



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 788

DATA: 16/12/2013

A P P U N T I

STUDENTE: Quarata

MATERIA: Sistemi di Bordo Aerospaziali+ Eserc.

Prof. Maggiore

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

4/03/2013

SISTEMI DI BORDO

Un sistema di bordo è un'entità ottenuta dall'unione di un certo numero di componenti connessi fra loro attraverso collegamenti.

I collegamenti possono essere fisici: tubi, cavi, ... oppure non fisici, ad esempio i digitali. Tali collegamenti sono capaci di trasportare materia, energia, informazioni. Il componente singolo è inutile se preso da solo.

I componenti messi insieme e opportunamente scelti a saranno specifiche funzioni.

1. SISTEMA PRIMARIO → VEICOLO controllare e pilotare

2. SOTTO-SISTEMA → IMPIANTO IDRAULICO azionare comandi di volo

3. COMPONENTE → ATTUATORE movimento comandi di volo

Un veicolo a motore, di qualsiasi categoria sia, ha bisogno almeno di una quindicina di sotto-sistemi eterogenei che devono coesistere sullo stesso sistema primario. Per un aereo saranno minori.

I componenti sono separati e distinti messi in collegamento da elementi di trasporto, si rappresentano con rettangoli messi in relazione da frecce direzionali.

Per apportare calore da un fluido liquido è meglio utilizzare un altro fluido liquido perché si crea un flusso continuo di molecole vicine che è più efficiente dell'irraggiamento che si avrebbe con un fluido gassoso.

Il numero e la complessità dei sotto-sistemi dipende dalla classe del veicolo.

Per funzioni complesse si ricorre all'integrazione tra sotto-sistemi.

Gli impianti di bordo sono importanti anche per la sicurezza e la riuscita della missione, si dividono in:

- IMPIANTI PRIMARI, il cui guasto può compromettere la sicurezza del velivolo e/o delle persone trasportate,
- IMPIANTI SECONDARI, il cui guasto può degradare il comportamento del velivolo e far abortire la missione, senza compromettere la sicurezza
- IMPIANTI AUSILIARI, il cui guasto può degradare la missione o creare disagi ma consente ugualmente di eseguire la missione

Spesso un aumento dell'efficienza e dell'affidabilità di un componente ne incrementa il peso in aerodinamica è una variabile fondamentale.

Il peso va di pari passo con i requisiti di sicurezza, la ridondanza aumenta il peso quindi bisogna trovare un bilanciamento.

L'aria è sottoposta a un range molto ampio di temperatura, dai -60° nella troposfera a $+70^{\circ}\text{C}$ all'equatore, inoltre le zone vicine ai propulsori risultano più riscaldate. Queste variazioni di temperatura hanno influenza sul modo di funzionare di componenti. Il volo in quota porta riduzione non solo di temperatura, anche di pressione, di densità e variazioni di umidità.

Alle variazioni di umidità sono particolarmente sensibili i componenti elettrici. Le variazioni di pressione possono avere influenza provocando il passaggio di umidità attraverso i contenitori dei componenti elettrici.

La densità dell'aria è importante per quanto riguarda la capacità di smaltimento di calore, esigenza presente in tutti i componenti che, per quanto ottimizzati, non potranno mai avere un rendimento del 100%.

I componenti devono essere fatti in grado di resistere e di funzionare correttamente anche di fronte alle accelerazioni corrispondenti ai fattori di carico e contingenza del velivolo e a fattori locali. Critici sono anche gli effetti dovuti alle vibrazioni, che localmente possono indurre accelerazioni assai elevate.

Ad esempio ad x g la densità dell'acqua passa da 1 kg/dm^3 a

menti considerati come "scatole nere", ossia definiti solo a livello di interfaccia, vengono definiti dei parametri, poi come debba essere fatto il componente all'interno è compito del componentista.

La progettazione sistemistica si articola in:

- ideare "schema a blocchi" dell'impianto
- creare un modello matematico, ossia scrivere le relazioni tra grandezze di interfaccia dei vari componenti tenendo presente che, in molti casi, l'output di un blocco sarà input per un altro
- risolvere il modello matematico, ossia trovare i valori per tutte le grandezze di interfaccia di tutti i blocchi (molto usata la simulazione) che, quando saranno fisicamente realizzati, garantiranno un funzionamento ottimale dell'impianto
- si assegna un part number per ciascun componente
- per i vari componenti di cui si saranno definite le caratteristiche di interfaccia si emette una Request for Proposal inviata alle aziende componentistiche del settore
- si esaminano le risposte e si sceglie la più conveniente per ogni componente che viene ordinato.

La progettazione sistemistica è modernamente considerata la più sofisticata ed anche la più redditizia.

CONSERVAZIONE DELL'ENERGIA

La prima forma energetica è quella cinetica.

$$E_C = \frac{1}{2} \rho V^2$$

L'energia potenziale nasce quando inseriamo la materia in un campo gravitazionale.

$$E_Z = \rho g z$$

L'energia di pressione nasce quando un fluido è sottoposto a pressione.

$$E_P = p$$

(IP: volume unitario)

L'energia interna per i liquidi è: $E_i = c_v T$

Il primo principio della termodinamica assicura che le variazioni di energia in un sistema sono uguali al lavoro che viene esercitato sul sistema stesso.

$$p_2 + \frac{1}{2} \rho_2 v_2^2 + \rho_2 g z_2 + c_v T_2 = p_1 + \frac{1}{2} \rho_1 v_1^2 + \rho_1 g z_1 + L + q$$

COMANDI DI VOLO (ATA 27)

La codifica è air controls.

I comandi di volo si suddividono in primari e secondari e svolgono compiti essenziali per variare le forze aerodinamiche e quindi l'assetto dell'aereo alterando localmente in modo che grazie al braccio di tali forze nascano delle coppie intorno agli assi del velivolo.

Quelli primari creano coppie intorno al baricentro, quelli secondari aumentano C_L ma anche C_D .

I comandi primari possono essere reversibili e potenziati, quando sono supportati da altri impianti, di solito quello idraulico.

Per aerei e velivoli piccoli si hanno comandi puramente meccanici.

Per medi e grandi velivoli servocomandi potenziati per via idraulica e di tipo fly-by-wire, bisogna creare un elemento che dia la sensazione al pilota di quanto sta variando la posizione del comando.

Per velivoli militari si hanno comandi fly-by-light (fibra ottica) potenziati

La sicurezza è indispensabile nei comandi di volo e si persegue rendendo accettabile rischio ovvero con impiego di componenti più affidabili o con ridondanze.

Criticità della manutenzione nel mantenere inalterate sicurezza e affidabilità in esercizio (continuing airworthiness).

I comandi di volo possono essere rigidi o flessibili. I flessibili sono costituiti da due funi e da pulegge. l'organo su cui agisce il pilota si chiama barra o celerie o al massimo è un volante nei velivoli militari.

I comandi rigidi sono costituiti da aste.

MOMENTO DI CERNIERA

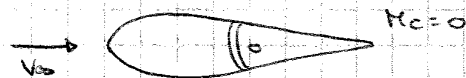
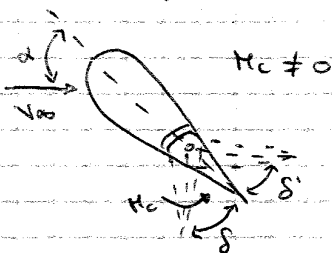
$$M_c = C_{mc} \frac{\rho}{2} V^2 S c$$

C_{mc} dipende da k_0 quando il profilo è simmetrico, dall'angolo di incidenza α e dall'angolo di barra δ .

$$C_{mc} = k_0 + k_a \cdot \alpha + k_b \cdot \delta$$

Nel caso particolare di velocità e profilo biconvesso simmetrico, in velocità di incidenza nulla, la superficie mobile anche se non ha celerie si dispone in modo simmetrico allineandosi al flusso, e non si sposta.

Viceversa se la velocità assume un'incidenza α non nulla, causa l'asimmetria del flusso aerodinamico, la superficie mobile tende a ruotare, assumendo un angolo di barra δ'



Se si vuole mantenere un angolo di barra δ sarà necessario contrastare il momento di cerniera M_c .

COMANDI DI Volo PRIMARI: - proporzionali e ad azionamento continuo,

- modificano la traiettoria generando momenti:

M_x alettori, M_y equilibrate, M_z timone.

COMANDI DI Volo SECONDARI: - azionamento "on-off" o con numero limitato di posizioni

- modificano le caratteristiche di volo:

accelerazioni e spinte aumentano con i passanti (C_{max}).

COMPENSAZIONE AERODINAMICA

Il bilanciamento statico ha il compito di rendere la forza insensibile alla superficie del comando di volo.

Se la velocità cresce e il velivolo è grande, il momento di cerniera diventa troppo grande e richiede una forza troppo grande per essere esercitata dall'uomo. Esistono due soluzioni, per i comandi reversibili, agendo sul coefficiente di momento di cerniera:

- becchi di compensazione
- aletta compensatrice (balance tab)

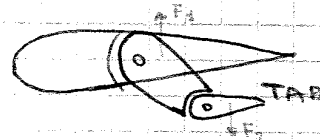
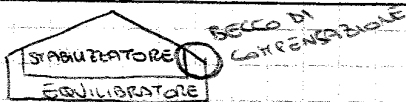
I becchi sono delle propaggini della parte mobile, quando l'aria aggira il becco si ha una riduzione di pressione sulla protuberanza.

F_1 , dovuta ai becchi, è posta anteriormente all'asse di cerniera.

Si crea una forza F_1 opposta alla forza F_2 , che compensa il momento di cerniera. F_1 è piccola altrimenti si avrebbe un'alterazione del comando.

Il momento di cerniera che prima era legato alla F_2 è ridotto dalla F_1 .

Problemi: resistenza aerodinamica, blocco per formazione di ghiaccio



L'alaletta compensatrice è una propaggine, una frangia della parte mobile collegata alla parte fissa con un parallelogramma articolato.

Viene privata a ruotare in direzione opposta alla restante parte della superficie mobile.

La forza F_1 è legata alla rotazione della parte maggiore della parte mobile, nell'alaletta si crea pressione più bassa sotto e più alta sopra quindi si crea la F_2 . A parità di effetto la forza F_2 può essere più piccola di quella dei becchi di compensazione perché il braccio è molto più grande.

Maggiore pulizia aerodinamica della superficie rispetto al becco, inoltre il becco è molto vicino al bordo di attacco, punto in cui si crea il ghiaccio, quindi si può bloccare il comando di volo.

Il parallelogramma per l'alaletta ormai si mette internamente.

Leghe di alluminio e Se di esse vengono fissati i fissaggi per le pulegge e funi invece sono in acciaio. Quindi i coefficienti di dilatazione termica sono diversi, e struttura andando in quota si riduce più delle funi, quindi queste iniziano a "ballare", con il cabine invece le funi risultano troppo tirate e si usano i cuscinetti.

Le funi non vengono fatte in acciaio perché sarebbero più fragili, meno elastiche.

Con i regolatori di tensione mantengono la tensione costante.

I terminali delle funi sono in alluminio.

Come si misura la tensione?

Con i turnbuckle devo inserire una tensione con delle "bilance".

Le funi passano attraverso delle paratie, c'è un sistema gommoso e evita la fuoriuscita dell'aria inserendosi tra i trefoli.

sezione, allo spessore e al materiale (tipicamente alluminio).

Modello elastico, momento di inerzia della sezione e lunghezza libera di affioramento in modo tale che il carico sia inferiore a quello di instabilità nelle peggiori manovre in funzione del fattore di sicurezza stabilito dalle normative

In presenza di forti vibrazioni è opportuno fare valutazioni di elasticità della E.
Si possono avere anche tratti a catena che collegano di sotto e sotto un tratto tra il velantino e gli alettoni.

I comandi possono essere spesso doppi in velivoli militari per l'addestramento o la complessità delle operazioni.

TRIM

Correzione aerodinamica!

Tali dispositivi permettono di annullare lo sforzo esercitato dal pilota in una ben precisa posizione dei comandi.

Per velivoli militari si possono avere due serbatoi o missili che si possono spariare, si può avere asimmetria aerodinamica, l'ala con il serbatoio è più pesante e scende e per la resistenza arretra anche leggermente.

Il pilota agisce sull'impenaggio verticale con il timone per bilanciare l'arretramento dell'ala con il carico sub-ala.

I due alettoni servono a far nascere un momento che fa aumentare la portanza sull'ala con il peso in più.

Il pilota si affatica perché ~~il~~ deve mantenere la posizione.

Il trim permette di definire un nuovo zero, ossia tale posizione diventa la posizione mantenuta.

Si può usare o un'alette correttive o, nel caso di impenaggio orizzontale, lo stabilizzatore e l'assetto variabile.

TRIM TAB

Lo schema rimanda all'alette di compensazione, ma esiste di collegamento tra l'alette e il fissaggio non è fisso ma può essere

La cartuccia elastica di cedevolezza all'assetto, si riduce la superficie mobile e quindi si riduce anche l'entità della forza data dal comando. È un dispositivo di sicurezza per evitare manovre troppo eccessive. Ad alte velocità e distribuzione delle pressioni è maggiore, togliendo superficie il comando è meno efficace.

A bassa velocità invece l'assetto non cede perché è tarato e si comporta come normale assetto compensatrice. Limite una compensazione eccessiva ad alte velocità.

La trim tab ha invece il variable linkage, viene comandata in modo elettrico dal pilota, si allunga e si accorcia quanto basta per annullare in una posizione del comando lo sforzo.

BALANCE PANEL

Le alette sono dispositivi esterni soggetti alle intemperie, corrosione e alle manovre in hangar. Utilizzare dispositivi interni è meglio.

Creiamo due camere pneumaticamente separate all'interno di una scatola ermetica nella zona del falso longherone in corrispondenza della superficie mobile. Dividiamo la scatola nella camera superiore e inferiore, pressurizziamo una delle due camere con aria a pressione leggermente maggiore di quella atmosferica. La differenza di pressione si scarica sul pannello, una piattina parallela alla superficie mobile è collegata ad una articolazione motrice. Se garantiamo stessa pressione nelle due camere non succede niente, ma se la destra è in sovrappressione la forza dovuta alla compressione che agisce sul pannello fa ruotare l'assetto. Per cambiare le pressioni nelle due camere

è stato realizzato un automatismo, fessure molto sottili attraverso cui l'aria fluisce. La geometria del bordo d'attacco non è perfettamente cilindrica quindi quando l'assetto ruota il vent gap cambia in modo microscopico, quando l'assetto si muove si restringe il passaggio dell'aria, aumenta la pressione. Bastano pochi mbar per creare la forza che compensi quella data dal pilota. C'è solo su aeroplani moderni perché ci vuole precisione.

I comandi di volo per impiego aeromautico sono comandi di posizione. Il pilota impone una specifica posizione a cui il comando si pone finché non viene variata nuovamente, esiste un organo di trasmissione.

Inseguimento del comando con continuità, più è elevato l'errore di posizione più finisce l'alo e più rapidamente avviene l'azione di recupero della posi:

La leva di assetto nel fly-by-light e fly-by-wire viene sostituita da un calcolatore. Il calcolatore meccanico è sostituito in un computer.

Comando di velocità: velocità non integrate con l'attuatore attraverso la leva di assetto, non si ha la sensazione di ciò che accade. Il calcolatore è il cervello e i sensori gli occhi! Non si usa in campo aeromautico.

La deflessione della superficie deve essere proporzionale alla domanda e velocità di comando insegue la posizione neutra.

SISTEMA DI SENSIBILITÀ ARTIFICIALE

Il C_{mc} dipende da δ , v_e e la deflessione del comando di posizione: anche della cloche. Costituito da una molla e due cerniere che vincolano la cloche alla struttura primaria. Quando tiriamo la barra in avanti la molla si accorcia e viene applicata una forza che contrasta lo spostamento in avanti. La molla è proporzionale. Il M_c dipende anche da $\frac{1}{2} \rho V^2$ quindi attraverso una presa di pressione dinamica possiamo far sì che all'aumentare della velocità si abbia un ulteriore effetto di indurimento della barra.

Una massa (bob weight) dà la sensazione relativa alla manovra, è messa davanti al baricentro. Una norma definisce l'incremento di forza per ogni fattore di carico e contingenza.

Vantaggi dei comandi di volo potenziati:

- maggior rigidità, a comandi bloccati, (ossia mantenuti fermi con la mano) grazie al servomotore: l'imitata deflessione della superficie mobile quando questa viene soggetta a carichi esterni con il pilota che tiene fisso l'organo di comando
- a comandi liberi, le superfici mobili non sono libere di fluttuare

13/03/2013

AUTOPILOTA E FMS (ATA 22)

Alcuni comandi di volo integrano l'autopilota.

La navigazione aerea è concatenare un certo numero di punti geografici definiti disposti sul territorio.

In modo diretto o indiretto il pilota è tenuto a passare su tali punti.

Il piano di volo vuol dire definire dei waypoint che possono essere punti estratti, tipo una stazione radio (dove non ci sono non è possibile navigare).

Navigazione attraverso elaborazione delle informazioni che le antenne radio captano.

Per navigare abbiamo bisogno di una direzione verso la destinazione, il bearing è l'angolo misurato rispetto al nord in senso orario che indica la direzione vera; l'heading è l'angolo tra il nord e l'asse capo del velivolo.

Alle asse capo si sovrappongono altri moti laterali, altri gradi di libertà e qui la velocità rispetto all'aria può essere asimmetrica rispetto all'asse capo.

Sideslip → angolo di scansorio, identifica la simmetria della corrente d'aria di manovra che investe l'aeromobile. V_g (velocità rispetto al suolo) = $V_{velivolo} + V_{vento}$

Angolo di bearing = direzione vera

Quando navighiamo nella direzione corretta heading and bearing coincidono.

I sistemi di navigazione permettono di calcolare il tempo impiegato tra waypoint e waypoint.

CROSS-TRACK ERROR (XTE): distanza sul piano orizzontale tra il baricentro del velivolo e la congiungente ideale tra due waypoint sulla quale è opportuno che il velivolo giaccia con il baricentro.

Essa deve essere ridotta a zero.

La navigazione non è il pilotaggio, per navigare occorre pilotare.

Flight management system è un sistema ampio all'interno del quale abbiamo l'autopilota. È identificato anche con Auto-flight.

FMS: flight guide system, contiene: autopilota, yaw damper (comforto dei passeggeri), flight director e automanetta (regolazione della spinta).

FMS: navigazione e gestione dei radioausti, gestione della pianificazione.

3 ANGOLO DI BECCHEGGIO

4 ANGOLO DI INCIDENZA

5 ANGOLO DI ROLLO

6 ANGOLO DI SIDESLIP

7 ANGOLO DI IMBARDATA

SLIDE 38!

Ammezzo che garantisce la separazione verticale agisce sul beccheggio, sull'equilibratore.

Quota di riferimento per ciascun tratto è un'altitudine misurata dai sensori: la differenza

moltiplicata per un guadagno fornisce un valore di θ che è autopilota assegna per recuperare l'angolo. Più è elevato l'angolo più alto sarà il riferimento di θ .

θ di riferimento viene confrontato con θ effettivo misurato con i sensori.

Si passa da errore di quota a errore di inclinazione che tramite un altro guadagno

viene trasformato in un comando di velocità di beccheggio. Più è elevato la differenza

dall'inclinazione da raggiungere maggiore sarà la velocità angolare richiesta per recuperare

l'angolo di inclinazione. La velocità angolare viene trasformata in deflessione dell'equilibratore

CONTROLLO DELLA PRUA: Confrontiamo l'heading ideale con quello reale, non

un errore che moltiplicato per un guadagno dà l'angolo di rollio che confrontiamo

con quello effettivo di una velocità di rollio, l'angolo della velocità di rollio

va ad agire sugli alettami tramite opportuna deflessione.

La rotazione degli alettami muove la dinamica ^{del vel}, con il giro di rollio si valuta ist

te per istante la velocità di rollio, con AHRS si misura l'angolo di rollio integrando

le velocità e con un algoritmo ricaviamo la velocità di prua, che integrando dà la ψ .

Variando un grado di libertà si ha un effetto anche sugli altri due angoli di

libertà, nelle logiche dell'autopilota si semplificano e linearizzano queste logiche

Come inseriamo l'output all'autopilota in una linea di comandi di vel

mista e reversibile?

Il servo dell'autopilota è collegato alla linea ripida, delle disconnect

unit permettono di bloccare l'autopilota dal pilota.

Questack: limitatore di fattore di carico a contingente che si oppone a carichi eccessivi
(limite l'azione del pilota)

Trim / servo tab: alette di trimmatura e svolgono azione di compensazione aerodinamica

14/03/2013

Yaw damper posizionato in prossimità del baricentro per calcolare la rotazione attorno a z. Montato su due supporti i quali dispongono di sensori con i quali è possibile calcolare la coppia attorno a y.

Quando nasce la velocità di imbardata, componendosi con la velocità di rotazione della massa nasce la coppia proporzionale a ω_z e alla velocità di imbardata.

Inseriamo la velocità nella linea di segnale che si occupa dei comandi di volo e aggiungiamo un comportamento dipendente dalla velocità angolare, si crea un effetto viscoso, dissipativo \rightarrow segnale di smorzamento

Codifichiamo il segnale dello yaw damper e lo inviamo alle servovalvole

Presenza di frizioni perché può essere agganciato o sganciato ai comandi di volo, è agganciato durante la crociera e sganciato nelle fasi più critiche di decollo, atterraggio e avviamento perché altera le caratteristiche di pilotaggio.

Spesso è integrato con la valvola che va ad aggiungere il segnale elettrico all'air

AUTOMANETTA

Mantenere automaticamente la velocità di volo prefissata o il numero di Mach. Si usa anche per guidare il velivolo sul sentiero di discesa.

Fa parte dello stesso sistema dell'autopilota, lavora sulla spinta.

La navigazione viene fatta per waypoint, in passato si navigava servendosi della stazione radio, oggi attraverso punti di riparto che evitano il servizio delle stazioni.

Tale tecnica è stata concepita per spegnere il traffico aereo su un'area più ampia. C'è anche il sistema satellitare GPS ma non è ancora molto preciso e istante non è ancora affidabile.

Flight path \rightarrow piano di volo

Le stazioni hanno un raggio di azione di 200-300 Km.

Free flight \rightarrow nuove tecniche di navigazione, senza punti da seguire, risparmiando onde carburante e tempo, ancora in fase di sperimentazione.

Nella fase di discesa la tecnica per punti impone una scomposizione a gradini: scendiamo e raggiungiamo una quota in cui rimaniamo per qualche minuto sulle quote costanti

Nelle navigazioni discese ci sono informazioni anche sulle landing.

Heading → ideale

Course → reale

CARRELLO DI ATTERAGGIO

È una delle parti più importanti del veicolo anche perché dà un contributo grande al peso.

È un sottosistema complesso. Diverso dall'aeromobile quindi è sviluppato da aziende specializzate. Fatto di materiali ad alta resistenza.

Ha accessori, attuatori, sensori che lo rendono un elemento a sé stante.

Il fine è quello di gestire diverse funzioni:

- estrazione e retractione
- ammortizzazione, assorbire e dissipare l'energia cinetica verticale che il veicolo possiede prima dell'unto
- freno per dissipare l'energia orbitale grande
- ruote e pneumatici
- sensori che indicano guasti, surriscaldamento ecc. ..
- attuatori per lo sterzo e il blocco della posizione estratta e retratta

Su un veicolo B737 ipotizzando che $v_z = 2 \text{ m/s}$, che la massa del veicolo all'atterraggio è 50.000 kg , l'energia cinetica verticale sarà $\frac{1}{2} m v_z^2 = 100.000 \text{ J}$. Nelle ipotesi che lo schiacciamento del carrello avvenga in 1 s , la potenza sarà 100.000 kW .

2 architetture classiche:

- a gamba unica
- a forcella

A gamba unica: ammortizzatore integrato nella gamba; compressione torsione che evita che la ruota sterzi improvvisamente, collega la gamba alla ruota

A forcella: l'ammortizzatore è esterno

18/03/2013

I conelli vengono retratti per ridurne la resistenza durante il volo.

Attuatore oleodinamico o elettrico.

L'attuatore è un'asta che si può allungare o accorciare, è posizionata tra due cerniere, soggetta a forze normali.

Oltre all'attuatore e alla fune principale ci sono delle controventate che servono a dare stabilità statica al conello, per evitare anche che il peso del velivolo cada sul conello a terra.

SAFETY PIN → perno di sicurezza inserito in opportuni fori che vengono inseriti dal momento quando l'aereo partecchia per bloccare la posizione del conello.

Il carico sulle attuatori cambia durante la corsa. L'area sotto alla curva (carico - corsa) è un'energia che deve essere prodotta all'interno del velivolo per far funzionare il conello.

Tanto più l'area sarà rettangolare tanto più l'oggetto è ben strutturato, dimensionato. Forza di retrazione il più possibile uniforme!

La fase critica è la retrazione perché l'estrazione è favorita dal peso stesso del conello.

Il vano in cui viene retratto è soggetto all'umidità, la pioggia cade durante il volo in esso. L'apertura e la chiusura del portello può avvenire o attraverso attuatori indipendenti o grazie a anemometri legati al conello stesso.

Per il blocco del conello si utilizzano maninetti idraulici o dispositivi elettrici. Richiede la presenza di un impianto idraulico e elettrico.

Multimpianto WOW → Weight on Wheel, ^(ruote) sulla fune del conello c'è un sensore forza de genere un segnale elettrico quando il velivolo è fermo a terra, garantisce ad esempio l'inibizione del comando di retrazione. Abilita anche funzioni di pressurizzata della cabina.

Spine di sicurezza (ground lock pins and collars) attivate non in fase di decollo o di rullaggio, ^{me quando è fermo} non sono obbligatorie nelle fasi di traino.

Estrazione manuale del conello di emergenza, in caso di guasto all'impianto idraulico o elettrico.

$$P = P_0 \left(\frac{V_0}{V_0 - A\delta} \right)^{\gamma} \quad \leftarrow \quad P_0 V_0^{\gamma} = P (V_0 - A\delta)^{\gamma}$$

Volume diminuisce e pressione aumenta \Rightarrow denominatore < numeratore

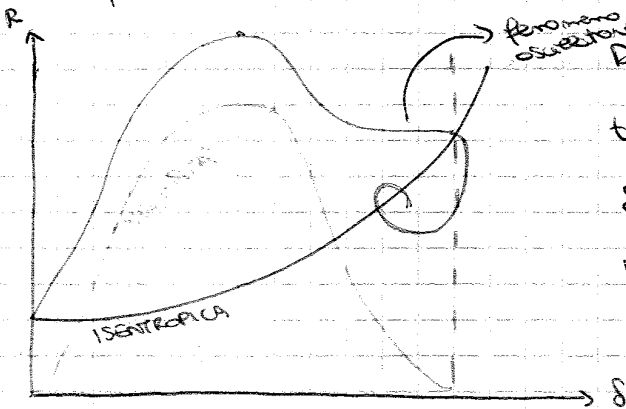
$\frac{d\delta}{dt}$ = derivata rispetto al tempo dello schiacciamento, velocità

Δp dipende da $\frac{d\delta}{dt}$, proporzionale ^{al quadrato della} portata in volume $\left(\frac{d\delta}{dt} A \right)$

Se la strozzatura non ci fosse basterebbe la legge dei gas.

2 Componenti: quella statica che non dipende dalla velocità, elastica e quella viscosa che invece dipende da $\frac{d\delta}{dt}$. Se non ci fosse la componente viscosa non avremmo il moltiplicatore ma una molla.

R \rightarrow forza di schiacciamento $\delta \rightarrow$ schiacciamento



Due curve che si sovrappongono: quella dei gas isotropica (iperbolica) tende a ∞ in corrispondenza di δ_{max} , quella viscosa che dipende dalla velocità ha max in corrispondenza di velocità massima, e che nello schiacciamento, dopo viscosità scende e il gas continua a crescere.

Il pistone è forzato ma va su fino ad un certo punto perché si crea equilibrio la parte non forzata da reazione. La pressione che agisce sull'olio va più attraverso i fori quindi si ha stessa pressione sopra e sotto.

Sull'area attuale si ha la pressione dell'olio, sotto si ha lo stesso legato a ruota. La forza della ruota viene trasmessa all'olio dallo stelo.

Il pistone salendo comprime il gas, aumenta la pressione, spinge sull'anello fino a quando non equilibriamo il peso.

L'olio che stava sopra va sotto, ma sotto (diametro identico) il volume è minore perché c'è lo stelo quindi sale fino a che l'olio in eccesso occupa il volume disponibile tenendo conto che lo stelo occupa del volume salendo che si sottrae all'olio.

Il volume di stelo che entra sotto l'olio, il gas si comprime e l'olio va in alto ad occupare il volume occupato prima dal gas. Quando invece il gas spinge, il pistone scende e schiaccia l'olio che va a finire sopra.

PROGETTO DEL CARRELLO

Bisogna stimare la potenza necessaria.

Creare modello CAD, che permette di definire uno schema cinematico e poi la forza massima richiesta, bisogna considerare il peso tenendo conto che l'uscita d'estrazione e si oppone alla retrazione, e capire dove collegare le due estremità dell'attuatore da cui derivano i bracci di leva delle forche.

Bisogna dimensionare le ruote.

Evitare che il terreno, a causa del carico concentrato, giorno dopo giorno si rompa quindi gonfiare gli pneumatici con pressioni specifiche e numero specifico di ruote. Norme impongono standardizzazione.

Le ruote aeronautiche sono molto piccole perché altrimenti peserebbero molto e sarebbero ingombranti sotto l'ala.

Il battistrada non è tassellato, è un mole dal punto di vista della stabilità e l'acoplamento (perché non ci sono vie di fuga) ma evita che ci siano appoggi al terreno strappando il battistrada dalla carcassa, è rigato orizzontalmente, trasversalmente.

La carcassa è fatta da fibre, rinforza la copertura in gomma, tipicamente in fibra di nylon, alcune zone in acciaio per il contatto con il cerchio.

Gli pneumatici sono indicati da lettere relative alla pressione di gonfiaggio, e che gli aeroplani che atterrano sull'erba hanno pressione maggiore delle autovetture. In funzione del carico e della pressione di gonfiaggio si stabilisce il tipo di ply, ossia di rinforzi della carcassa. Durante un atterraggio duro si può bruciare la gomma e funzionano le tele sottostanti.

I cerchi sono realizzati in lega di alluminio o di magnesio, che ha conducibilità maggiore e smaltisce meglio il calore.

Se il pneumatico si riscalda, l'aria si espande, per evitare l'esplosione ci sono spine termosensibili che saltano in caso di sovrappressione.

I freni devono decelerare il veicolo, controllare il moto del veicolo sia in direzione che in velocità durante il rullaggio, tenere fermo il veicolo.

Per non fondere i freni si apre prima l'inversore di spinta, poi si attivano gli aerofreni.

Per migliorare l'azione frenante, i freni sono segmentati a placchette, per un'ottima planarità ed evitare rotte.

La pelvina, ^{generata dalla frenatura} crea aderenza tra le due parti perché con il calore piano vengono schiacciate, la pelvina tende a sinterizzare, le fessure evitano anche questo.

Sono fatti in carbonio puro, una volta erano metallici, poi a base di berillio recentemente resine + carbonio: si mette in forno, si fa evaporare le resine, rimane un nucleo puro di carbonio, così può arrivare a T altissime senza decomporsi.

Con la frenata la pressione arriva ai cilindretti, messi in modo circolare e dietro le parti che vanno schiacciate e spingono.

Per evitare l'incollaggio ci sono molle di distacco che entrano in gioco quando la pressione cala.

WEAR INDICATOR PIN → ago di indicazione usura freni, per capire lo stato di usura di freni quando i freni sono chiusi.

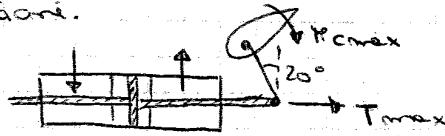
Nei aerei più moderni c'è un'indicazione di usura dei freni che via radio comunica con il pilota. Prima del decollo il manutentore controlla la pressione del gas nell'accumulatore attraverso un angramma. Il pilota ha anche un'indicazione della T dei freni in un simbolo che ha la mappa del cervello, ad ogni zona è associato un numero da 0 a 3, se il numero di almeno una zona supera il 3 il pilota non può mettere i freni e decollare. Selezione automatica → sistema autofrenante il pilota imposta il livello di frenata, con doppia abilitazione: WOW e apertura degli alettoni per evitare inceppamento ad esempio durante il decollo.

Sterzata è associata al cervello anteriore (SB), dispositivo idraulico regola e' una cremagliera (ruota dentata dritta) ingranata sulla ruota dentata ricambiata sulla parte esterna dell'ammortizzatore, ruota così il compasso di torsione e trascina la ruota. Le ruote possono ruotare anche di punte molto grandi, sulla pista la rotazione del carrello è di un massimo di 10-15°, per ruotare le ruote si agisce sulla pedaliera dei freni, quando si è fermi invece su una rotella. Luci che indicano se il cervello è usito; sono 3, una per ogni cervello.

POTENZIAMENTO DEI GRANDI: impianto idraulico

$D = 0,04 \text{ m}$ $P_{\text{max}} = 200 \text{ bar} = 2 \cdot 10^7 \text{ Pa}$, $\omega = 30^\circ/\text{s}$

martinetto simmetrica, la forza esercitata dall'olio è la stessa in entrambe le direzioni.



$T_{\text{max}} = 2534,3 \text{ N}$

$M_c = T_{\text{max}} \cdot b \cdot \cos 20^\circ$

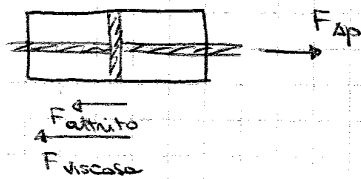
$S = 1,27 \text{ cm}^2$ ($p = \frac{T_{\text{max}}}{S}$)

$S' = 1,4 \text{ cm}^2$

$\text{CORSIA}_{\text{max}} = 0,0137 \text{ m}$

cilindrata

$C = \text{CORSIA} \cdot S = 0,001918 \text{ l}$



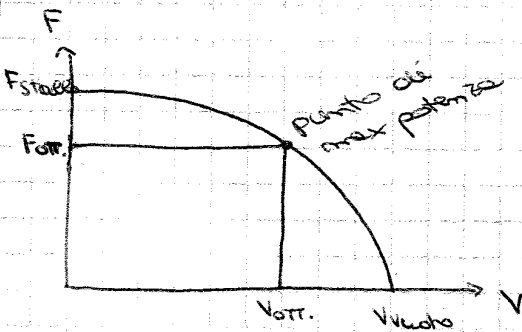
F_0 è la forza di verso ad esercitare quando il martinetto è fermo.

$F = F_0 - K V^2$
viscose

$P = F \cdot V$

$F_{\text{vorr.}} = \frac{2}{3} F_{\text{stacc}}$

$V_{\text{vorr.}} = \frac{V_{\text{vuoto}}}{\sqrt{3}}$



Velocità a vuoto è la velocità che il martinetto riesce a raggiungere quando non deve sviluppare forze.

Non è detto che le forze sviluppate e quelle da vincere siano uguali.

$S = 1,4 \text{ cm}^2$

$T''_{\text{max}} = S \cdot P_{\text{max}} = 2800 \text{ N}$

$T_{\text{vorr}} = 1866,7 \text{ N}$

I costruttori specificano la velocità di vuoto, quindi punto lavoro è fornito nelle tabelle.

$\omega_{\text{vuoto}} = 30^\circ/\text{s}$ $t_{\text{vuoto}} = \frac{20^\circ}{30^\circ} \text{ s} = 0,667 \text{ s}$

↓ velocità del timone

$\text{CORSIA}_{\text{max}} = 0,0137 \text{ m}$

$V_{\text{vuoto}} = \frac{0,0137}{0,667} = 0,0206 \text{ m/s}$

$V_{\text{vorr}} = 0,0118 \text{ m/s}$

F_{max0} è maggiore di 60.000 N, F_{maxs} è maggiore di 15.000 pounds
 È pneumatico riesce a sopportare i carichi.

$$\Phi_3 = 8 \text{ cm} \quad e_1 = 0,5 \text{ m}$$

DIMENSIONAMENTO
 AMMORTIZZATORE

$$\Phi_P = 0,14 \text{ m} \quad e_2 = 0,35 \quad e_3 = 0,3$$

(ASSUNZIONE)

$$P_3 = \frac{F_3}{\Phi_3^2 \frac{\pi}{4}} = 29,8 \text{ bar}$$

$$\Delta V_{gas} = e_3 \cdot \Phi_3^2 \cdot \frac{\pi}{4} = V_{g3} - V_{g3}$$

$$P_3 V_{g3}^k = P_1 V_{g1}^k$$

$$e_1 \Phi_P^2 \frac{\pi}{4} = V_{g1} + V_{vol0}$$

$$V_{vol0} = (\Phi_P^2 - \Phi_3^2) \frac{\pi}{4} e_2 = 0,00363 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow V_{g1} = e_1 \Phi_P^2 \frac{\pi}{4} - V_{vol0} = 0,00407 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow V_{g3} = V_{g1} - e_3 \Phi_3^2 \cdot \frac{\pi}{4} = 0,00256 \text{ m}^3$$

$$\Rightarrow P_1 = P_3 \left(\frac{V_{g3}}{V_{g1}} \right)^k = 1.565.705 \text{ Pa}$$

isoterma :

$$P_1 V_{g1} = P_3 V_{g4}$$

$$V_{g4} = \frac{P_1}{P_3} V_{g1} = 0,002130 \text{ m}^3$$

$$\Delta e_4 = \frac{(V_{g3} - V_{g4})}{\Phi_P^2 \frac{\pi}{4}} = 0,0281 \text{ m}$$

$$V_{g2} = V_{g1} - e_2 \Phi_3^2 \frac{\pi}{4} = 0,00231 \text{ m}^3$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_{g1}}{V_{g2}} \right)^{1,4} = 35 \text{ bar}$$

necessità di filtrare causa inserimento frammenti metallici dei pezzi
contatto.

È costituito da:

1. Gruppo generatore → pompe
2. Rete di distribuzione e collegamento → tubazione + valvole
3. Utente: attuatori $\begin{cases} \rightarrow$ martinetti (lineari) \\ \rightarrow motori idraulici (rotativi)
4. Accessori: accumulatori, freni, serbatoi, scambiatori di calore

La generazione è svolta da pompe che possono essere meccaniche, elettriche o rappresentate da turbine ad aria compressa, attivate a 1 per regolare l'assetto per regolare il piano di carico per operazioni di carico scarico senza la necessità di aprire i motori.

Pressurizziamo olio: e mandiamo in circolo.

$p \rightarrow$ grandezza intensiva, $Q =$ portata in volume \rightarrow grandezza estensiva

$$Q = v \cdot S \quad (\text{velocità per area})$$

POTENZA IDRAULICA:
$$P = p \cdot Q$$

$$P_1 = \frac{F_1}{S_1} \quad P_1 = P_2 \quad \Rightarrow$$

$$F_2 = P_2 S_2 = P_1 S_2 = \frac{F_1}{S_1} \cdot S_2$$

È un modo per trasferire forze amplificandole.

Per automatizzare inseriamo un motore e non otteniamo più applicar una forza.

Olio viscoso \rightarrow deperamento delle velocità

$$P_2 < P_m \quad (\text{causa forze visose dell'olio})$$

C'è una perdita di carico, dispersione di potenza W

$$W_f = (P_2 - P_1) \cdot Q$$

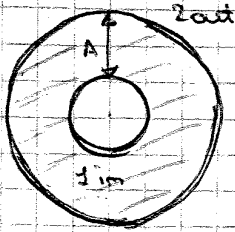
Ipotesi: $v = 0$, $F_a = 0$ (attrito nullo)

$$F_1 l_1 = F_2 l_2 \quad \leftarrow \text{Lavoro}$$

$$p + \frac{1}{2} \rho v^2 = \text{cost.}$$

$$v \uparrow \quad p \downarrow$$

Sceita dei diametri dei tubi per scegliere il più dei tubi



$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2$$

$$\Rightarrow (P_2 - P_1) = \frac{1}{2} \rho K (V_1^2 - V_2^2)$$

$$V \uparrow \Rightarrow \Delta P \uparrow \quad (P_2 < P_1)$$

$$Q = VS \quad (Q \text{ costante}, V \uparrow \Rightarrow S \downarrow)$$

$$P + \frac{1}{2} \rho V^2 = K \quad (V \uparrow \Rightarrow P \downarrow \Rightarrow \Delta P \uparrow)$$

In un tubo più piccolo V aumenta e aumenteranno anche le perdite di carico Δp . La pressione in uscita è più bassa quindi a parità di forza siamo costretti a fare attuatori più grossi.

Se invece vogliamo mantenere elevate P_{out} dobbiamo mantenere elevate pressione di mandata aumentando la dimensione delle tubazioni.

Il diametro delle tubazioni influenza sul peso complessivo dell'impianto.

Manuali di design delle compagnie o aziende contengono norme per scegliere diametri e pesi delle tubazioni.

tubazioni di ritorno: $V = 2,5 \text{ m/s}$

tubazioni di aspirazione: $V = 1,25 \text{ m/s}$

tubazioni di mandata: $V = 5 \text{ m/s}$

per via delle perdite nelle

tubazioni di mandata il diametro

deve essere piccolo, tubi più leggeri

$$V_H = 2V_R \quad V_R = 2V_A$$

I tubi di mandata sono in acciaio inox, quelli di ritorno in alluminio perché se è aereo è colpito da un fulmine, la scarica attraversa la struttura primaria in alluminio ma se incontra stoppe (plastica) il fulmine si aggira facendo una scintilla; è bene realizzare la struttura con uniformità di materiale cioè impedendo elettrica costante.

Tubi flessibili metallizzati tramite polveri metalliche per evitare che il fulmine rovini l'attuatore e la valvola.

I tubi flessibili tendono a scontrarsi prima.

Caratteristiche fluidi idraulici:

- del aerodinamica
- stabilità nel tempo superiori
- dipendenza p da T e V da T

Le pompe idrauliche possono essere volumetriche o non volumetriche, quando non viene introdotto in una camera volumetrica ma viene semplicemente reiettato. In campo aeronautico si usano sempre pompe volumetriche (racchiudendo in un volume il fluido incompressibile) per evitare svariate pressioni nell'impianto dovute alle uscite delle pompe: valvole regolatrici

Tubazioni di mandata:

$v = 5 \text{ m/s}$ d basso, v elevate, Δp elevato

\Rightarrow tubi più piccoli, minori perdite di pressione



Tubazioni di ritorno:

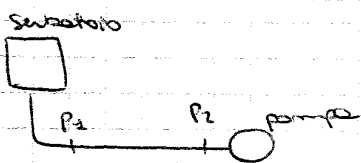
$v = 2,5 \text{ m/s}$ d grandi, v piccole, Δp piccoli

\Rightarrow p relativamente bassa per evitare il contraccolpo sull'attuatore

tubo più grande e più fine



Tubazioni di aspirazione: tubo grande



P_2 non può essere troppo bassa, si ha il rischio di

cavitazione, oppure dell'olio nella valvola se $P_2 < P_{vap}$

Quindi dev'essere $P_2 > P_{vap}$.

04/04/2013

ESERCITAZIONE 3 PERDITE DI CARICO

Unità di misura:

$\mu = [\text{Pa} \cdot \text{s}] = [\text{kg}/\text{m} \cdot \text{s}]$

$1 \text{ Pa} \cdot \text{s} = 10 \text{ P} = 1000 \text{ cP}$

$\nu = [\text{m}^2/\text{s}]$

\downarrow
 $[\frac{\text{g}}{\text{cm} \cdot \text{s}}]$

$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^4 \text{ st} = 10^6 \text{ cst}$

$\mu_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ cP}$
20°C

$\nu_{\text{H}_2\text{O}} = 1 \text{ cst}$
20°C

$\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 1000 \text{ kg}/\text{m}^3$

La densità diminuisce sia nei gas sia nei liquidi all'aumentare della T .

$1 \text{ ft} = 12 \text{ in}$



$1 \text{ ft} = 0,0254 \cdot 12 = 0,3048 \text{ m}$

$\text{psi (libbre}/\text{piede}^2) = 1 \frac{\text{lb}}{\text{In}^2} = \frac{0,4536}{(0,0254\text{m})^2} \text{ kg} \approx 7000 \text{ Pa}$

$\lambda_1 = 0,032$ circa $1 ft = 0,3048 m$

$\Delta p_1 = \lambda_1 \frac{L_1}{D_1} \frac{\rho V^2}{2} = 65000 Pa$

2) $Q_2 = 13 l/min \rightarrow \Delta p_2 = 53000 Pa$

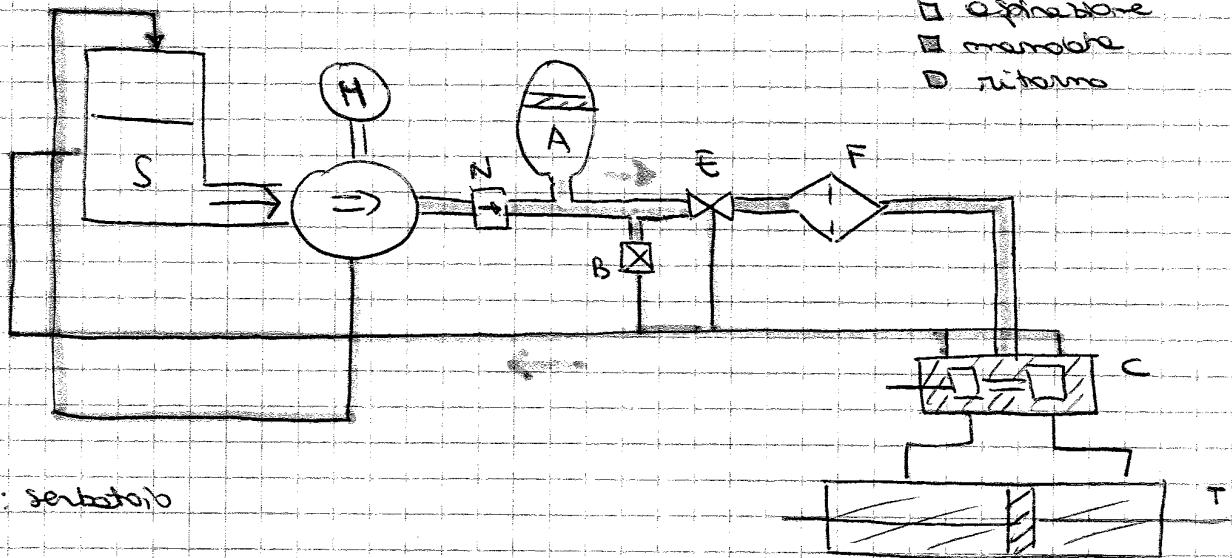
$Q_2 = (1 - 0,35) Q_1 = 0,65 Q_1 \Rightarrow D_2 = \sqrt{\frac{4 Q_2}{V \pi}} = 0,0074 m$ *

3) $Q_3 = Q_2 \rightarrow \Delta p_3 = 368000 Pa$

4) $Q_4 = 6 l/min$ ** $\rightarrow \Delta p_4 = 95000 Pa$ data due setto di puzza
due tubo 2

$\Delta p_{tot} = \Delta p_{distr.} + \Delta p_{concentrate} + \Delta p_{preform} = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 +$
 $+ \frac{\rho}{2} K V^2 + \rho g z = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_4 + \frac{\rho}{2} K V^2 (K_T + K_{RUB} + K_{pamit})$
 $+ \rho g L_2 = 503.500 Pa$

CIRCUITO ELEMENTARE



S: serbatoio

A: accumulatore

M: motore + pompa

F: freno

C: valvola di comando

T: attuttore

B: valvola di sicurezza

E: valvola di regolazione

N: valvola di non ritorno

$* Re_2 = \frac{V D_2}{\nu} = 4100 \Rightarrow \lambda_2 = 0,04$

** $D_4 = \sqrt{\frac{4 Q_4}{V \pi}} = 5,1 mm$

$Re_4 = \frac{V D_4}{\nu} = 2833 \Rightarrow \lambda_4 = 0,04$

Rendimento del ciclo:

$$\eta_r = \frac{\text{area ciclo ideale}}{\text{area ciclo reale}}$$

DISCUTERE IL CICLO DI UNA MACCHINA OPERATRICE IDRAULICA E RENDIMENTI! ESAME!

Macchine operatrice: opera sul fluido, trasforma energia meccanica energia idraulica.

Macchine motrice: trasforma energia idraulica in ^{meccanica} energia meccanica.

Perdite meccaniche: legate al movimento di oggetti ^{meccanici} durante il ciclo, perdite per attrito. Rendimento meccanico: perdite meccaniche.

Rendimento volumetrico perché parte del fluido si perde.

Una macchina ^{operatrice} idraulica è costituita da 3 rendimenti: idraulico, perdite viscose per attrito; meccanico, legato agli oggetti; volumetrico, perdite di fluido.

Quando l'olio entra il pistone arretra, si ha perdite di carico; invertendo il moto, la valvola si chiude e la p sale; nel momento in cui il pistone tenta di spingere l'olio sul esterno la p sulla parte superiore è maggiore del circuito di mandata perché per vincere gli attriti e far fluire l'olio è necessaria p maggiore.

$$Q = c_e \cdot m \cdot \eta_v \quad m = \text{numero di edomamenti nelle unita' di tempo}$$

η_v (idraulico) dovuto alle perdite di pressione legate alla viscosità.

η_m (meccanico) dovuto all'attrito nei cinematisimi.

$$\text{potenza assorbita: } W = (\Delta p \cdot c_e \cdot m) / \eta_m \cdot \eta_v$$

$$\eta_v = \frac{\text{potenza effettiva}}{\text{potenza teorica}} = \frac{Q}{c_e \cdot m}$$

potenza effettiva = potenza teorica - perdite per trasfilamento

È una macchina che funziona a flotti.

Anche la macchina con due cilindri non è regolare.

Albero rotante comunica potenza meccanica ad una macchina volumetrica. La macchina eroga portata Q, quella effettivamente ^{deve in} mandata è: $\eta_v Q$.

Circuito di drenaggio che raccoglie l'olio che non va in mandata e che gira su se

Più pistoni sfasati angolarmente tra di loro messi in un tamburo, abbinati ad un piatto inclinato sul quale i gambi dei cilindri sono disposti a ruotare.

$$W = m \cdot V$$

Nel motore il plateau è fermo, ruota il tamburo.

Com è la coppia che si ottiene dalle componenti tangenziali.

ATTUATORI

Utente dell'impianto idraulico, utilizzati per muovere componenti in modo lineare.

Tra i motori e cilindri c'è una soluzione intermedia: vite-mechente che sfrutta la rotazione per ottenere moto lineare.

Tutti i flap degli aeroplani moderni funzionano con accoppiamento vite-mechente azionato da motore idraulico o elettrico.

Le sfere al posto del filetto sostituiscono l'attrito radente a presa volante evitando l'usura.

Non azionare asimmetricamente i flap perché il momento imbandante e di rollio che si generano non sono bilanciati dal comando di rollio.

C'è un sistema di bloccaggio che interrompe l'apertura appena c'è asimmetria.

SOMMA IN COPPIA → due motori che girano alla stessa velocità e attraverso gli ingranaggi esercitano una duplice azione.

Quando un motore si spegne ce n'è un altro che se ne fa carico.

Se un motore girasse più veloce caratterizzerebbe non solo la linea ma anche gli altri motori attraverso gli ingranaggi. V costante.

SOMMA IN VELOCITÀ → è applicata nel differenziale.

Permette di sommare due velocità. In caso di guasto di un motore quello rimanente è in grado di trascinare la utente ad una velocità minore ma la coppia resta la stessa.

Se interessa la velocità si usa la somma in coppia in modo che resti costante, se interessa la coppia si usa la somma in velocità.

Sistema di limitazione della coppia: sfere che permettono di fare un salto al sistema per preservare la linea.

Non in campo aeronautico perché serve un sistema automatico.

10/04/2013

Servovalvole per comando posizione: Lo spostamento dell'attuatore indotto dalla prima apertura tende a richiudere, l'attuatore insegue il comando e pilota finché il sistema va a chiudere automaticamente la valvola, quando il pilota decide di non muovere più il comando, a quel punto il sistema si ferma in una nuova posizione di equilibrio, l'olio non può passare e il sistema si ferma.

Feedback signal → l'uscita viene confrontata con l'ingresso e si crea un errore.

Spostando lo spool lo movimento, il movimento stesso torna indietro recuperando la posizione. Tipico dei comandi di volo primari.

Può essere a comando meccanico o elettrico-digitale.

Valvole elettriche sono le più moderne: torque motor, sistema elettromagnetico costo to tramite due traferri ad un sistema elettromagnetico esterno in ferro; ancora elettromagnetica attorno alla quale ci sono spine, se sono percorse da corrente e cavità diventa sede di campo magnetico, i poli creano un flusso e si sente l'effetto mond sul sud quindi si ha una microrotazione. Il motore è collegato ad uno spool flapper, collegato allo spool. Le spine sono alimentate da un segnale esterno.

Attraverso lo spool e il torque motor la valvola va ad agire su due ugelli.

Il segnale esterno è elettrico ed è proprio il comando di posizione, deve arrivare analogico ^{digit} quindi c'è un elemento di commutazione nel caso di

Compo valvola realizzato per far passare l'olio: camicia forata per far passare l'olio, dentro viene messo lo spool, la camicia deve essere isolata dal corpo valvola per evitare fuoriuscita di olio.

Muovendosi lo spool crea delle aperture per l'olio. Sulla parte bassa c'è un filo una minima parte passa dentro la rete del filtro, gran parte intorno ad esso

e attraverso le vie sul basso. La rete fa passare l'olio verso le aperture in alto, l'olio che passa attraverso il filtro subisce una perdita di carico e incontra poi i restrittori di flusso capillari e si ha una fortissima perdita di carico.

Fiori → compito di pressurizzazione e ridare la portata

ACCUMULATORE

Svolge diverse funzioni ad esempio costituisce una riserva in caso di no di una pompa, quindi il circuito risulta aperto ma grazie alla valvola non ritorno l'olio non può uscire completamente e rendere inutilizzabile l'intero sistema.

Contiene azoto, utilizziamo l'energia potenziale elastica di esso.

Pochi KJ di energia immagazzinati nel gas con cui poter azionare 2 o 3 valvole comando o estrarre il connettore. Si utilizza prima che intervenga un altro sistema ad esempio: una pompa azionata per via elettrica.

Da energia temporaneamente.

È un accumulatore elastico quindi può attenuare i picchi di pressione dovuti fenomeni transitori.

L'azoto deve essere a pressione dell'impianto, e la stessa pressione dell'olio.

Il picco di pressione è dovuto ad un eccesso di portata, l'accumulatore cedendo leggermente fa subire tale eccesso di portata e tende a smorzare il fenomeno transitorio.

Colpi d'ariete → incrementi di pressione legati all'inerzia del fluido.

Un'altra funzione si ha invece con il calo di pressione: l'accumulatore fa uscire l'olio in difetto di portata ed aiuta a mantenere la pressione se elevata (tipicamente quando escono i connettori).

Gli accumulatori sono di vari tipi:

- accumulatori a pila libera non si usano per pericolo di inquinamento dell'olio con il gas, deve esserci sempre una separazione, c'è una sacca in gomma, è economico ma non viene utilizzato in campo aerospaziale;
- accumulatori a pistone, la separazione è fatta dal pistone, c'è una valvola di ritegno per far entrare il gas, molto utilizzati anche se c'è il problema che se tenute usandosi possono far passare del gas nell'olio;
- accumulatori a soffietto, i più moderni e utilizzati, soffietto metallico separa ermeticamente olio e gas. (metal bellows)

Non devono esserci fenomeni di fatica meccanica quindi servono connessioni

Esercitazione 4. ACCUMULATORE IDRAULICO

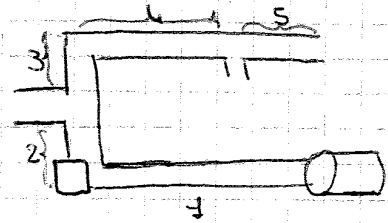
11/04/2013

$\Delta P_{TOT} = \Delta P_{dist.} + \Delta P_{com.}$

→ nessuno punto in condotta in irregolarità

↓ dovuto al fatto che il fluido

è viscoso e muovendosi crea attrito



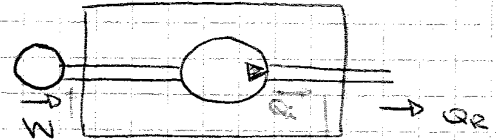
$\Delta P_{dist.}$ si ricava dalla formula di Moody

$\Delta P_{com.} \rightarrow \Delta P = \frac{1}{2} \rho V^2 K$

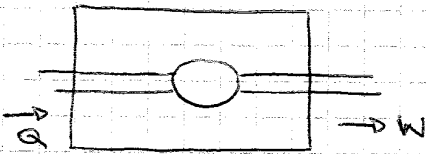
POMPA IDRAULICA

output $\rightarrow Q_R$ (portata effettiva che riesce a raggiungere l'utente)

input $\rightarrow W$



MOTORI



per entrambi bisogna poi considerare i parametri ΔP e densità.

output $\rightarrow W$ input $\rightarrow Q$

pompa: $\eta_v = \frac{Q_R}{Q_i}$ $W_{im} = \frac{W}{\eta_H}$

$Q_R = C_e \cdot m \cdot \eta_v$

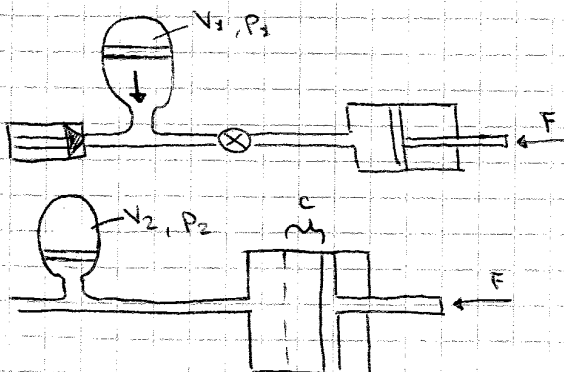
$W = \frac{\Delta P \cdot C_e \cdot m}{\eta_H \cdot \eta_v} = \frac{\Delta P \cdot Q_R}{\eta_H \cdot \eta_v \cdot \eta_v} = C_R \cdot W$

motore: $Q_R = \frac{C_e \cdot m}{\eta_v}$

$W_R = \Delta P \cdot Q_{ingr.} \cdot \eta_v \cdot \eta_H \cdot \eta_v$

Q_R è Q_{ingr} meno le perdite

es. 1



accumulatore idraulico che in condizione di emergenza deve poter alimentare il martinetto una volta solo

$F = 12000 \text{ N}$ (costante nel tempo)

$P_1 = 210 \text{ bar}$

$C = 20 \text{ cm}$

$S = 20 \text{ cm}^2$

$V_1, V_2 = ?$

Consideriamo trasformazione isoclastica e senza

SERBATOIO

15/06/2023

Componente dell'impianto idraulico che parte giunge e olio dopo aver lavorato negli attuatori. Non è detto che l'olio che parte dalla pompa sia esattamente lo stesso che torna indietro. Accumulo dell'eccesso di olio in modo che ce ne sia sempre una parte da utilizzare. L'olio che torna nel serbatoio rimane in giacenza ancora un certo tempo, ciò garantisce alle eventuali bollicine di aria o di azoto di portarsi in superficie, formare schiuma e allontanarsi dal circuito, utile per la sicurezza!

Oltre ad assorbire variazioni temporanee di volume dell'olio dissipa calore.

Il serbatoio è un volume chiuso, non c'è scambio con l'esterno quindi per farlo dare si usano scambiatori che possono usare gas esterni o combustibile.

Necessarie interfacce che permettano di rifornire l'olio con filtro che impedisca l'inquinamento di tutto il circuito, ciò nonostante c'è ancora un filtro sulle maniglie e una finestra di controllo a livello che comunica quanto olio c'è.

Linea di aspirazione, le pompe aspirano l'olio dalla parte bassa del serbatoio che di solito è pieno di olio.

Filtro permette di depurare l'olio già usato dalle impurità quindi l'olio si ritorna.

Tubazione di drenaggio che raccoglie l'olio che esce dalle pompe e lo riporta al serbatoio, è un olio inquinante e corrosivo.

I serbatoi in genere sono pressurizzati per evitare:

Cavitazione → tubazione di aspirazione delle pompe deve essere di diametro più elevato per rendere al minimo le perdite di carico, se pressurizziamo di più l'olio nel serbatoio facilitiamo la spinta dell'olio nella pompa.

La pressurizzazione aiuta anche ad evitare la cavitazione nata per fattori termici ad esempio le manovre e cui il liquido è soggetto, che influenzano sulla densità dell'olio e rendono più difficile la circolazione dell'olio.

La pressurizzazione del serbatoio deve variare il meno possibile poiché la pressione del serbatoio è pressione in meno che togliamo alla differenza di pressione utile sugli attuatori; pressurizzando eccessivamente ci allontaniamo dalla cavitazione ma togliamo parte agli attuatori

Nello sistema tipico aerospaziale ogni serbatoio è collegato ad almeno due pompe per motivi di sicurezza in caso di guasto di una pompa.

Pompe regolate in pressione con motore che le mette in rotazione, con tubazione di mandata, tubazione di aspirazione e tubazione di drenaggio.

FILTRO

Ci sono vari filtri: uno al rimbocco dell'olio, uno al ritorno dell'olio, uno dopo la mandata della pompa e un altro nelle valvole.

Sono costituiti da maglie metalliche calibrate in grado di trattenere particelle di dimensioni da 5 a 50 μ m di diametro.

Filtri micrometrici \rightarrow si utilizza cellulosa, trattengono particelle fino a 3 μ m di diametro.

Non è bene esagerare con i filtri perché causano perdite di carico.

Per cattiva manutenzione può capitare che il filtro si intasi, per cui vale che sotto l'azione della sovrapressione creata si apre e by-passa il filtro.

Quando c'è intasamento esiste un indicatore che si apre, se nel check pre-use è aperto il veicolo non può decollare se non viene sostituito il filtro.

I filtri provocano perdite di carico perché tutta la portata deve passare in poco spazio.

Anziché di gomma per basse pressioni ma, arrivati a 200 bar o più, la gomma tende ad essere estrusa sotto l'azione della pressione quindi per gli impianti idraulici le guarnizioni sono sempre contattate con aree di materiale rigido che non devono strisciare ma semplicemente contenere e guarnizione per evitare che vada ad insinuarsi nel gioco tra cilindro e pistone.

Per progettare l'impianto idraulico si parte sempre con la definizione delle caratteristiche delle utenze: portata, forza, precisione.

Non si sono ancora le condizioni (peso, affidabilità, prestazioni...) per sostituire l'impianto idraulico con quello elettrico.

Nell'ambito dei veicoli militari la tendenza va verso la scomparsa dell'impianto idraulico con una pompa di pressurizzazione per via elettrica quest'ora di olio che alimenta l'utente resterà alla pompa, quindi ci sono in mini impianti circoscritti a ciascuna superficie mobile con potenza che arriva attraverso via elettrica e pompa che pressurizza l'olio su ciascun circuito. Tecnologia more electric!

Una volta definite le utenze, dobbiamo "spalmare" nel tempo di missione le fasi in cui ciascuna utenza verrà a funzionare: la portata assorbita dai comandi di ^{primari} veicolo sarà continuitativa perché sono sempre utilizzati.

Si crea un profilo di portata che deve essere codificato in un manuale operativo che il pilota conosce, su tale profilo si sovrappone il profilo della portata erogata dalla pompa, che non è costante perché è integrata con la gear-box. Confrontare portata disponibile e portata richiesta.

Se la pompa è prevista, che alimenti, anche in una sub condizione nella vita una configurazione di emergenza in cui più utenze di quelle fisicamente collegate sono alimentate, la pompa deve essere in grado di alimentare tutte le utenze anche in emergenza.

In emergenza però non si usano tutte le utenze quindi si può fare un piano di carico e lo comunica al pilota.

Una volta scelte le pompe in termini di affidabilità e quindi si studia l'installazione sul veicolo.

Progettare vuol dire portare in parallelo il progetto allo sviluppo del progetto di veicolo.

quindi nonostante la pilaire istante il campo elettrico è intenso e si può avere ionizzazione dell'aria.

Inoltre se tocchiamo i fili se la corrente è alternata e l'impedenza del corpo umano limita la corrente, invece se è continua e arriva nella zona del cuore provoca un arresto cardiaco.

In campo aeronautico i sistemi sono poco accessibili, sono ben isolati.

In aeronautica si ha:

28 V continua

115 V - 400 Hz monofase

200 V - 400 Hz trifase

270 V continua moderna

Alcune utenze richiedono necessariamente la continua, altre l'alternata.

17/04/2013

Oltre i 200 V a quote elevate nonostante la pilaire istante il campo elettrico produce la ionizzazione dell'aria, effetto corona, si crea ozono che è dannoso per il corpo umano.

A 400 Hz perché le macchine elettriche a tale frequenza sono più leggere quindi si ha risparmio in peso.

Coesistenza di AC e DC per illuminazione e riscaldamento, motori, comandi e controlli (spie, sensori...). Avionica alimentata solo a AC 400 Hz, batterie solo in DC, la batteria serve per l'emergenza.

Bisogna scegliere se la generazione primaria è fatta in continua o in alternata, convertiamo la pilaire fatta alimentata diversamente.

Organo di conversione → TRU (conversione AC/DC)

↓
inverter (conversione DC/AC)

DC → si regola meglio la tensione delle batterie; Starter/Generator !!

AC → più leggero, più efficiente e affidabile, meno disturbi elettromagnetici.

L'AC è usato per grossi consumi grazie alla riduzione del peso, la DC si usa

Per rendere la corrente continua si usano più spire sfasate di pochi gradi e' dalle altre. E' necessario regolare la tensione in uscita della macchina o attraverso sistemi elettromagnetici in cui la corrente stessa generata dalla macchina passa all'interno di avvolgimenti che vanno a comprimere una pila di dischi in carbone, la resistenza di sistema diminuisce e quindi una resistenza variabile con cui regolare la tensione in uscita

$$I \uparrow \Rightarrow R \downarrow \Rightarrow V \text{ costante}$$

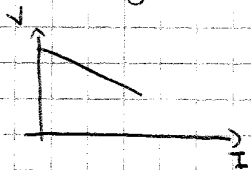
o utilizzare un contatto apri-chiudi con un'azione di vibrazione che permette di modulare la tensione.

Il generatore viene collegato alla batteria di carica con un interruttore termico.

La dinamo può funzionare sia come motore che da generatore: se trascuriamo l'attrito delle spazzole esse cominciano se alimentiamo la spazzola funziona come motore.

Le spazzole si usurano troppo velocemente e creano una polvere che gira per il motore più di bisogna polvere per evitare accumuli, quindi le spazzole attraverso il sotto divisione tra 1870 e 2033 fanno sì che una scintilla per interruzione di corrente, crea ozono e disturbo elettromagnetico.

Per regolare il caso di tensione, sugli aeroplani più piccoli, esistono circuiti



come le pile a dischi di carbone.

Diminuisce per via delle resistenze interne della macchina.

Dischi in carbone: piattecci in grafite con superficie non liscia, se aumente la corrente si schiacciano tra loro e si riduce la resistenza.

Nei casi di grandi velivoli la resistenza variabile non è un buon metodo.

Quando c'è un corto circuito è importante che il circuito si apra per impedire che il corto circuito rimanga; nel corto circuito sono in contatto polo positivo e neutro quindi le impedenze sono basse e si hanno correnti alte in pochi secondi.

Ciò può provocare incendi. Ogni utente di una certa rilevanza che può essere soggetto a corto circuito è dotato di interruttore, collegato ad un valore massimo di corrente, superato il quale la T sale e l'interruttore si apre e stacca la corrente.

L'interruttore si riattacca, è un interruttore termico.

Le dinamo sono macchine reversibili: possono funzionare sia da motori che da generatori. Il problema principale della generazione in DC sono le spazzole che si usano. È una tecnologia pesante.

BRUSH LESS AC : pesa meno perché funziona solo da generatore quindi manca un pezzo, lo starter.

Il surriscaldamento della macchina è grave perché si brucia la graia che protegge le spine e c'è un calo di prestazioni della macchina.

Tutte le macchine elettriche sono raffreddate con un circuito dedicato per evitare che gli avvolgimenti vadano in surriscaldamento.

22/04/2013

Dinamo \rightarrow possono generare in DC e devono avere la spazzola, con esse si usano gli starter generator, non hanno senso da sola; nel caso di aeroplano troppo grosso lo starter generator non è conveniente e c'è un motore elettrico o un motore trifase.

$f = 400 \text{ Hz}$, $\omega = 24.000 \text{ giri/min}$, $n = 6 \text{ poli} \Rightarrow 6000 \text{ giri/min}$

Per avere velocità costante si utilizza il CSD: gruppo motore + differenziale

Dall'ingresso arriva la presa di moto della gearbox, ci sono poi due vie: l'ingresso nel differenziale, costituito da 4 ruote coniche, e l'altra porta alla pompa idraulica.

Dalla pompa esce portata che viene indirizzata ad un motore idraulico che va ad aggiungere velocità in modo che il differenziale sommi le velocità provenienti dai due alberi.

Cambio di velocità uniforme che permette di inseguire un valore costante.

La pompa ha le piastre inclinabili. È una macchina molto compatta, più piccola del generatore, l'olio gira verticalmente su se stesso in una scatola quindi è inevitabile che si scaldi, c'è un radiatore dedicato che svolge la funzione unicamente di raffreddare l'olio.

IDG \rightarrow modernamente il CSD è stato integrato nel motore

La macchina è più compatta, minor peso, unificazione raffreddamento e lubrificazione.

VSFC \rightarrow agisce attraverso elettronica che scampa la forma motiva e

richiedono di maggiore manutenzione.

Alcune utenze (non avioniche) possono essere messe a massa, senza un cavo di andata e uno di ritorno ma con una massa comune, ciò si può fare quando la struttura è ben fatta: la struttura primaria degli aerei è metallica quindi il grounding è la stessa struttura dell'aereo.

La messa a massa fatta male fa sì che l'utente non funzioni o in caso di cortocircuito si può formare un arco e la struttura si danneggia.

Più aumenta il numero di identificazione del cavo più ne diminuisce il diametro. Le intensità aumentano se il cavo è libero, diminuiscono se il cavo è nella guaina.

I cavi sono collegati attraverso morsettiere, una guaina protegge i connettori da umidità ecc. ed impediscono che accidentalmente i cavi si stacchino.

I cavi sono messi in matasse, che sono separate per motivi di sicurezza quindi in una stessa matassa non vanno messi due cavi ridondanti.

Bisogna dimensionare il cavo in base a quale corrente e alla durata di essa previste; si dimensionano in base alla caduta di tensione o alla dissipazione termica. Non mettere insieme cavi emittenti e cavi suscettibili.

Scegliere cavi con dimensioni tali per cui con le correnti simultanee all'uscita la tensione rimane sufficientemente elevata per far funzionare l'utente.

Grazie a grafici parametrizzati e a curve di Ampere si sceglie il cavo adatto.

Bisogna sapere qual'è la caduta di tensione ammessa e la distanza fra barra di carico e utente per calcolare la lunghezza del cavo.

Conoscendo la corrente in Ampere che l'utente richiede si interseca con la caduta di tensione ammessa, il punto di intersezione sarà tra due valori e si sceglie il valore più piccolo perché il cavo sarà più grande.

A parità di caduta di tensione si possono far circolare correnti più alte in funzione del tipo di regime andando però a cambiare il diametro.

Verifica termica: individuare la qualità della guaina attraverso un $\Delta T = T_{max} - T_{amb}$

24/04/2013

IMPIANTO COMBUSTIBILE

Fondamentale perché non ci sono alternative.

Necessari: serbatoi, pompe e tubazioni e valvole.

Le portate inviate verso i propulsori e le pressioni di funzionamento sono assolutamente differenti rispetto a quelle dell'impianto idraulico: il fluido non deve compiere lavoro quindi non necessita di alte pressioni.

Preparato in modo da ricomporsi immediatamente in caso di spegnimento motori.

L'impianto combustibile svolge anche funzioni accessorie e secondarie, indispensabili per il funzionamento di altri impianti.

Operare il combustibile: nell'ala, nell'attraversamento alla fusoliera, tra i 2 longheroni dell'impermeabile orizzontale per motivi di trim, nei velivoli militari compostamenti di sistemi di trazione perché i serbatoi sono monolitici, per evitare sciabordii.

nei macchinamenti che spostano il baricentro.

Sistema di scarico del combustibile in eccesso durante le emergenze.

Funzioni secondarie: funzioni che condivida con altri impianti; la funzione di assorbimento calore può essere usata per raffreddare la struttura o gli impianti, nessa a raffreddare molto più efficacemente di un gas.

Combustibile utilizzato è il kerosene, derivato dal petrolio; più leggero del gasolio, più pesante della benzina. Deve essere in grado di sopportare temperature molto basse.

La differenza tra flash point e temperatura di auto-combustione è diversa seconda dell'aeroplano. C'è bisogno di un fluido né troppo viscoso né troppo liquido, la benzina brucia troppo rapidamente, si potrebbero usare kerosen più leggeri ma ^{sarebbe} così più facile che evaporino.

Il kerosene è sufficientemente denso da evitare che si infiammi facilmente c'è una temperatura oltre la quale è infiammabile: tale temperatura deve essere oltre da evitare immeschi di combustione durante le fasi di rifornimento.

Serbatoi d'estremità alare → riduzione della resistenza indotta.

Varieole a fessello disposte nella zona dei pattini, fanno entrare il kerosene ma non lo fanno uscire. BAFFLE CHECK VALVE!

Solo velivoli ETOPS possono portare il combustibile in fuseliera.

Segmentando opportunamente i serbatoi si può evitare che, man mano che il combustibile viene consumato, il baricentro si sposti macroscopicamente.

È opportuno che il baricentro del serbatoio coincida con quello del velivolo in tutte le fasi di volo, i serbatoi d'ausilio sono disposti avanti e dietro il baricentro, da essi si preleva il combustibile da imviare ai serbatoi principali e contemporaneamente si preleva dalla periferia alimentando la zona centrale.

Man mano che bruciamo combustibile togliamo massa dalla parte anteriore e dalla posteriore andando a compensare e mantenendo bilanciato il baricentro. Pompe di traino portano il combustibile da una zona all'altra, pompe di boost portano invece il combustibile ai motori.

Quando un motore si spegne per guasto il combustibile si accumula su una semiala e quindi bisogna bilanciare i serbatoi.

Pompe per imviare il kerosene ai propulsori: è bene che siano immerse dentro il liquido al di sopra dei pattini di raccolta, per evitare la cavitazione sono immerse nel liquido. Si utilizzano pompe eletttriche con motori a induzione per evitare le scintille.

In caso di emergenza, le stesse pompe o pompe aggiuntive permettono attraverso un comando da parte del pilota di attivare dispositivi di scarico rapido per alleggerire il velivolo.

Le pompe sono di tipo non volumetrico, servono solo per spostare il combustibile

Pompe jettison sono disposte nella parte protetta in cui ci sono le pompe (sump box) viene inviato in un ugello e spinto contro l'aspirazione primaria e sfruttano una parte di mandata, si autopressurizzano attraverso

l'iniezione con un ugello di kerosene nella sump box stessa, circa il 20% della portata circola su se stessa garantendo una pressurizzazione del pattino e facendo arrivare combustibile pulito.

Sump box → ci sono le pompe e gli ugelli per l'auto pressurizzazione

pompe jettison per lo svuotamento in emergenza

All'aumentare della portata diminuisce la pressione.

Deve funzionare normalmente fino a 4 bar (pressione più elevata del corretto funzionamento) e fino a 8 bar in prova, 12 bar pressione di scoppio alla quale si può avere qualche perdita ma l'impianto in generale non cede.

- Modalità operative di configurazione dell'impianto

Bisogna prevedere ciò che può guastarsi e dare al pilota le possibilità di far fronte al guasto. Se una pompa si rompe una situazione di emergenza per molto tempo porta ad una traslazione del baricentro, bisogna faranti un riequilibrio.

Crossfeed → valvole di alimentazione incrociate: alla pompa rimanente il kerosene arriverà un po' da un serbatoio e un po' dall'altro.

La crossfeed è obbligatoria e bisogna certificare che anche con la pompa ^{siano rispettate le} guaste condizioni. Per le perdite di carico il condotto da utilizzare è quello che attraversa la crossfeed.

Per capire quanto kerosene resta nei serbatoi bisogna cercare di misurare le curve di svuotamento e coneggerle con gli assetti.

LVDT: trasformatore in cui un avvolgimento è scorrevole rispetto alla barra ferromagnetica, quindi spostando l'avvolgimento sulla barra modifichiamo il coefficiente

di mutua induzione tra circuito primario e secondario, alimentando con una tensione ad alta frequenza il primario misuriamo una sul secondario con una ampiezza in funzione dell'avvolgimento. Sistema molto usato perché molto affidabile, non necessita di dispositivi meccanici.

Un'altra modalità è quella capacitiva: condensatore ^{a tubicino} avvolto, le armature sono separate

da un'intercapedine dentro cui può trapelare il kerosene, in funzione dell'altezza di

esso si ha la sostituzione del dielettrico con aria e vapori di kerosene o con kerosene. La differenza tra capacità dielettrica del kerosene e dell'aria cambia la capacità di accumulo e quindi. Un altro metodo ancora poco diffuso è la sonda ultrasuoni piazzata in

fondo al serbatoio emette onde acustiche che al contatto della discontinuità fisica

liquido-gas provoca una riflessione delle onde e quindi si misura l'altezza del pelo libero. Il tempo di propagazione è proporzionale al livello del kerosene.

* alimentando con una tensione variabile, misurando la V si può valutare la capacità e quindi il

Per calcolare le curve di svuotamento il velivolo ha decine di sensori per tutti gli assetti e tutte le zone disposti in modo uniforme per cercare di coprire la quantità di kerosene.

Si riempiono i serbatoi controllando kg per kg e tracciando le curve.

Per i sensori capacitivi si può fare in modo che curve irregolari passano esse compensate da forme delle armature conformate con il volume dei serbatoi.

Tutta la rete di sensori viene comunicata al computer.

Il rifornimento viene fatto secondo due criteri: quello a gravità e quello ad alta pressione con portate notevoli.

Bisogna sempre prestare attenzione alla sicurezza: i tappi devono sempre essere messi a massa per evitare incendi.

Rifornimento in volo solo per i velivoli militari

La gestione del rifornimento può essere fatto attraverso un simottico.

FCU

È parte del motore ma si interfaccia direttamente con l'impianto combustibile

Si usano pompe volumetriche a pistoni perché il kerosene che esce ^{dalla FCU} deve avere una pressione sufficiente al funzionamento nella camera di combustione ~ 20 bar

Bisogna iniettare l'ad almeno ^{nella FCU} 150-120 bar. Al di sotto di 150 bar l'FCU si disattiva automaticamente.

La pressione del kerosene prima del fuel cooled oil cooler non è altissima e anche quella dell'olio non è necessario che sia alta.

Se del kerosene va a finire nell'olio di lubrificazione, quest'ultimo perde le

le proprietà e gli ingranaggi si ingrippano.

La pressione ^{del kerosene} ~~del kerosene~~ in ingresso dovrà essere inferiore a quella dell'olio in uscita (per evitare il mescolamento)

Ha un dispositivo di regolazione della portata, devono essere gestiti molti parametri perché il combustibile bruci in maniera efficiente ed ecologica garantendo rendimenti più alti possibili.

In passato si usavano dispositivi analogici che attraverso elementi servo-meccanici modulano agli iniettori la portata del kerosene istantaneamente.

2/05/2013

L'andamento lineare è giustificato se se ipotizziamo $n = 1$ (parabola).

Il rendimento si annulla in due punti: uno a velocità nulla, uno ad alta ω .

Il propulsore ha la sua gearbox, su cui ci sono CSD con generatore o IDG una pompa idraulica che alimenta l'impianto idraulico.

Spieghiamo aria compressa dell'APU e la iniamo alla turbina, aria regolata intorno ai 10 bar e ai 200°C, l'entalepa associata a quest'aria è in grado di suonare sulle schiere perforate, su uno statore che inibisce correttamente ed è un rotore che raccoglie l'energia, fa espandere l'aria e recupera l'energia termica e scarica infine l'aria all'ambiente esterno.

Rapporto di espansione: 10 bar - 1 bar.

Il compressore comincia a ruotare, aspira aria dall'esterno e la pressione in camera di combustione sale, la turbina gira aumentando ω quindi rappresentando la coppia resistente del motore all'aumentare di ω dell'albero motore si ha andamento lineare crescente.

Aumentando la velocità il compressore il compressore comincia a suonare. La p sale fino a punto è possibile attivare FCU, l'iniettore riconosce una pressione adatta e comincia a spruzzare combustibile.

La turbina da contributo e quindi la C comincia a diminuire, in un primo momento è ancora positiva poi si annulla.

La turbina agisce su un albero diverso da quello del motore.

La gearbox è una catena di ingranaggi che contemporaneamente ruotano uno tra: scinato dall'altro, alimenta le turbine.

Il CSD è uno scambio di velocità con rapporto di trasmissione variabile in modo continuo, ha un campo di regolazione dentro cui riesce a operare quindi si avrà un andamento a spettato.

Alternatore + CSD crea una C resistente, stacciamo l'alternatore e resta un minimo di corrente (perché ha una sua autoinduzione) sommate alla resistenza dei cusci retti si ha una coppia che viene alterata dal CSD. Se aumenta la ω il T cresce.

Quando T è massimo se la ω aumenta la C tende a diminuire fino a stabilizzarsi fino a che non si ha l'avviamento.

Per l'impianto idraulico non c'è T variabile, c'è la C resistente dell'altro della macchina, la pompa non marcia (la shut-off è chiusa) perché altrimenti non si riuscirebbe a mantenere la pressione. Vale se è accumulatore a gas è carico.

Si può quindi scrivere l'equazione di equilibrio all'avviamento riconducendo tutto ad un albero.

Il motore deve essere avviato in poco tempo, quindi con dei programmi informatici si valutano le prestazioni.

Il bleed (spieghiamo) si ha con motore, ventole per raffreddare e velocità di non ritorno. Primo scambiatore: precooler, raffreddato con aria a bassa pressione che arriva dal fan.

Dal ramo dell'APU si può pressurizzare il sistema idraulico e il sistema per l'acqua potabile.

06/05/2013

intende a condizionare a $4-5^{\circ}\text{C}$ intorno ad un valore nominale di benessere. Cabine non pressurizzate su veicoli dell'aviazione civile che non superano i 6000m. Cabine pressurizzate sono di due tipi: con impianto a ciclo chiuso e con impianto a ciclo aperto. La fusoliera è una struttura complessa, deve essere pressurizzata nel ciclo di vita. Il condizionamento sollecita la fusoliera perché si crea un gap tra pressione esterna e interna.

Si usa una in pressione prelevata dal propulsore, si introduce in cabina e si regola il valore, attraverso valvole di sovrappressione differenziale e di sovrappressione differenziale. Intesa la prima quando la pressione differenziale tra interno e esterno supera un certo limite si aprono, su una struttura a pareti sottili una sovrappressione esterna schiaccia i pannelli che cedono, e volando quindi fa entrare aria quando la p esterna è maggiore di quella interna (per esempio nelle discese ripide).

Almeno quindi 3 valvole: 2 di sicurezza, una per evitare il sovraccarico strutturale, e una per evitare il cedimento per instabilità elastica per compressione e una di regolazione della pressione fine tramite un rubinetto che fa uscire aria. La pressurizzazione viene regolata attraverso una centralina, la pressione in cabina è mediata in piedi.

Per la normativa la pressione deve essere ^{superiore a} ~~6000~~ 8000 m, quindi in crociera regoliamo la pressione alla fine della fase di salita.

Le pendenze dei due tratti di salita e discesa sono regolate secondo la normativa a 500 piedi/min e 200 piedi/min. Quella più critica è quella a scendere perché il timpano quando viene schiacciato da dentro e fuori subisce di più.

Ape amico a terra la p in cabina è egualmente superiore a quella esterna e tale valore si decide in relazione all'altitudine della pista in modo da evitare che la fusoliera sia schiacciata dall'esterno e per permettere soprattutto l'apertura dei portellone.

CICLO APERTO

Aria che arriva dal motore, lo scambiatore di calore, Cold Air Unit che è un dispositivo che abbassa la temperatura e regola la pressione.

Nella CAU dobbiamo raffreddare l'aria che non è stata raffreddata dal primo raffreddatore. Il raffreddamento può essere secondo due tecnologie: a ciclo d'aria e a ciclo di vapore.

Main airflow valve regola la pressione, si apre quando sfiora.

Pressure (Safety) relief valves intervengono quando la p in cabina sale oltre i valori consentiti dalla struttura.

Negative pressure relief valve si apre quando la pressione ^{esterna è oltre} è molto controllata.

WOW → apre valvole per uguagliare la pressione interna e quella

Air cycle machine \rightarrow turbina e compressione, vincolate a scambiatori di calore, sensori, pompe di circolazione, collettore mixer in cui viene mescolata l'aria...
Simples Act: presenza impianto pneumatico, un solo scambiatore di calore, aria fresca a 10 bar che entra in una turbina dove subisce un'espansione e la T scende a 2°C . Per scaldare bisogna sprecare tramite la valvola l'aria calda che va mescolata a quella fresca.
 In uscita c'è un water separator che toglie l'eventuale condensa liquida che può generarsi nell'espansione adiabatica. La turbina produce lavoro e lo utilizziamo facendo girare un fan che invia l'aria esterna in uno scambiatore di calore e riduce la T in uscita.

Bootstrap a 2: turbina abbinata ad un compressore; un ventilatore serve quando il sistema è fermo al suolo, non c'è più il fan ma c'è un motore dedicato che bisogna alimentare con un impianto elettrico. L'impianto pneumatico entra in un primo scambiatore, la T al punto 3 è più bassa che nell'impianto pneumatico, entra in un compressore quindi $T_2 > T_3$, $P_2 > P_3$, poi ancora scambiatore di calore e T diminuisce e infine un'altra turbina dove subisce un'espansione e c'è T di 2°C .

Se vogliamo scaldare sprechiamo aria calda e facciamo in modo che in cabina arrivi T adeguata, \rightarrow necessario per omogeneizzare la T calda e quella fresca.
Mixing plenum dopo il water separator, che è un deumidificatore.

Bootstrap 3 Wheels: toglie il motore dedicato e lo integra direttamente nella macchina, risparmio di peso, è il più usato.

Bootstrap 4 Wheels \rightarrow Prima T è a 2°C poi c'è scambiatore di calore, nuova espansione fino a $T < 1$
 Sul 737 c'è il bootstrap 4 wheel: water separator è a metà prima che l'aria esca e vada in cabina quindi è subfreezing.

Turbina e compressore ruotano sullo stesso albero a velocità angolari elevate perché devono elaborare portate notevoli per condizionare le cabine.

Bisogna equilibrare perfettamente le macchine, magari su un unico albero e parantine che nella seconda turbina non si trovi ghiaccio altrimenti espedirebbe per disequilibrio dinamica quindi il water separator deve essere efficiente.

La versione più evoluta è il duo-spool in cui ci sono due rotori, il vantaggio è che si possono raggiungere T basse e che le macchine possono funzionare a velocità differenti.

CAU A CICLO DI VAPORE

Installate su veicoli di piccole dimensioni dove il condizionamento a ciclo aperto è meno conveniente perché la CAU costa ed è ingombrante quindi si preferisce un sistema automobilistico basato su un ciclo frigorifero. un liquido viene raffreddato, finisce in un evaporatore, diventa quindi un gas e raffredda notevolmente l'aria, il gas viene compresso, si surriscalda ed entra in un condensatore nel quale un altro fan prende aria fresca esterna e fa tornare il gas in liquido. Poi c'è un regolatore di flusso e un riciclaggio all'interno del sistema. Il ciclo è ripartito su sistemi dell'impianto.

08/05/2013

Fare arrivare aria calda in zone piccole da spacciare è scomodissimo perché necessita di tubi piccoli, quindi l'aria viene fatta circolare in aerei grossi per spacciare grosse aree. Temperature intorno a 20°C . In subsonico più aumenta V più aumenta calore.

A $M=0,3$ se scaldiamo la superficie abbiamo bisogno di una quantità di calore minore. Perché a M più elevati accentua lo scambio di calore. Volando a quote elevate e a V elevate la quantità di calore necessaria è maggiore.

L'aria calda fornisce in continuazione da un tubicino in zone in cui bisogna sciogliere il ghiaccio: sistema adatto ad aerei di grosse dimensioni.

Spacciamento per via elettrica: permette spacciamento continuo; conversione energia elettrica in calore; oppure epitio antighiaccio (piezoelettrico). Viene spazzato sulla superficie attraverso pori su di essa, si forma uno strato a bassa T di fusione.

Calore sciolto su questo "film d'epitio" non riesce a ghiacciare e scivola via portandosi via parte di questo film, quindi bisogna alimentare continuamente il circuito.

Sistemi per rimuovere il ghiaccio:

sistema pneumatico → sacche che gonfiandosi eliminano il ghiaccio; mette nelle zone in cui si forma più il ghiaccio tipo bordi d'attacco, ala, impennaggi.

Nelle zone più critiche viene fatta passare elevata potenza termica attraverso i fili (antighiaccio switching).

L'antighiaccio elettrico continuo viene aiutato da questo antighiaccio discontinuo.

Segmenta il ghiaccio e l'aria per viscosità, insieme all'acqua sottostante al ghiaccio lo fa scivolare via.

Placchette piezoelettriche che vibrano e fanno staccare il ghiaccio: ELECTRIC EXPULSION. Allo stesso modo si può fare per via magnetica: è un po' pericoloso perché facendo vibrare la struttura induce rischio di rottura.

Vibrazioni → spostamenti infinitesimi per lungo tempo → fatica della struttura → facilitazione formazione buca → riduzione vita aereo

Vantaggi: sistemi molto leggeri e richiedono poca energia.

Aria calda: spalliamo aria dal bleed e la mandiamo sui bordi d'attacco e nelle prese d'aria dei motori; antighiaccio elettrico: placche incollate, distinte in zone che funzionano per via continua e zone che funzionano impulsivamente attivate solo quando si incontrano banchi di nuvole di ghiaccio; antighiaccio pneumatico: sacche, economico, poca pianta d'aria per gonfiare, è importante dimensionare la valvola che regola la pressione e la frequenza impostata, le sacche gonfie creano aumento di resistenza.

Tutti i finestrini anteriori sono protetti termicamente, vetri stratificati e in mezzo c'è uno strato in plastica (ossido metallico in matrice polimerica, conduttivo): ossido di Pb da un a a str.

09/05/2013

OSSIGENO

Ossigeno contenuto in bombole e distribuito attraverso dei condotti.

Deve essere integrato quando la pressione umana scende sotto i valori necessari.

Per i passeggeri ossigeno chimico fissato allo stato solido e contenuto in contenitori non pressurizzati.

Condizioni nose: ossigeno liquido.

Pressione di immagazzinamento: 200-300 bar.

Fornisce ossigeno gassoso a bassa pressione, cioè più superiore a quella ambiente.

L'ossigeno in forma gassosa è subito fluibile quindi adatto per il pilota, la bombola è fornita di una valvola di sicurezza.

Una polvere si mescola ad un liquido e forma ossigeno per i passeggeri.

L'ossigeno è un gas non esplosivo, può alimentare la combustione ma non brucia da sé.

La normativa vuole che per i veicoli militari la maschera sia sempre "a portata di mano" quindi si trova insieme all'imbragatura.

Le maschere per i passeggeri non hanno la valvola di sicurezza, una volta messa l'ossigeno fluisce.

Attraverso centrifugazione differenziale si può allontanare l'ossigeno, con molecole maggiori, dall'azoto.

FULMINAZIONE

Non c'è un impianto ma predisposizioni per salvaguardare il veicolo.

Il fatto che un aeroplano sia colpito da un fulmine è normale quindi deve essere progettato e mantenuto in esercizio in modo che resista.

L'eventualità maggiore di essere colpiti è nella fascia tra 5000 e 15000 m, e le nuvole aumentano la probabilità di essere colpiti da fulmini.

La base impedenza della struttura fa passare la corrente da una parte all'altra senza fondere l'aereo. Bisogna fare attenzione a dove continuano i condotti metallici perché se ci sono discontinuità di impedenza le altissime correnti escono in modo clamoroso dalla struttura, tendono ad aggirare "e ostacoli" e formano un arco che può portare a fusione o esplosione in caso di materiali compositi.

Il fulmine è un fenomeno instabile, di solito colpisce ad un'estremità ed esce dall'altra però in realtà il punto di attacco non è unico perché salta continuamente in avanti quindi il danno del fulmine potrebbe non essere localizzato nel punto di primo attacco.

motori.

Il gruppo di condizionamento è in genere il più grosso. Viene fornita aria pneumatica fredda, al di sotto del sistema si forma un getto perché si separa l'acqua: l'ACU è più energivoro raffreddare che riscaldare.

Nei aeroplani grossi possono essere avviati con la APU che è avviata con uno starter generator o un motore dedicato, in entrambi i casi per via elettrica.

Quando non vogliamo accendere l'APU usiamo aria pneumatica ad alta pressione. C'è la fonte elettrica anche: può essere in continua (~~o in alternata~~) o in alternata.

13/05/2013

L'APU solitamente è spenta a terra perché inquinare.

Alimentazione pneumatica a terra per 3 funzioni: raffreddamento aria in cabina, riscaldamento aria in cabina e avviamento propulsori.

Sono necessarie potenze elevate soprattutto per raffreddare perché abbiamo fan funzionare la CAU. Per i paesi freddi esiste un sistema che scappa solo la cabina.

Per i propulsori esiste un sistema che manda aria tramite shut-off.

L'alimentazione elettrica a terra si fa con batterie se c'è bisogno di poca energia o con generatori dedicati se le potenze richieste sono elevate.

Ci sono due fonti: spinotti costituiti da un polo positivo e uno negativo e un polo grigio che permette di alimentare un relè che fa in modo che la corrente si stacchi prima che stacciamo la presa, così evitiamo archi elettrici.

Un pannello fa accendere una spia se si è rotto qualcosa, se non viene comunque non si accende.

Interfacce elettriche: esiste un grosso anello che sostiene le spine evitando che il peso della matassa cada a staccare le spine.

Esistono unità che forniscono liquido all'impianto idraulico del velivolo.

HGPU; in ambito aeronautico con HGPU possiamo testare la funzionalità della RAT (tipica per velivoli ETOPS).

Per evitare di mescolare l'olio vengono utilizzate 2 prese.

È possibile anche collegare la mandata e il ritorno all'impianto idraulico generalmente questo è usato per manutenzione a terra (in hangar) per rinfrescare dei condotti idraulici con APU e motori spenti.

I materiali terrestri non vanno bene soprattutto per la resistenza nel vuoto. Si pensa che la superficie del sole sia costituita da granuli che sono in reazioni dati da materia fluida organizzata in moti convettivi e al di sotto di essi ci sono i super granuli.

Le macchie solari portano alla formazione di intensi campi magnetici.

Durante una tempesta solare si ha una fionata uscite di materia.

La corona solare crea il vento solare costituito da protoni soprattutto, probabilmente ci sono 8 protoni per cm³ e per quanto sia piccolo il vento solare provoca disturbi delle orbite.

Le particelle emesse dal sole sono essenzialmente protoni, particelle α e particelle β .

16/05/2013

Lo spettro di emissione del sole in termini di radiazione magnetica può essere sintetizzato in una tabella:

onde radio

onde UVA

onde infrarossi

onde visibili \rightarrow unica che si mantiene costante

raggi X

raggi γ

Raggi cosmici: costituiti da particelle cariche e neutre.

Cariche \rightarrow protoni, neutroni, nuclei più pesanti (Fe...), elettroni, neutrini, raggi γ

La radiazione elettromagnetica emessa dal sole è una fangia delle emissioni, e questa si aggiungono i raggi cosmici. Le particelle neutre sono una piccola parte dei raggi cosmici, la gran parte è costituita da particelle cariche.

AMBIENTE IN PROSSIMITÀ DELLA TERRA:

L'atmosfera è costituita da N₂, O₂, Ar...

Al di sopra della stratosfera fino a 80 km abbiamo un mescolamento di gas e le % delle miscele non cambiano.

La pressione diminuisce esponenzialmente: Stevino!

Sopra i 80 km la chimica cambia! A causa delle radiazioni (in particolare nei UVA) l'O₂ non riesce più ad essere biatomico, ma diventa monoatomico, perché nei UVA si staccano.

Da 100 km in su O è la specie chimica prevalente, O₂ poco, N₂ non si dissocia, Ar e infine H₂ e He abbandonano perché sono leggeri quindi tendono a salire.

Le combinazioni % cambiano a seconda delle intensità delle radiazioni.

Materia non

FASCE DI VAN ALLEN → portano le particelle verso i poli, la restante parte della terra è protetta. Le fasce fungono da schermo.

Le fasce più protette sono l'equatore e i tropici.

Le particelle si addensano ai poli o tendono a rimanere intrappolate in una fascia che crea un anello attorno alla terra.

Volare in tale fascia è sconsigliato perché è addensamento delle cariche e aggressivo.

Ace'interno delle fasce di Van Allen ci sono protoni e elettroni.

L'attività del sole agisce sulle fasce, cambiando il loro comportamento e variare dell'attività solare.

Un altro effetto sui satelliti è dovuto all'accumulo di cariche elettrostatiche. L'assenza di atmosfera porta alla generazione di scariche elettrostatiche in atmosfera, le pareti degli aerei sono isolate dalla vernice e a contatto con l'aria per sfregamento si caricano elettricamente rimanendo cariche a terra e tramite concentrazione in punta o campo elettrico si riescono a portare via le cariche. Scaricando le velivoli.

Se un satellite che sia fuori dall'atmosfera ^{Sono} utilizzate tecniche più sofisticate perché è più difficile rimuovere le cariche.

I pannelli fotovoltaici, metallici, sono attaccati dai fenomeni atmosferici ma non è possibile dare continuità elettrica e per proteggerli dalle scintille si usa ossido di Indio (metallo più ossidato) che dà continuità e riduce la resistività superficiale.

Lo stesso ossido di Indio è usato sugli aerei per l'impianto anti-ice.