propulsore.

Le figure che seguono schematizzano tali pompe:



La portata varia solo con i giri del motore, e nel caso che il sistema vada in blocco idraulico per mancanza di assorbimento da parte delle utenze la pressione salirebbe teoricamente all'infinito o fino alla rottura di qualche componente. Per evitare questo intervengono delle valvole di sicurezza che cortocircuitano l'olio al serbatoio. Vedi schema elementare che segue.



\*\*

La pressione massima deve essere regolata/limitata per evitare che, in assenza di assorbimento e crescendo senza limiti, danneggi l'impianto stesso, e per questo il sistema viene dotato di con specifici componenti, quali ad esempio:

- Valvola regolatrice di pressione (è determinata dal progetto delle parti dell'impianto).
- Valvola di sicurezza (in caso d'avaria del sistema di regolazione).
- Valvola di by- pass (problemi di sicurezza durante la manutenzione del velivolo).

In tale impianto elementare l'olio, prelevato dal serbatoio, viene inviato attraverso la **valvola selettrice** all'utilizzatore, mentre i ritorni dello stesso vanno al serbatoio, sempre tramite la selettrice.

In condizioni di erogazione della pompa a portata fissa la valvola regolatrice di pressione, opportunamente tarata, interviene qualora si verifichi un picco temporaneo o stabile di pressione superiore al valore di taratura (ad esempio quando l'attuatore arrivato a fine corsa e non può assorbire altro fluido: si è in condizioni di blocco idraulico).

In mancanza di erogazione (la valvola selettrice viene messa in condizioni di neutro) la valvola regolatrice cortocircuita il fluido nel serbatoio dopo averne ridotta la pressione.

Tale sistema, anche se semplice, presenta lo svantaggio di assorbire costantemente potenza dal motore di trascinamento e di generare inefficienze che finiscono per generare calore da smaltire.

L'olio, oltre agli attriti nel fluire attraverso tubazioni, gomiti, componenti, subisce un forte riscaldamento perché l'energia idraulica non utilizzata è convertita in calore: il compito del **serbatoio** è anche quello di smaltire il calore in eccesso.

Nello schema, sempre per completare la progressione in termini di complessità, compare anche il ruolo del **filtro** per il controllo delle impurità e la **valvola di By Pass** che permette durante le operazioni di manutenzione di avere l'impianto in pressione senza il rischio che gli attuatori vengano azionati.

### Schema elementare elementare di impianto con pompa portata variabile

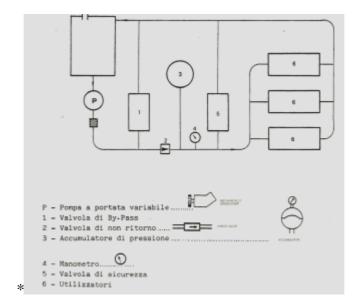
Nello schema che segue si presenta la soluzione –tipo dei velivoli commerciali e viene riportato un impianto tipo con pompa a portata variabile & pressione fissa. Le applicazioni in campo aeronautico adottano, in generale, questa soluzione che permette di:

- Operare costantemente alla pressione massima di progetto.
- Disporre con rapidità la portata di fluido necessario, minimizzando quindi i tempi di risposta.
- Evitare assorbimenti inutili di potenza quando non serve energia idraulica.

Il fattore determinante è la tecnologia di pompe capaci di erogare pressione fissa e portata variabile ed essere auto-regolanti, indipendentemente dall'assorbimento delle utenze.

L'impianto opera alla pressione fissa pari alla massima di progetto con tutti i vantaggi sui pesi e le dimensioni dei componenti e delle linee di trasmissione, oltre che del peso stesso dell'olio. Infatti l'attuatore è tanto più piccolo quanto più alta è la pressione di esercizio, a parità di forza da contrastare, mentre il suo peso dipende anche dai materiali utilizzati.

La pressione di esercizio standard è di 3000 psi, che a volte in volo viene ridotta a 1500 psi.

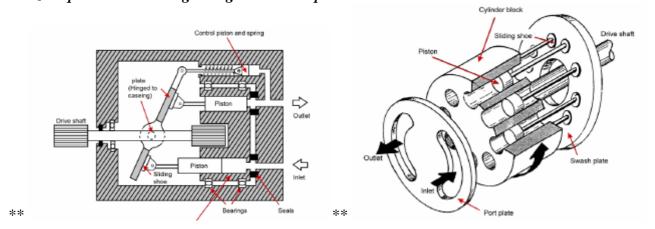


Il peso del sistema idraulico (pompa, attuatore, tubazioni, olio, valvole) deve essere messo in relazione non solo al proprio costo di acquisto, ma anche a quello di esercizio per la sua presenza a bordo in tutta la vita del velivolo anche se usato solo in alcune (e spesso brevissime) fasi del volo: ad esempio l'azionamento di tutto l'impianto dei carrelli, dei flap/slat, e del sistema reverse comporta grandi assorbimenti di potenza e volumi di fluido, ma il loro funzionamento - in una tratta di ore di volo - riguarda solo qualche minuto, poi assorbimento è nullo.

Anche i comandi di volo in crociera sono sempre in funzione, ma le loro escursioni e correzioni sono minime alle alte velocità.

Sulla base di queste riflessioni i **velivoli di nuovissima concezione** presentano delle soluzioni tecniche fortemente innovative e per certi versi rivoluzionarie rispetto al passato (vedi soluzioni su A380, B787: pressione di esercizio 6000 psi, utilizzo di mini-impianti idraulici per il singolo attuatore : vedi dopo).

Il componente base di questo sistema è la **pompa a portata variabile & pressione fissa** ( Pompa Vickers) dispone di una propria tecnica costruttiva per cui all'aumentare dell'assorbimento delle utenze **la portata si auto-regola e garantisce la pressione costante.** 



Lo schema prima riportato presenta anche alcuni nuovi componenti di cui in seguito sarà spiegata la funzionalità:

- Accumulatore di pressione.
- Indicatore di pressione.
- Valvole di non ritorno.

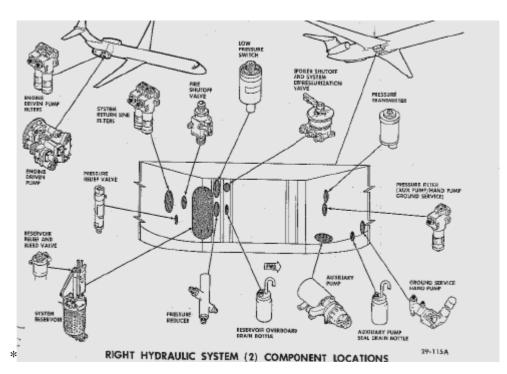
## Schema di impianto idraulico velivolo

Gli impianti idraulici velivolo utilizzano i concetti generali e le funzionalità dei componenti degli schemi precedenti e funzionano a pressione costante molto alta (3000 psi), anche se in alcune fasi del volo la pressione viene ridotta anche a 1500psi per evitare inutili sollecitazioni a tutto il sistema, in particolare guarnizioni, giunti, ecc.

Questi impianti comprendono tutta una serie di componenti con funzionalità specifiche:

- Serbatoio pressurizzato
- Sensori e trasmettitori di livello, sensori di pressione e temperatura
- Filtri sul circuito di aspirazione e di mandata
- Pompa a portata variabile
- Filtro sul circuito di raffreddamento della pompa
- Accumulatori di pressione
- Collettori e tubazioni di distribuzione
- Valvole selettrici, Valvole di by-pass e di sicurezza, Valvole d'isolamento
- Attuatori
- Circuiti di ritorno
- Scambiatori di calore, ecc

La figura che segue fornisce una prima idea di come i vari componenti siano distribuiti in un velivolo.



\*\*

### Alcuni aspetti generali di natura operativa

- La linea di aspirazione dal serbatoio della pompa idraulica dispone di valvole di esclusione (valvola Shutt-Off) per proteggere l'impianto da eventi particolari quali: avaria motore, avviso incendio motore, perdita di fluido idraulico a valle della pompa per rottura di una tubazione o di un componente.
- Le pompe anche quando la portata non è nulla necessitano di **lubrificazione interna** e raffreddamento per cui una portata minima è sempre in circolazione e viene cortocircuitata al serbatoio attraverso una **linea di by-pass protetta da filtri** per trattenere eventuali particelle prodotte dal danneggiamento del corpo pompa stesso (vedi figure successive).

Per migliorare l'affidabilità gli aeromobili sono dotati di due, tre ed anche quattro impianti idraulici indipendenti, e si utilizzano anche altri accorgimenti quali: attuatori a doppia alimentazione, scambi di potenza idraulica tramite gruppi reversibili motore-pompa, valvole limitatrici di flusso, aumento del numero di accumulatori, ecc.

La funzionalità dell'impianto idraulico è data dalla combinazione della missione svolta dai suoi componenti, e di questi viene data una sintetica descrizione in seguito.

### Serbatoio idraulico

Il serbatoio non è solo un **contenitore**, ma serve anche a **disperdere calore** e funziona da **separatore** olio/aria; il suo volume deve essere compatibile con le variazioni di assorbimento delle utenze.

Il corretto funzionamento delle pompe richiede la presenza di **serbatoi pressurizzati** onde evitare problematiche di innesco soprattutto alle alte quote di cavitazione. La pressurizzazione riguarda in genere gli impianti che debbono funzionare a quote superiori ai 4500 metri (15000 ft).

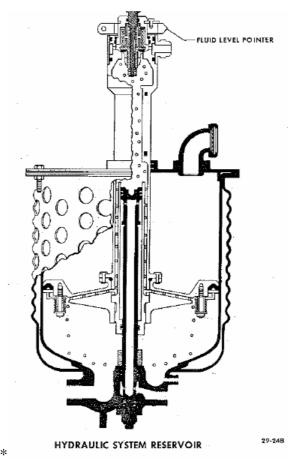
Alle quote superiori infatti la pressione ambiente diventa molto bassa e si possono formare sulla superficie del liquido dei vapori e quindi delle bolle di vapore quando il fluido viene aspirato dalla pompa.

Mediante la pressurizzazione del serbatoio il **fluido di ritorno** trova una pressione ambiente minima che preclude la formazione di bolle di vapore e la successiva **cavitazione** della pompa stessa. La pressurizzazione del serbatoio può essere ottenuta in due modi:

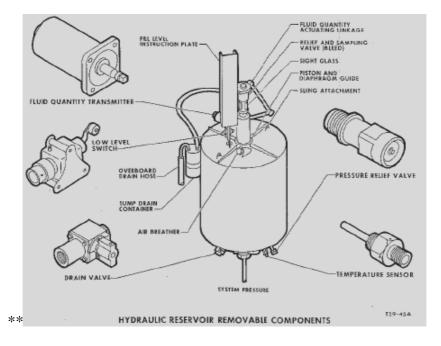
- *Utilizzando aria prelevata dall'impianto pneumatico, facendola insistere sull'olio direttamente.*
- Applicando una pressione idraulica su un diaframma mobile che scorre nel serbatoio

Le figure allegate riportano in evidenza una serie di accessori specifici del serbatoio:

- Indicatore visivo di livello
- Trasmettitore di quantità, basso livello e di temperatura
- Attacco di rifornimento
- Entrata ed uscita dell'olio
- Entrata aria di pressurizzazione ( per quelli pressurizzati ad aria).
- Rubinetto di drenaggio



Serbatoio idraulico con pressurizzazione mediante pistone spinto dalla stessa pressione idraulica

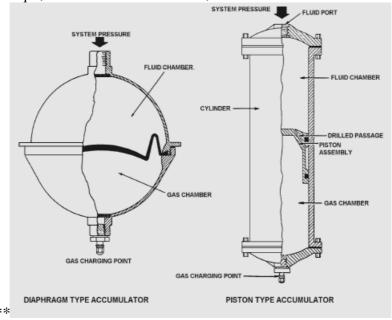


Vista di componenti vari installati sul serbatoio idraulico

## Accumulatore di pressione

Questo componente dell'impianto idraulico assolve più funzioni :

- Assorbe le variazioni di pressione dovute all'iniziale assorbimento di un'utenza.
- Fornisce in certe condizioni operative una riserva minima d'energia idraulica.
- Assorbe i **colpi d'ariete** in caso di funzionamenti anomali di valvole di sicurezza, del sistema di regolazione pompa, di chiusura delle valvole, ecc.



Il modello più diffuso è costituto da un **contenitore sferico** diviso all'interno in due camere da una **membrana** elastica e stagna: una prima camera contiene azoto in pressione ( che è controllato periodicamente e rifornito a terra) ed è dotata di valvola di rifornimento ed indicatore di pressione, mentre l'altra camera comunica direttamente con l'impianto idraulico.

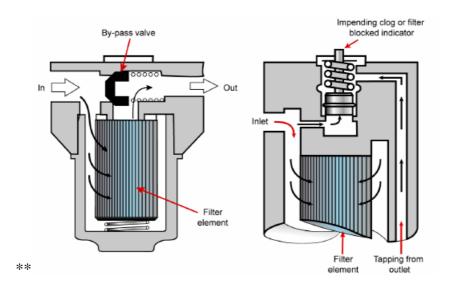
Quando il fluido idraulico accede all'interno dell'accumulatore contrasta la pressione interna dell'azoto tramite la membrana.

Esistono anche soluzioni costruttive con un Pistone mobile ed azoto in pressione in una camera (vedi figura)

### Filtri

La funzione dei filtri è di trattenere le impurità contenute nell'olio ed in particolare le particelle metalliche provenienti da componenti in avaria. Un filtro è in genere costituito da:

- *Corpo* indipendente o ricavato su modulo multi-funzione
- Raccordi di entrata ed uscita
- Elemento filtrante
- Contenitore filtro asportabile
- Valvola di chiusura per sostituzione
- Valvola by-pass in caso di intasamento
- Tappo magnetico
- Prese del trasmettitore di pressione differenziale per avvisi luminosi in cabina piloti.



In caso d'**intasamento** il flusso non deve essere interrotto, e per questo motivo entra in funzione il sistema di **by- pass** che tramite l'apertura di una valvola, tarata in base alla pressione differenziale tra le due parti del filtro, apre una luce diretta di passaggio del fluido.

La pressione differenziale esistente sul filtro intasato attiva anche un indicatore visivo o un segnale elettrico per avviso luminoso a distanza.

I filtri hanno capacità filtrante diversa e possono trattenere particelle di micron, sono installati in modo da essere sostituibili con facilità, cioè senza dover svuotare l'impianto grazie ad una valvola di non ritorno alloggiata all'interno del corpo del filtro.

Questi accorgimenti sono finalizzati a rendere la sostituzione rapida per motivi di livello di servizio: nei velivoli la garanzia di avere elevati livelli di servizio è tanto importante quanto la sicurezza ed i costi di gestione.

#### Valvole di esclusione

Le valvole di esclusione (shutt-off valve) hanno la funzione di isolare una zona dell'impianto o un componente, ed una applicazione classica è l'isolamento delle pompe-motore dal serbatoio in caso di incendio motore per evitare che del fluido continui ad accedere alla zona motore.

La realizzazione pratica è in genere con chiusura a sfera o a saracinesca, con attuazione meccanica o con servomotore elettrico.

#### Valvola di non ritorno

Queste valvole sono destinate ad evitare un **flusso inverso**, come ad esempio quando nel tratto che precede si riduce la pressione o quando un componente viene rimosso per manutenzione.

Il corpo valvola comprende in genere una sede interna su cui lavora una sfera o un cono, precaricati da una molla che:

- Quando la pressione è adeguata vince il contrasto della sfera o del cono ed il fluido può passare
- Quando la pressione scende troppo su un lato la molla chiude il percorso e la pressione residua a valle conferma l'azione della molla stessa.

Il verso di circolazione del fluido è in genere indicato sul corpo anche per evitare errori di installazione.

\*\*



# Valvole by-pass

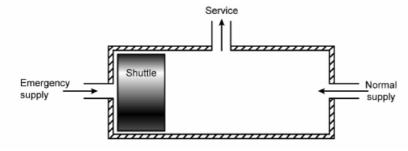
Queste valvole (**By-Pass Valve**) hanno la funzione di cortocircuitare il fluido direttamente al serbatoio e sono realizzate con una sfera o un cassetto comandabile in caso di necessità: in condizioni normali il passaggio del fluido è bloccato.

## Valvole a Spola

Le valvole a spola (**Shuttle Valve**) hanno la funzione di garantire ad un componente una sorgente alternata di energia idraulica di emergenza in caso di mancanza di pressione dal suo impianto primario( Normal supply) di alimentazione e sono installate, in genere, a monte di utilizzatori importanti che debbono essere alimentati da due impianti indipendenti di cui uno **primario** e l'altro **stand-by**.

Considerata la loro funzionalità non sono comandate, ma intervengono in automatico.

La logica del componente è tale che il fluido attivo possa raggiungere l'utilizzatore, ma mai mescolarsi con l'altro fluido: ad esempio in caso di rottura della tubazione primaria di alimentazione all'utilizzatore il fluido stand-by entra in azione, ma non rischia di disperdersi sulla tubazione in avaria.



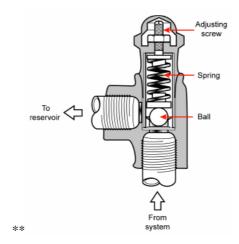
### Dispositivi controllo pressione

Questi componenti possono essere di vario tipo:

- Interruttori a pressione: sono usati, ad esempio, negli impianti dotati di pompe elettriche e vengono mantenuti collegati all'impianto idraulico. Con il loro intervento escludono l'alimentazione alla pompa quando la pressione supera un valore massimo, mentre la restituiscono quando scende sotto un valore minimo. Alcune volte sono usati con logica diversa: ad esempio in caso di rottura di una tubazione rilevano la caduta di pressione e tramite un relay tolgono la alimentazione alla pompa per evitare danni.
- Regolatori di pressione hanno il compito di mantenere la pressione entro un campo di valori prestabilito, e sono quindi caratterizzati da un certo range entro il quale si ha il ciclaggio della pressione.

- Valvole di sicurezza (Relief Valve) hanno la funzione di garantire che la pressione non superi un valore massimo di progetto per evitare danni all'impianto.

  Queste valvole sono realizzate da un elemento mobile a forma di sfera o di fungo che viene spinto verso la sede ricavata nel corpo valvola da una molla tarata:quando la pressione supera il valore di taratura il contrasto della molla viene vinto e la linea n pressione dell'impianto idraulico viene collegata con il ritorno al serbatoio; se, invece, la pressione torna nei limiti la molla spinge l'elemento mobile e la linea di ritorno rimane isolata.
- Valvole di priorità servono per dare priorità all'alimentazione di alcuni utilizzatori rispetto ad altri, e solo quando la pressione supera un certo valore tutti gli utilizzatori sono alimentati.
- **Restrittori** :alcune volte nei sistemi idraulici è necessario limitare il flusso di liquido in pressione tra la valvola di comando e l'attuatore, e questa funzionalità viene ottenuta mediante un passaggio calibrato inserito nelle linee di alimentazione. Tale componente è tecnicamente realizzato in due modi: restrittore a luce fissa e restrittore a luce regolabile.



## Orifice Check Valve

Questo componente consente la circolazione libera del flusso in una direzione e la circolazione con limitazione nella direzione opposta: il verso del flusso causa lo spostamento di una spola con luci di passaggio che sono tutte disponibili in una direzione ed alcune sono chiuse nella direzione opposta per effetto della tenuta della sede conica.

Tale componente é usato, per esempio, sulla linea dei ritorni del martinetto di azionamento carrello sulla **linea up** ove il carrello- per effetto del suo peso -uscirebbe troppo rapidamente .

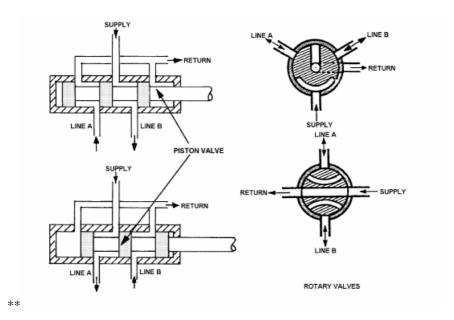
Un restrittore sui ritorni ne rallenterebbe la caduta ,mentre nella retrazione non ci sarebbero restrizioni e quindi flusso viene lasciato libero.

### Valvole Selettrici

La loro missione è di consentire al fluido l'accesso all'utenza quando necessario ed anche nella direzione desiderata; ed al tempo stesso devono consentire il ritorno al serbatoio.

Queste valvole sono costituite da un corpo dotato di una luce di entrata dell'olio in pressione e di due luci di collegamento al componente, mentre all'interno una spola comandata meccanicamente seleziona il percorso del fluido o comanda anche il blocco idraulico.

Nello schema allegato si vede che il fluido può accedere alternativamente ad una delle due camere in pressione, mentre la camera opposta invierà l'olio al serbatoio tramite le linee di ritorno; nella condizione neutra si ha la condizione di blocco idraulico.



#### Attuatori

La missione degli attuatori idraulici è quella di trasformare l'energia idraulica ricevuta dall'impianto che li alimenta in energia meccanica.

L'assorbimento di energia idraulica genererà forze applicate su una parte mobile dell'attuatore e quindi si potrà ottenere anche del lavoro.

Questi componenti hanno quindi una funzionalità inversa rispetto alle pompe, e sono di due tipologie:

- Attuatori lineari (martinetti)
- Attuatori rotanti (motori)

Gli attuatori lineari sono in genere dei martinetti e possono essere di vario tipo:

- *Martinetti ad una via* ove la pressione viene esercitata solo in una direzione ed il ritorno è dato dal contrasto esercitato da una molla.
- Martinetti a due vie ove la valvola di comando indirizza il fluido di andata e di ritorno.
- *Martinetti differenziali*: dipende dal fatto che le superfici attuatrici siano uguali o meno.

Gli Attuatori Rotanti permettono di assorbire energia idraulica e trasformarla in energia meccanica sotto forma di coppia disponibile su un albero di trasmissione.

Un tipo è realizzato con la stessa tecnica della **pompa Vichers**, di cui si tratterà in seguito ,ed in genere anche reversibile.

### Moduli idraulici

Un modulo è l'insieme di più componenti idraulici installati sullo stesso supporto fisico: ad esempio su esso possono essere riportati un filtro,un interruttore termico,una valvola di non ritorno, un indicatore magnetico di intasamento, ecc.

Per questi componenti non esiste un standard ed ogni costruttore adotta le soluzioni legate alla tecnologia di cui dispone ed alla missione del modello di velivolo da realizzare.

Il loro vantaggio funzionale è dovuto a :

- Semplifica la installazione a bordo e la ricerca avarie
- Permette sostituzioni in blocco
- Permette prova banco unitaria per tutte le funzionalità

Alcuni esempi di componenti collegati al modulo:

- Gruppo filtri e relativi tappi magnetici
- Interruttori a pressione, sensori di pressione differenziale
- Rilevatori di temperatura, interruttori termici, ecc.

## Pompe idrauliche a portata variabile & pressione fissa

La tipologia più diffusa è la **pompa tipo Vickers**: si tratta di una serie di pistoncini che mediante un sistema di comando possono variare la portata da un valore massimo di progetto fino a quello corrispondente a portata nulla.

La pompa, in genere, è dotata di una serie di questi pistoncini in parallelo,la cui portata si somma, le loro fasi sono opportunamente sfalsate in modo da generare un flusso ad intermittenza quanto più stabilizzato.

La energia meccanica viene presa dalla Gear Box motore o da un motore elettrico e trasmessa da un albero di trasmissione sia ad un tamburo rotante al cui interno sono stati ricavati tanti cilindri per quanti pistoni dispone la pompa, sia ad una piastra che trascina le bielle collegate ai singoli pistoncini (vedi figura).

Ogni biella dispone di **snodi sferici** alle due estremità di collegamento alla piastra ed al singolo pistoncino.

Il tamburo porta-pistoncini ruota alla stessa velocità angolare della piastra in quanto collegato allo stesso albero di trasmissione tramite un giunto cardanico, ma gira su un asse di rotazione che può essere diversamente angolato.

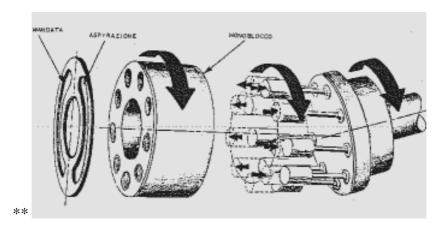
Questo genera una corsa dei singoli pistoncini funzione della angolazione, potendo variare da angolazione zero fino al valore massimo di progetto.

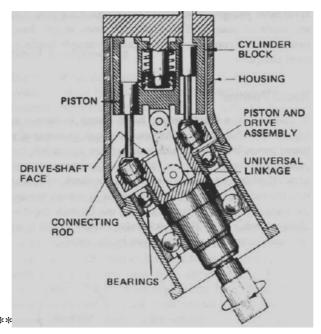
Il corpo pompa fisso presenta sul lato libero del tamburo rotante due collettori semicircolari: uno di aspirazione collegato al serbatoio ed un altro collegato alla linea di mandata della pompa.

Tra i due settori ci sono due zone prive di luci di collegamento che corrispondono ai punti morti della corsa del singolo pistoncino.

Quando il pistoncino si presenta davanti al collettore di aspirazione inizia anche la sua corsa di aspirazione, e quando arriva all'altro punto morto ed inverte la corsa si troverà davanti al collettore di mandata.

La corsa variabile è la chiave del sistema di regolazione della portata. Infatti la portata del singolo pistoncino dipende dalla sua corsa e la pompa Vichers dispone di un meccanismo che permette di rendere variabile la corsa in funzione della portata necessaria a mantenere fissa la pressione di esercizio: in caso di calo della pressione (rispetto ad un riferimento standard) si comanda la inclinazione dell'asse di rotazione del tamburo e quindi aumenta la corsa dei pistoncini. Quando le utenze interrompono l'assorbimento la pressione tende subito a crescere ed il sistema di regolazione porta a "zero" la angolazione del tamburo.





Il **sistema di regolazione** dispone di una molla tarata che contrasta la forza generata da un servopistone che riceve la pressione dell'impianto idraulico velivolo: lo spostamento del pistone trascina il dispositivo di angolazione del pistone rotante.

Tale meccanismo permette l'oscillazione del tamburo in modo da poter passare da portata massima a portata zero. La regolazione avviene mediante un elemento sensibile alla pressione dell'impianto (pompa a pressione fissa) che in presenza di assorbimento deve ricevere subito una corrispondente portata altrimenti la pressione scenderebbe.

Il sistema di regolazione entra in funzione quando dalla cabina piloti si comanda il funzionamento della pompa, altrimenti è disattivato e la pompa si dispone nelle condizioni di portata zero ( salvo un minimo per il raffreddamento interno ed in questo caso la portata di olio , dopo l'attraversamento della pompa torna direttamente al serbatoio attraverso un filtro di sicurezza).

Il comando dalla cabina piloti viene dato mediante un interruttore di controllo di un solenoide di comando pompa.

Lo stesso componente senza meccanismo di oscillazione della piastra costituisce una pompa alternativa a portata fissa.

Altro aspetto interessante di questo dispositivo e quello di essere una macchina reversibile: se riceve alta pressione dall'impianto il gruppo Tamburo/Pistoncini/Bielle/Albero di trasmissione si

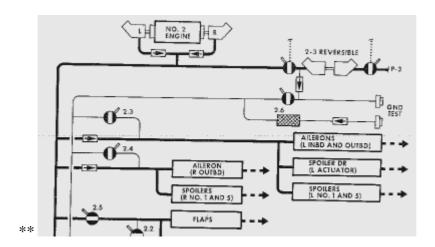
mette in movimento e genera una coppia sull'albero di trasmissione: si comporta come un convertitore di energia idraulica in energia meccanica.

## Gruppo Motore/Pompa Reversibile.

Tale componente dispone di due unità identiche basate sul principio precedente ciascuna alimentata separatamente da un impianto idraulico indipendente.,

Quando gli impianti idraulici sono tutti e due operativi a 3000 psi il sistema è in equilibrio, quando uno dei due ha un calo sensibile della pressione l'impianto funzionante fornisce energia idraulica al gruppo-motore che trascina il gruppo-pompa dell'altro impianto e mette in pressione il secondo impianto, e viceversa.

Si riporta un dettaglio dell'impianto di un velivolo Wide Body dove questo dispositivo viene utilizzato.



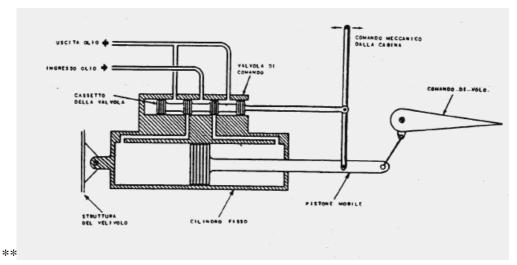
## Il concetto di contro-reazione

Quando in un impianto idraulico viene dato un comando mediante un selettore si apre una valvola e si invia all'attuatore una pressione idraulica che ne modifica l'assetto dell'attuatore stesso. Il movimento dell'attuatore sposta la parte comandata ( ad esempio un alettone).

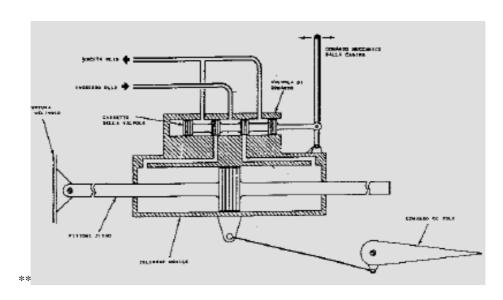
In generale il comando presenta vari **livelli di possibilità di selezione** e quindi l'attuatore deve fermarsi quando l'assetto della parte comandata ha raggiunto l'assetto desiderato.

Tale situazione deve presupporre che esista un sistema di contro-reazione che confronti la posizione selezionata con quella raggiunta, e porti a zero la valvola selettrice per fermare l'attuatore. Questo fenomeno di inseguimento può essere realizzato in vari modi e nel capitolo dei comandi di volo si darà maggiore dettaglio su questo concetto..

Si riportano degli esempi di realizzazione.



Schema con cilindro attuatore fisso



Schema a pistone fisso

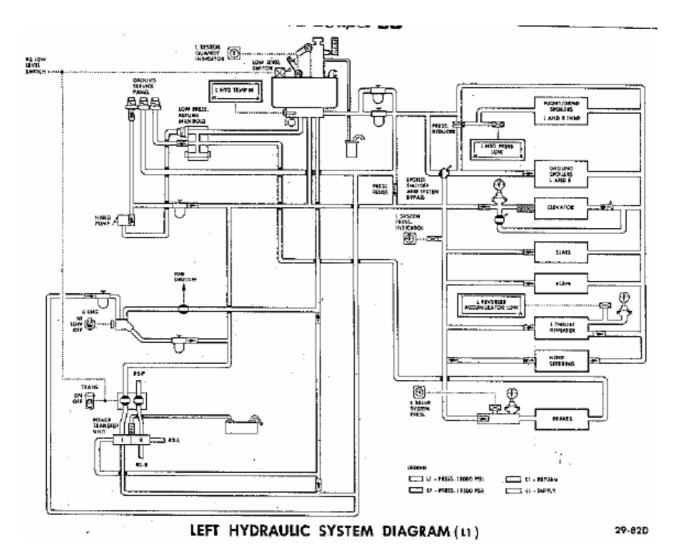
## Impianto idraulico MD 80

Nello schema a blocchi è riportato l'impianto idraulico MD 80

- L'aeromobile è dotato di due impianti separati e denominati sinistro e destro, dotati ciascuno di un proprio serbatoio pressurizzato.
- In cabina piloti si hanno gli **interruttori di comando** delle pompe e le **indicazioni** di pressione e quantità, e gli **avvisi luminosi** di bassa pressione ed alta temperatura.
- Gli avvisi di bassa pressione si hanno quando si scende sotto 1000 psi, mentre quelli di alta temperatura quando l'olio supera 200°F.
- La valvola di sicurezza interviene a 3600 psi.
- Gli impianti sinistro e destro sono abbastanza simili , ma presentano delle differenze realizzative che vengono evidenziate negli schemi.

IMPIANTO IDRAULICO 2007 23

- L'impianto destro dispone della pompa motore, delle connessioni a terra per la manutenzione, di una pompa a mano per manutenzione, di una pompa ausiliaria elettrica a corrente alternata e di un gruppo motore/pompa reversibile.
- L'impianto sinistro è simile, ma non dispone della pompa ausiliaria elettrica.
- Il sistema opera a 3000 psi nelle fasi di massimo utilizzo delle utenze ,in crociera la pressione viene portata a 1500 psi, in quanto l'energia idraulica e' necessaria solo ad alcuni comandi di volo l'impianto utilizza olio skydrol 500b4.
- Le pompe motore vengono attivate dal comando dato dalla cabina piloti con il quale forniscono 3000psi, 1500psi oppure non danno pressione ed operano solo in auto-lubrificazione.
- Le valvole shutt-off tagliano l'aspirazione del fluido dai relativi serbatoi in caso di perdita idraulica, incendio motore, ecc.
- Gli impianti sono realizzati in similitudine come componentistica.

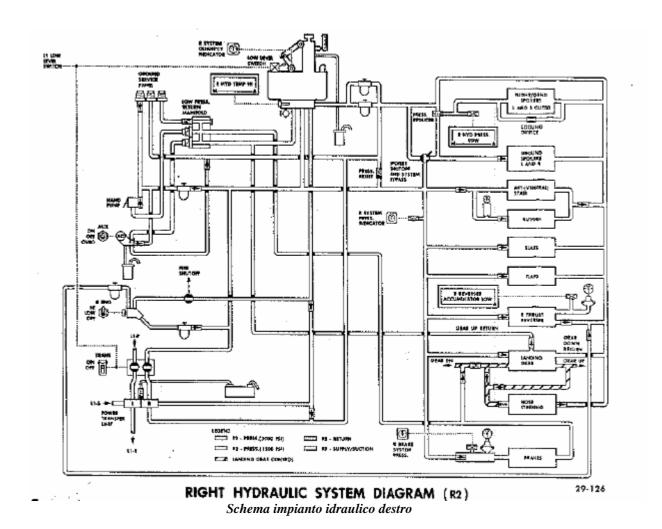


### Schema impianto idraulico sinistro MD80

- Pompa motore, comando pompa linea di lubrificazione pompa e filtro sul ritorno
- Linea di pressurizzazione serbatoio
- Attacchi banco idraulico
- Gruppo motore/pompa reversibile
- Accumulatori su reverse, freni, elevatore

IMPIANTO IDRAULICO 2007

24



Il velivolo MD80 è dotato anche di un **impianto ausiliario** che viene usato in caso di mancanza di energia idraulica delle pompe motore. Questo impianto si alimenta dal serbatoio di destra ed utilizza una pompa elettrica (**auxiliary pump**) comandata da un apposito interruttore.

L'impianto ausiliario entra in funzione in caso di avaria delle due pompe idrauliche principali motore.

### Riflessioni generali sull'impianto idraulico

- A) I velivoli vengono dotati a volte tre o anche più impianti indipendenti: questa complicazione permette però di avere livelli di ridondanza adeguati al tipo di velivolo.
- C) Con il velivolo in condizioni di terra e motori spenti la pompa ausiliaria elettrica mette in pressione il suo impianto e mediante il gruppo motore/pompa anche gli altri se disponibile un gruppo motore-pompa.
- **D**) Alcuni velivoli dispongono di una **coppia di pompe motore**, ed anche questo contribuisce a rendere adeguato il livello di ridondanza.
- **E**) Quando il velivolo è in hangar e l'impianto è in pressione il rischio di incidenti per la involontaria messa in movimento di parti viene gestito con severe procedure ed anche con l'utilizzo di particolari valvole di By Pass che vengono azionate solo in caso di manutenzione.