

IMPIANTO A.P.U.

Missione dell'impianto

L'impianto **Auxiliary Power Unit (A.P.U.)** ha il compito di fornire **energia elettrica ed energia pneumatica** al velivolo in varie situazioni operative.

Aspetti costruttivi

L'APU è costituito da un motore turbogas che converte l'energia potenziale chimica del carburante in energia meccanica con la quale viene trascinato un compressore ed una scatola rotismi. Il suo ciclo termodinamico è simile a quello di un propulsore.

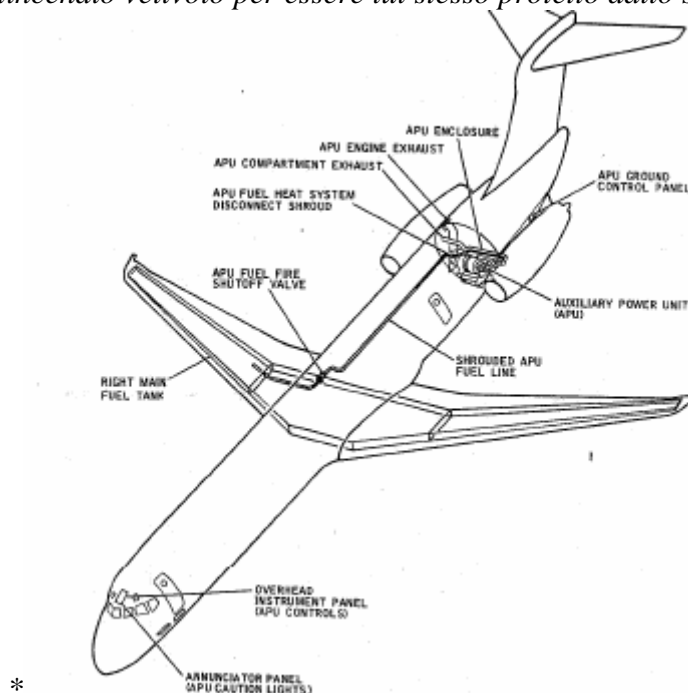
Il compressore dell'APU è dimensionato per comprimere una quantità di aria in eccesso a quella assorbita dalla turbina per permettere degli prelevamenti di aria calda in pressione ed alimentare l'impianto pneumatico.

L'APU è dotato di una Gear Box, del tutto simile a quella dei propulsori della lezione precedente, mediante la quale fornisce energia meccanica a tutta una serie di accessori propri dell'APU ed inoltre ad un Generatore elettrico che si può collegare alle barre dell'impianto elettrico velivolo.

L'APU è oggi presente in quasi tutti i velivoli di una certa dimensione e permette una notevole autonomia operativa sia a terra sia in particolari condizioni di volo.

In termini impiantistici l'APU risulta collegato:

- all'impianto pneumatico velivolo (tramite una valvola di isolamento) per fornire, su richiesta, energia pneumatica ad esempio a velivolo fermo con motori spenti.
- all'impianto elettrico velivolo (tramite relay di collegamento alle barre) per alimentare l'impianti velivolo in assenza di fonti esterne, propulsore spento, o avaria del generatore trascinato dal propulsore.
- all'impianto carburante velivolo perché usa lo stesso carburante dei propulsori.
- all'impianto antincendio velivolo per essere lui stesso protetto dallo stesso sistema.

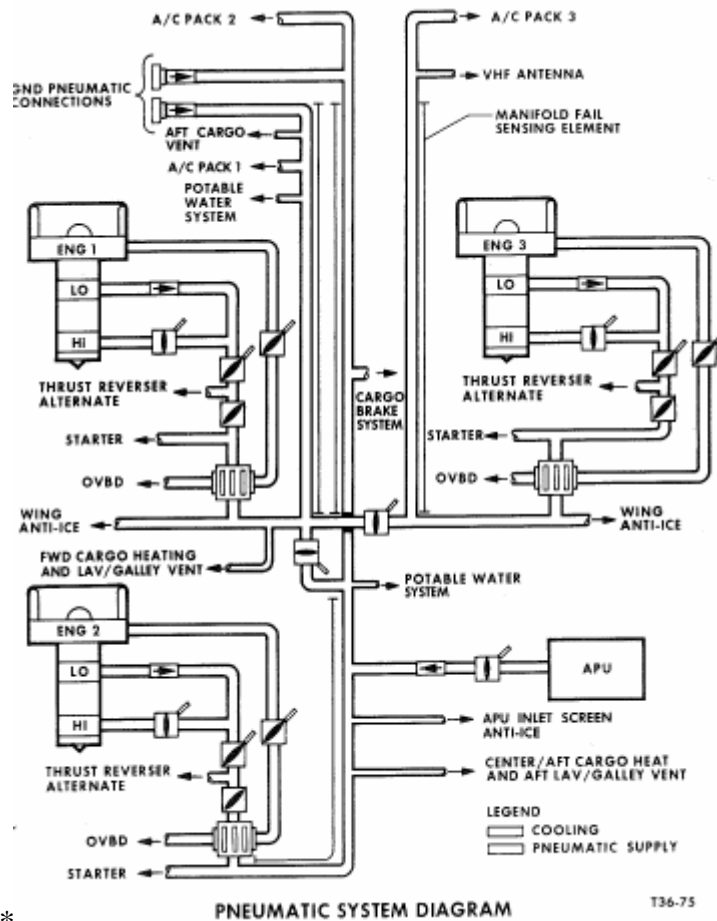


Esempio di installazione APU su velivolo medio raggio

Quando il velivolo è a terra ed i motori sono spenti tutto il velivolo dipende totalmente dalla organizzazione aeroportuale in termini di energia elettrica, aria condizionata ed aria compressa per l'avviamento motori: tale dipendenza può essere annullata dotando il velivolo dell'impianto APU (si può avviare con la batteria di bordo).

In questo caso il velivolo deve avere tra i suoi impianti anche l'APU (con evidenti impatti su costo di acquisto, peso, consumi carburante, costi di manutenzione, ecc), ma in compenso si avrà l'autonomia del velivolo ed il risparmio dei servizi a terra forniti dall'Handling.

**



* Schema di collegamento al Pneumatico dell'APU di un Wide Body

Si tratta di un importante esempio di correlazione tra aspetti economico/operativi e soluzioni tecniche adottate negli impianti di bordo.

In alcuni velivoli l'APU assume una funzione importante anche con il velivolo in volo e rappresenta una fonte alternativa in caso di avarie in particolare dei generatori motore.

In termini concettuali il velivolo potrebbe essere privo di tale impianto, ma si dovrebbe accettare una serie di limitazioni:

- **L'operatività** sugli aeroporti dipenderebbe da una serie di servizi fissi o semoventi da dedicare ad ogni volo con del personale specializzato: ad esempio G.P.U(Ground Power Unit) per l'energia elettrica, G.C.U. (Ground Conditioning Unit) per l'aria condizionata, ed il G.S.U. (Ground Starter Unit) per l'aria compressa per l'avviamento motori.
- Il **costo** di tali servizi si ripeterebbe ad ogni operazione di handling per tutta la vita del velivolo.

- **Il livello di servizio** dei voli dipenderebbe non solo dal velivolo e la sua organizzazione tecnica, ma anche dal contesto dei supporti aeroportuali quali il gruppo pneumatico d'avviamento, il gruppo di condizionamento ed, il gruppo elettrico esterno.

Aspetti operativi/economici

L'impianto **APU** presenta pertanto vantaggi operativi significativi, ma comporta anche costi di gestione tecnica che dipendono dalla sua affidabilità e dalla sofisticazione costruttiva.

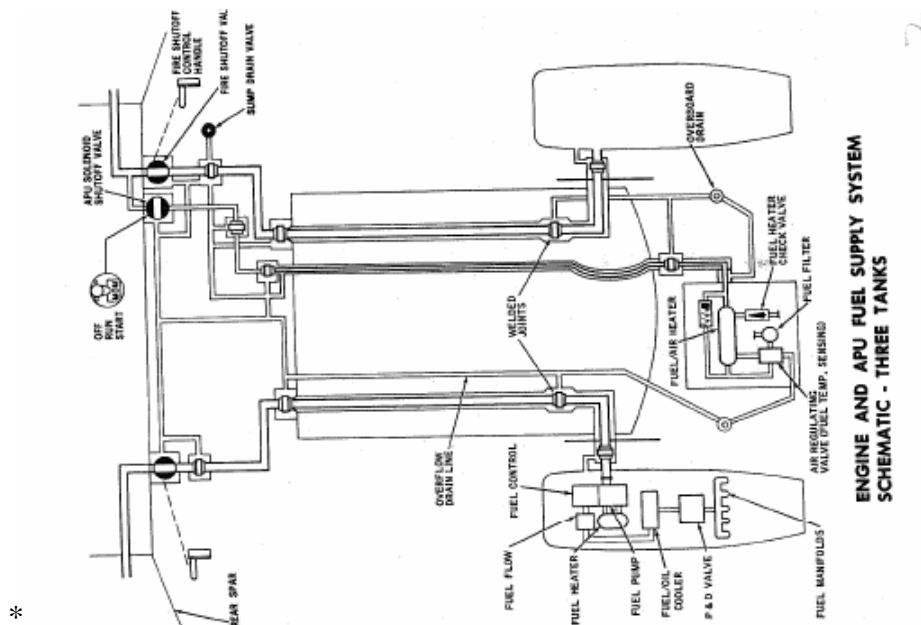
Le condizioni operative di funzionamento dipendono dal tipo di velivolo e dalla tipologia di missione (velivolo civile per passeggeri o merci, velivolo militare, ecc), ma in genere l'APU interviene nelle seguenti tipologie d'esigenze:

- **Condizioni di terra:** fornisce energia elettrica all'impianto elettrico velivolo ed energia pneumatica per il condizionamento e l'avviamento motori.
- **Condizioni di volo:** fornisce energia elettrica in caso di avaria di un generatore trascinato dal motore.
- **Condizioni d'emergenza:** in volo a bassa quota fornisce energia pneumatica per impianto di condizionamento (non su tutte le tipologie di velivoli).

Funzionamento dell'A.P.U.

L'APU è basicamente un **motore turbogas** dotato di un sistema d'avviamento con motore elettrico e che preleva il carburante dai serbatoi del velivolo. Il ciclo termodinamico è quello classico dei turbogas.

Sia il motore elettrico di avviamento che la pompa carburante APU sono alimentate dalle batterie di bordo, che quindi permettono al velivolo una autonomia operativa, quando necessaria.



La missione dell'impianto è quella di fornire energia pneumatica(tramite un prelievamento di aria dal suo compressore) ed energia elettrica generata da un generatore collegato alla turbina di potenza tramite una presa di moto).

La parte del compressore è dimensionata per permettere di elaborare significativi volumi d'aria compressa al fine di alimentare:

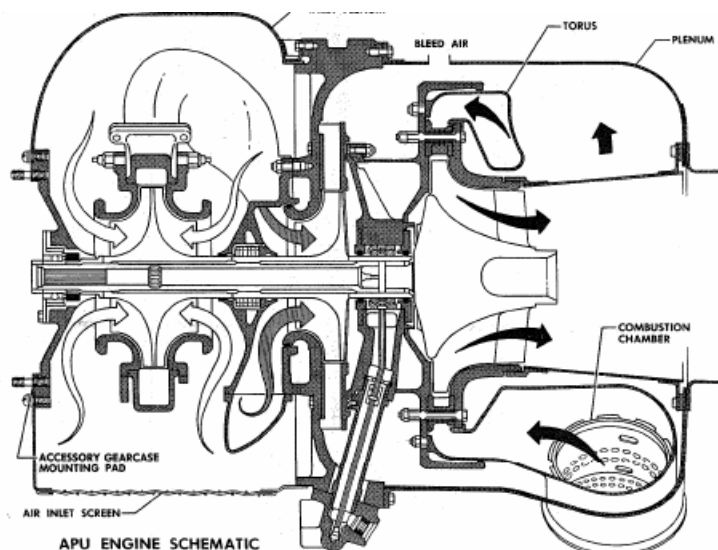
- Il pneumatico velivolo sia per il suo condizionamento sia per l'avviamento motori, quando necessario, con il velivolo a terra.
- Di alimentare il suo gruppo turbina di potenza.

La parte turbina è dimensionata per permettere il trascinamento del compressore, il generatore di energia elettrica per il velivolo e tutta una serie di utenze interne allo stesso APU, necessarie al suo funzionamento(pompa olio, carburante, trasmettitori di giri, sistema di regolazione dei giri ecc).

La doppia missione che l'APU deve assolvere rende a volte necessarie soluzioni costruttive più sofisticate per ottimizzare le singole funzionalità.

Infatti in alcune versioni si ha un doppio gruppo compressore/turbina coassiali, di cui il primo destinato prevalentemente alla produzione di aria compressa per l'impianto pneumatico, e l'altro gruppo collegato al generatore elettrico ed al sistema di utenze dell'APU stesso.

A questo riguardo si rimanda agli schemi delle figure riportate in seguito.



Schema costruttivo APU del velivolo MD80

Gli impianti dell'APU

L'APU per funzionare necessita di una serie di **accessori** destinati al proprio funzionamento quali: la sua pompa carburante ad alta pressione, la pompa dell'olio di lubrificazione, i radiatori di raffreddamento dell'olio e di riscaldamento carburante, i sistemi di indicazione e protezione sistemi di comando/regolazione e soprattutto il sistema di regolazione di giri dell'asse collegato al generatore capace di garantire un funzionamento a giri costanti per garantire la stabilità della frequenza.

L'energia pneumatica viene spillata dal gruppo compressore che quindi risulta adeguatamente dimensionato anche per accettare condizioni di carico pneumatico molto variabili (solo avviamento motori, solo pneumatico a terra con clima molto caldo, ecc)

L'energia elettrica viene fornita mediante un generatore di corrente alternata a frequenza 400 hz e trascinato da una presa di forza collegata alla scatola accessori.

L'APU è concepito per funzionare a giri costanti onde garantire la frequenza corretta del generatore elettrico, comunque varino i carichi.

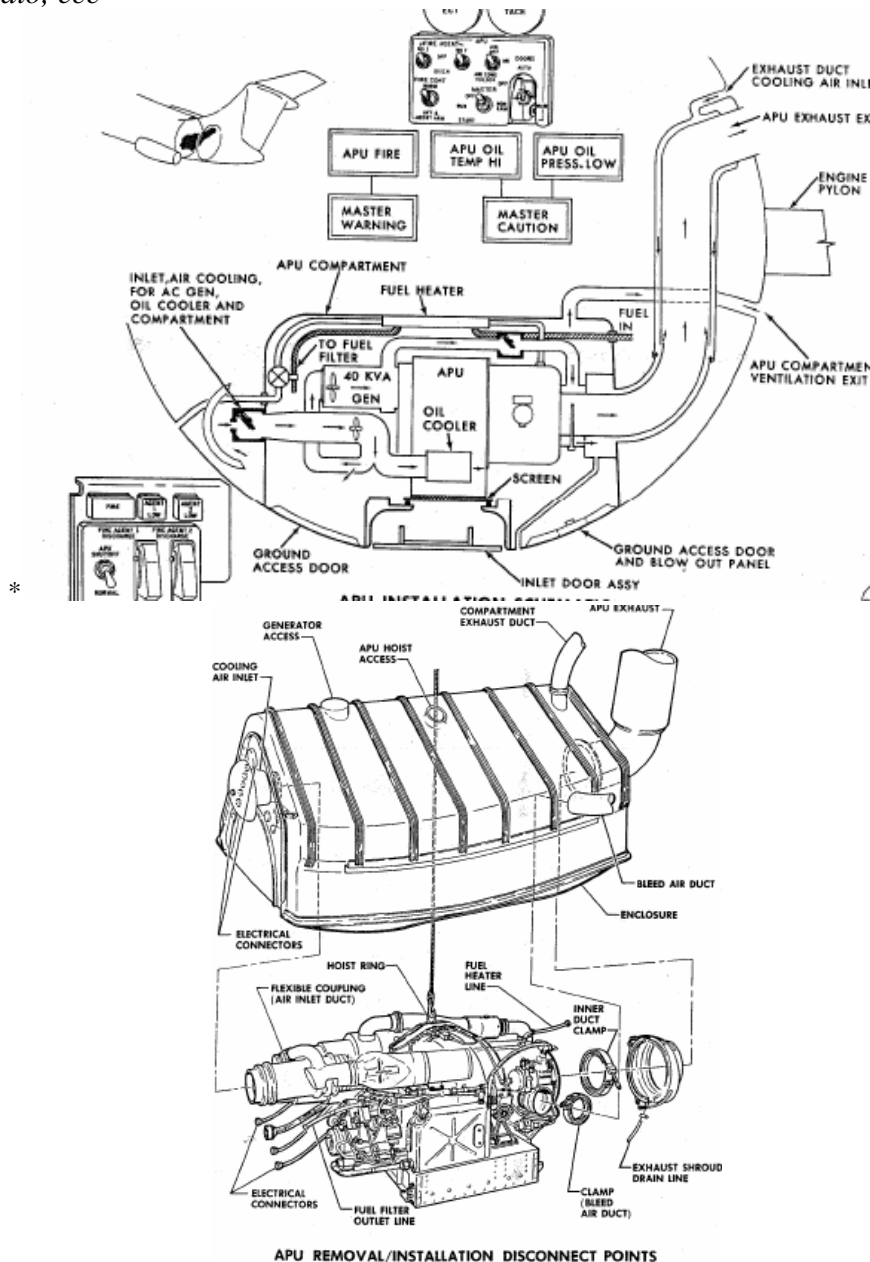
Il sistema di governo dell'APU è pertanto complesso perché la variabilità dei carichi sia elettrici sia pneumatici rende sofisticate sia le soluzioni costruttive sia della parte compressori/ turbina, sia il sistema di regolazione dei giri.

Il sistema di regolazione dei giri agisce in genere sulla mandata carburante ed in alcuni modelli di APU su una serie di palettature statoriche a geometria variabile.

Installazione dell'APU.

Dal punto di vista realizzativo è costituito da una unità collocata in genere nella parte posteriore del velivolo, in zona non pressurizzata, rimovibile nel suo insieme, ed accessibile dall'esterno per le normali attività di manutenzione e servicing.

Il gruppo APU è in genere raccolto entro un contenitore stagno che lo isola fisicamente dal resto e semplifica alcune funzionalità quali il raffreddamento e la ventilazione dell'ambiente, gli interventi anti incendio, ecc



L'installazione è nella parte posteriore della fusoliera, con prese aria e scarichi adeguatamente distanziati per evitare cortocircuiti del flusso.

La collocazione nelle zone di coda risponde ad esigenze di sicurezza e di contenimento del rumore.

Sistemi di comando e controllo dell'APU

L'avviamento ed il controllo dell'APU vengono effettuati dalla cabina piloti, ove si dispone sia dei comandi di

- *Avviamento e di test del sistema antincendio*
- *Comando pompa carburante*
- *Strumenti di controllo*
- *Selezione del collegamento generatore elettrico all'impianto elettrico velivolo*
- *Lo spillamento aria per l'impianto pneumatico di bordo*
- *Sistemi di avviso ed intervento antincendio.*

Nella fase d'avviamento APU un gruppo batterie fornisce energia elettrica al motore elettrico di lancio del gruppo compressore/turbina, alle pompe carburante in corrente continua, al sistema d'accensione e controllo, ed ovviamente al sistema avviso/estinzione incendio.

In caso di emergenza (ad esempio avviso incendio) l'APU viene disattivato dallo stesso pannello mediante la chiusura del carburante, ed avviati i comandi d'isolamento e scarica dei fluidi estinguenti.

In caso d'emergenza, avvertita dall'esterno velivolo grazie a sistemi d'avviso luminoso (luci avviso) e sonoro (sirene) un apposito pannello esterno alla fusoliera permette le stesse azioni con immediatezza.

*Il gruppo ausiliario APU è dotato quindi di una sua **totale autonomia** e quindi può:*

- *Essere alimentato di energia elettrica e carburante a velivolo spento mediante la sola batteria velivolo*
- *Funzionare a prescindere da supporti esterni*
- *Dispone di un sistema di comando, controllo, rilevamento ed estinzione incendio del tutto autonomi sia dalla cabina piloti sia da un pannello di servizio esterno alla fusoliera.*

Realizzazione dell'APU

In termini realizzativi è simile ad ogni motore turbogas, e pertanto dispone di:

- *Gruppi compressore/turbina, a volte multiple ed a giri indipendenti.*
- *Camere di combustione e sistema d'iniezione accensione carburante.*
- *Sistema d'avviamento ed accensione.*
- *Sistema di regolazione a giri costanti per il gruppo collegato al generatore.*
- *Sistemi di governo palette statoriche orientabili nei modelli a doppio albero coassiale.*
- *Sistema lubrificazione e raffreddamento interno.*
- *Gestione parametri attuato mediante informazioni ricevute dai sistemi di controllo delle utenze con trasmissione dati ormai tutte digitalizzate ed elaborate dal calcolatore di controllo.*
- *Sistema di rilevamento ed estinzione incendio.*

Le soluzioni costruttive per realizzare queste funzionalità possono in parte variare, e per questo vengono riportati nella dispensa gli schemi dell'APU MD80 e DC10.

L'obiettivo è di esercitarsi, a parità di missione, a riconoscere le differenze costruttive come esigenze legate allo specifico velivolo, ed al tempo stesso riconoscere che concettualmente non ci sono differenze funzionali.

Impianto APU MD80

L'impianto è costituito un gruppo monoalbero caratterizzato da:

- **Compressore centrifugo a due stadi:** il primo centrifugo a palettatura bilaterale ed il secondo centrifugo a palettatura singola.
- Dal compressore l'aria è inviata ad un collettore di raccolta ove la parte destinata all'impianto pneumatico è prelevata da una apposita valvola, mentre la parte restante inviata alla camera di combustione.
- Nella **camera di combustione** viene immesso il carburante e realizzata la conversione della energia potenziale chimica in energia entalpica.
- **La turbina**, di tipo centrifugo a stadio singolo, converte l'energia potenziale termica in energia meccanica.
- L'albero di trasmissione, ove è calettata la turbina, permette di trascinare sia i due stadi del compressore sia la scatola ruotismi o ingranaggi.
- La **scatola ingranaggi** trasmette potenza a varie utenze: il generatore elettrico e tutte le unità di servizio e controllo dell'APU.
- Le **unità di servizio dell'APU** più importanti sono: la pompa carburante integrata al fuel control unit (fcu), il sistema di regolazione di giri, il sistema di ventilazione e lubrificazione, il trasmettitore di giri.
- Il motore elettrico di avviamento è calettato sulla scatola ruotismi e trasmette potenza all'albero di collegamento compressore/turbina attraverso la stessa trasmissione con la quale si preleva potenza ad APU avviato.

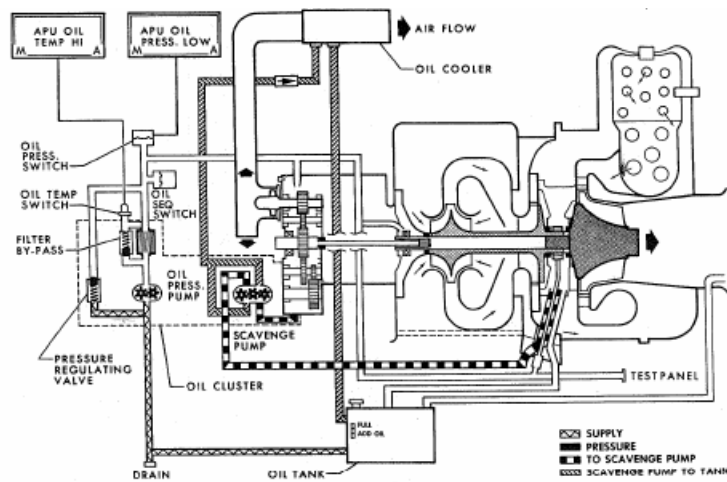
Alcuni ordini di grandezza dell'APU MD80:

- Peso 350 lb.
- Temperatura massima egt 620 °C
- Giri al minuto 43.000 tolleranza 100.
- Potenza sull'albero circa 60 hp.
- Massimo spillamento aria 100 lb/min.

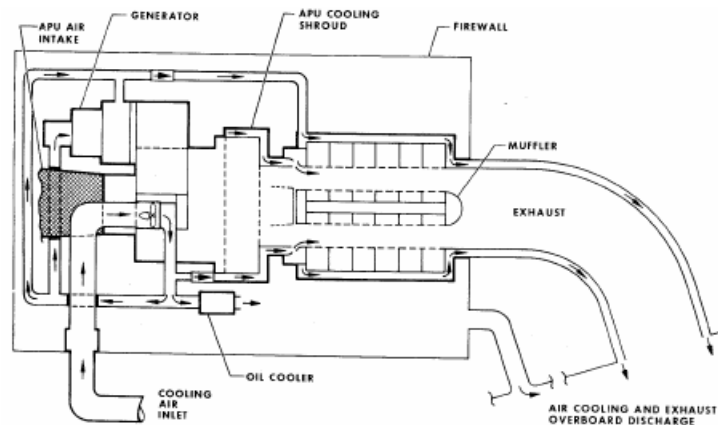
L'APU è dotato di una sua serie di impianti che ne garantiscono il funzionamento, ad esempio:

- **Impianto ventilazione:** un ventilatore trascinato dalla scatola ingranaggi preleva aria dall'esterno della fusoliera e la ripartisce con appositi condotti per ventilare e raffreddare il generatore di corrente alternata, alcuni accessori come il radiatore dell'olio, ed il vano APU stesso, per poi essere scaricata all'esterno.
- **Scatola ruotismi:** comprende una serie di riduzioni e di prese di forza per il trascinamento del generatore, ventilatore, pompa alta pressione e regolatore di flusso carburante, pompe di lubrificazione, trasmettitore di giri, interruttori centrifughi di sequenza.
- **Impianto alimentazione carburante:** è costituito da una pompa a corrente continua per l'avvio e da un doppio condotto di alimentazione coassiale per proteggere il velivolo da eventuali perdite di carburante lungo la fusoliera, che il condotto esterno raccoglie e drena verso l'esterno della fusoliera.

- **Regolatore flusso carburante:** serve al controllo della accelerazione e stabilizzazione dei giri al variare dei carichi.
- **Impianto pneumatico APU:** ha la funzione di proteggere l'APU stesso da un prelevamento troppo istantaneo di aria compressa dal compressore per inviarla nell'impianto velivolo. Si deve evitare che si abbiano improvvisi aumenti di temperatura nelle camere di combustione e sulle turbine a causa d'un istantaneo assorbimento.
- **Impianto di lubrificazione APU:** è dotato di pompe di mandata e recupero, filtro, interruttori di bassa pressione ed alta temperatura capaci di attivare la chiusura automatica del carburante ed evitare danni al sistema.



APU ENGINE OIL SYSTEM SCHEMATIC



Impianto APU DC10

L'impianto è caratterizzato da un gruppo bi-albero costituito da due gruppi indipendenti compressori/turbina che ruotano a giri molto diversi, denominati (N1) ed (N2):

- Il primo gruppo (N1) è costituito da un compressore assiale a tre stadi trascinato da una turbina assiale a due stadi, ed opera a velocità variabile tra 17000 e 28000 giri il minuto.
- Il secondo gruppo (N2) è costituito da un compressore centrifugo collegato ad una turbina assiale ed opera stabilmente a 35300 giri il minuto. La camera di combustione è inserita tra il compressore e la turbina di questo gruppo.
- Nel gruppo (N2) avviene la combustione e l'energia prodotta dalla sua turbina viene utilizzata per azionare il relativo compressore, per fornire potenza alla turbina successiva del gruppo (N1), e poi azionare la scatola accessori.
- Il primo gruppo (N1) comprime sia l'aria destinata all'impianto pneumatico velivolo sia quella che aziona il gruppo (N2)
- La regolazione dei due gruppi risponde a logiche diverse ed utilizza la dosatura di carburante per il gruppo (N2) ed un sistema di palette statoriche orientabili poste tra il gruppo turbine del gruppo (N1) ed (N2).
- La logica del gruppo (N2) è di operare a giri fissi, quella del gruppo (N1) di accettare forti variazioni di assorbimento del pneumatico velivolo.

