



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1195

DATA: 24/10/2014

A P P U N T I

STUDENTE: Rubinetto

MATERIA: Sistemi di Bordo Aerospaziali

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.

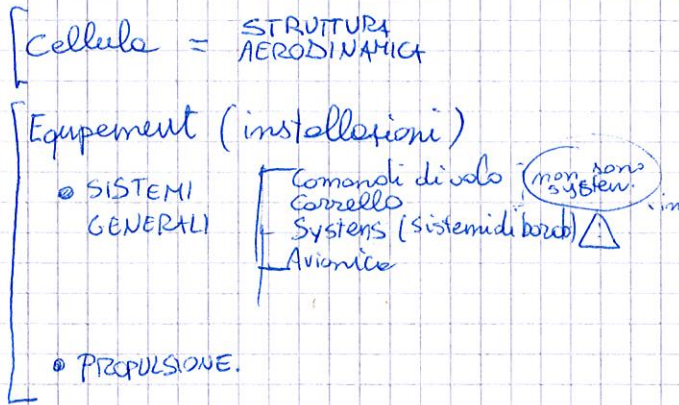
**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

SISTEMI DI BORDO AEROSPAZIALI.

- SISTEMA: velivolo nel suo complesso
- SOTTO SISTEMA (= sistema di bordo) (impianto) gruppo di componenti messi insieme per una funzione.
- COMPONENTE: elemento che ha una sola funzione.

- i vari sottosistemi devono interoperare

il velivolo è diviso in 2 MACRO SOTTOSISTEMI



SISTEMI di bordo:

(pesano circa metà velivolo, costano il 75%)
 preziosi al Kp massima

- Manutenzione molto onerosa.

una divisione del velivolo in base a costi, metodo di PROGETTAZIONE e ESECUZIONE SICURA, è quella

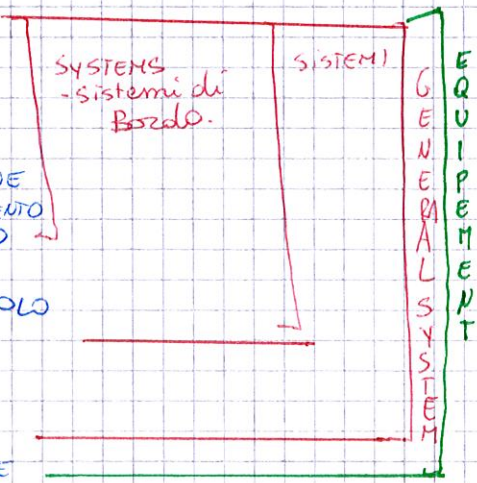
- Struttura (Aerodinamica + parti Strutturali)
- Propulsione
- SISTEMI (General Systems)
- AVIONICA

- IDRAULICO
- PNEUMATICO
- ELETTRICO
- COMBUSTIBILE
- ANTIGHIACCIO
- PRESSURIZZAZIONE
- CONDIZIONAMENTO
- ANTINCENDIO

- COMANDI DI VOLO
- CARRELLO

◦ AVIONICA

◦ PROPULSIONE



SICUREZZA (SAFETY) = le persone non si fanno male

①

~~SICUREZZA~~
 AFFIDABILITÀ (RELIABILITY): gli oggetti non si rompono.

• si pestisce il rischio, moltiplicando la provata per la probabilità che avvenga un incidente.

(normalmente si discretizza in intereddi)

◦ Classificazione per criticità:

- PRIMARI: se si rompe rischio per la sicurezza
- SECONDARI: se si rompono, non c'è rischio = la sicurezza, però la missione viene abortita
- AUSILIARI: se si rompono, la missione può essere conclusa comunque

PROGETTO

◦ C'è un equilibrio fra efficienza e peso.
 ① se un impianto è usato poco, si privilegia il peso, altrimenti l'efficienza.

◦ L'AMBIENTE: è estremamente vario, sia in

- ② TEMPERATURA (-60 - +70 Ambiente, -50 - +200 motori)
- UMIDITÀ (0 - 100%)
- PRESSIONE
- DENSITÀ

◦ FATTORI OPERATIVI.

③ Aziende COMPONENTISTICHE
 ≠ Aziende sistemistiche (= Componente: scelta nera)

◦ PROGETTAZIONE SISTEMISTICA:

- ① Schema a blocchi
- ② Modello matematico dei componenti
- ③ Usare simulazione x trovare valori numerici
- ④ Assegnare PART NUMBER
- ⑤ Inviare le REQUEST FOR PROPOSAL (RFP) alle aziende
- ⑥ Vedi i cataloghi e scegli il migliore.

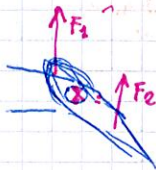
COMPENSAZIONE AERODINAMICA:
per diminuire le forze di azionamento.

⊙ Becchi di compensazione.

Genero una forza F_1 al dila della cerniera, e sposto la risultante per diminuire il momento

C_L AUMENTA

C_D // MOLTO (ma alte velocità)

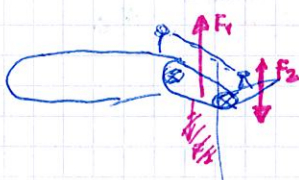


Solo per Aerei Lenti

[puoi sfruttarla x il bilanciamento statico]

⚠ occhio al GHIACCIO!

⊙ Aletta compensatrice.



crei una piccola superficie che, tenuta in posizione da un sistema a parallelogramma,

(potrebbe essere in metallo, x le alte velocità)

si curva inella sticcia opposte della superficie

e genera una piccola forza con un grande braccio in senso opposto.

- Velivoli veloci: ok.

- Velivoli lenti: ok.

- No rischio ghiaccio (che sta solo in punta).

⊙ FUNI:

pallegge + schiacciate

- Me troppo tesa - (fanno attrito),
me troppo lasche (poco reattive, esce da pallegge)

- σ_n fune \neq frequenze meccaniche del velivolo.
(con i tenditori e le lupfere, oltredeconi)

FUNE \rightarrow STREFOLE (STRANDS) \rightarrow FILI (WIRE)

- FUNI ACCIAIO: perché - Alta σ_R
- Poco deformabili plastica

- Avvolgimento elica: + elasticità

- Olio fra i trepli.

⊙ TENDITORE: Tende il cavo in fase di montaggio (2)

⊙ REGOLATORE DI TENSIONE.

serve per compensare "direttamente" le tensioni errate, come ad esempio la dilataz. termica differenziale del CAVO - STRUTTURA

- ACCIAIO: - SENSIBILE a T dell'ALUMINIO

⊙ è opportuno avere un misuratore di tensione.

⊙ Se l'aereo è preparamento serve una GUARNIZIONE dove la fune passa da P_a a P_o .

⊙ ASTE

⊙ devono essere rigide (E alto)

⊙ con pli snodi sferici: movimenti sferici

⊙ OCCHIO all'instabilità di punto. $P_{CR} = \frac{EI m \pi^2}{L^2}$

⊙ Anche qui, occhio a σ_n

- BELL CRANK: Squeltra.

⊙ Colene: x i doppi comandi.

⊙ TRIM

ci sono 2 modi per ottenerlo

① Aletta correttiva.

\neq dell'aletta compensatrice

regoli la posizione

dell'aletta per

Annullare il

Cmc nella condizione

di volo stabile.



\rightarrow la Regolate!

② Collettamento TAIL RECORSIBILE

- cambi collettamento STABILIZZAZIONE

⊙ Bisogna restituire il punto feedback al pilota. se F.B.W, puoi spostare le molle dello shock.

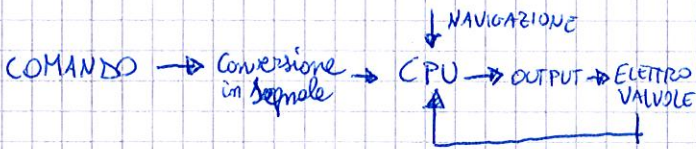
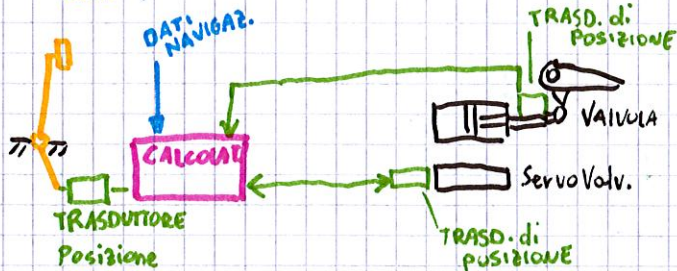
VANTAGGI dei comandi di volo POTENZIATI

- a) più **RIGIDEZZA** verso i **DISTURBI**
- b) Puoi lasciare i **COMANDI LIBERI**: Storzanno nella **POSIZIONE NEUTRA**
- c) **NO COMPENSAZIONE AERODINAMICA**.

② VIA ELETTRICA (FLY BY WIRE) + ③ FBL

- Sono coordinati dal **COMPUTER di BORDO**
- Una volta (dopo anni '70) era **analogico**, ora è **DIGITALE**
- Implementato, negli **INSTABILI VEICOLI MILITARI** dalla **S.A.S.** (Stability Augmentation System)
- Implementato in:
 - Concorde
 - A 320 A 330 } Airbus (Intorno di 320 + 30-40-80)
 - A 319 A 340 }
 - A 321 A 380 }
 - B 777 787 } Boeing (777 + 70)

• Schema:



Peculiarità

- **4x RIDONDANZA**
- I **SOFTWARE** sono **NORMATI** (fatto da DIVERSE SOFTWARE HOUSES)
- Obbligo di **Back-up meccanico**

Vantaggi FBL

- MEVO PESS
- Controllo **INVILOPPO di VOLO**
- + **Stabile e reattivo** (il segnale elettrico è + veloce di quello Meccanico)
- - **SECCITAZ o FATICA** (manare + "tranquillo")
- **S. A. S**
- + Controllo se **IMPROVVISI CAMBI** di **ALTEZZA**...
- **AUTOPILOTA + improbabile!**
- Serve - **ADDESTRAMENTO**.

- Se manca il **Back-up Meccanico** SERVE **MOLTA AFFIDABILITÀ**
- **RIDONDANZE** per le **LINEE di segnale**
- Serve un **DATABUS digitale**, quindi **PROTOCOLLI di COMUNICAZIONE**
 - MIL-STD-1553
 - ARINC 629

• **SOFTWARE e HARDWARE** da **VALIDARE!**

• Il **DATABUS digitale** Viaggia su un solo cavo **RIDONDATO**, viene pure normale il **COST** Viaggia su quel cavo!

• MODALITÀ delle RIDONDANZE.

- I comandi + Critici sono **Ridondati 3x**
- I comandi che possono essere attivati da un lato per volta, hanno **2x**

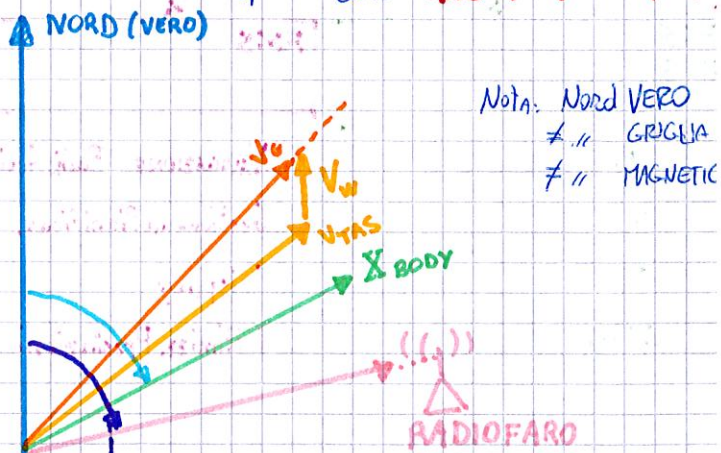
• MACH TRIM

Ad Alte velocità $M \approx 0,6$ → il fuoco si **SPOSTA** da $l/4$ a $l/2$, questo fa **Picchiare il velivolo**
→ si attiva automaticamente in **TRIM** gli **ELEVATORI!**

ATA 22 Autopilota e FMS

Terminologia

WAYPOINT punto, reale o astratto, vengono usati come **S.R.** per le aeree (pur non essendo obbligati a passarci attraverso)
- Corrisponde con i **RADIOFARI (BEACON)**



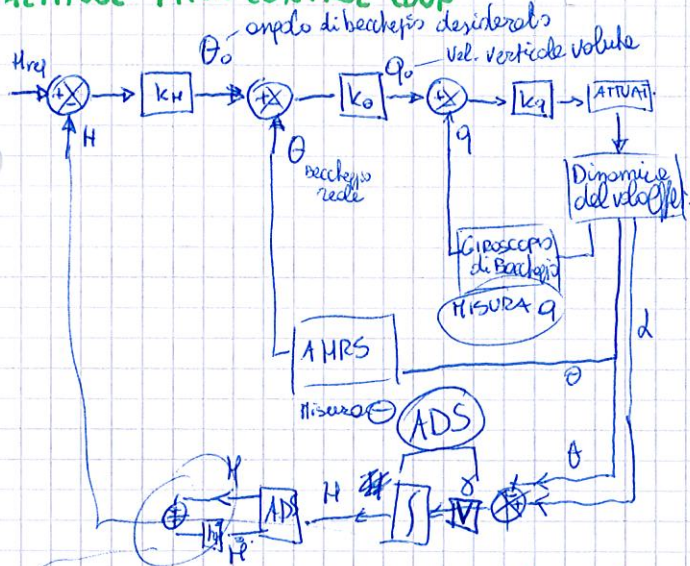
Nota: Nord VERO ≠ // GRIGLIA ≠ // MAGNETIC

BEARING:
Angolo della DIREZIONE della LINEA DIREZIONE (componente PEREO - RADIOFARO)
→ 0 (0-360°) Antiorario da Nord
→ 0 (0-90°) + QUADRANTE
TIPICI di NORD!
(MAGNETICO) (VERO di GRIGLIA)

HEADING:
Angolo Nord - X BODY
(MAGNETICO) (VERO di GRIGLIA)

GRIVATION:
Angolo Nord GRIGLIA Magnetico

ALTITUDE PITCH CONTROL LOOP



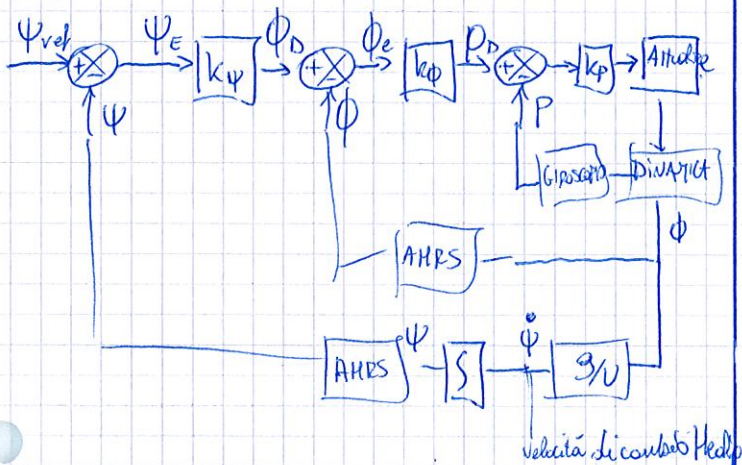
AHRS: Attitude Heading Reference System

ADS: Air Data System: misura la quota

→ misura la quota e la sua variazione!

HEADING ROLL CONTROL LOOP.

target: Annullare XTR



gli aileroni, possono essere comandati da motore elettrico.

CUSTOMER: non supera n elevati!

(G2) YD.

le RIFECHE laterali, pur non deviando l'aereo rispetto al vento (x la STABILITÀ STATICA tendono a tornare dritto da solo) disturbano il comfort dei passeggeri.

→ lo YAW DATER BIANCIA la DEVIANZA

per farlo, si AMPLIFICA la COPPIA di un GYROSCOPIO per far ruotare il TIMONE!

RANGE: $\pm 3^\circ$

NOTA: Mentre AP da feedback, (4) lo YD No!!

YD lavora sempre!

lo YAW DATER quindi, Apisoda **SMORZATORE VISCOSO!**

(G4) A-THR - mediante il FADEC (computer) regola il carburante

• Mantiene V_{TAS} costante

• Regola decollo ed atterraggio automatico

• Viene integrato con l'FMS e con la 4D merge oltre che con l'AUTOPILOTA (mopri x le virate)

1 PROBLEMI della NAVIGAZIONE

se segui il classico metodo dei WPT, ho 2 problemi

(1): Sopra i WPT ho una Congestione del Traffico aereo

(2): Quando fatto da segmenti, NON è la traiettoria ottimale!

X OVIARE al PROBLEMA: sfruttando i vari radiofari, penero dei WPT VIRTUALI.

Area Navigation - R/NAV

in futuro, con GALILEO/EGNOS o con WAAS,

RPN/AR, cioè NAVIGAZIONE SATELLITARE!

↳ è l'FMS che controlla che la navigazione venga seguita!

esiste poi. **VFO: ovvero la Visual Flight Only**, la navigazione a vista.

Dopo al Pilota arrivano TROPPE INFORMAZIONI le facciamo passare a calcolatori di bordo. così composti:



Questi compongono l'AUTOPILOTA!

FMS

con la Navigazione per Area, contiene i riferimenti in memoria di tutto ciò che è utile (Aeroporti, ecc.), e li rappresenta su di un **M3 Display**, chiamato **EFIS** (Electronic Flight Instrument System)

Se ho + di una fonte di dati, posso usare un FILTRAGGIO STATISTICO x minimizzare gli errori!

REMOVE BEFORE FLIGHT

il GROUND SAFETY LOCK è una spina che si usa ad Aereo Spento, per tenere il carrello aperto! il 14% dei decolli abortiti avviene perché non si è tolta la spina --
 → STRISCIA PENEOLANTE ROSSA.

ESTRAZIONE MANUALE CARRELLO d'EMERGENZA (pianto in caso l'impianto elettrico e/o idraulico abbiano problemi).

II) AMMORTIZZATORE CARRELLO

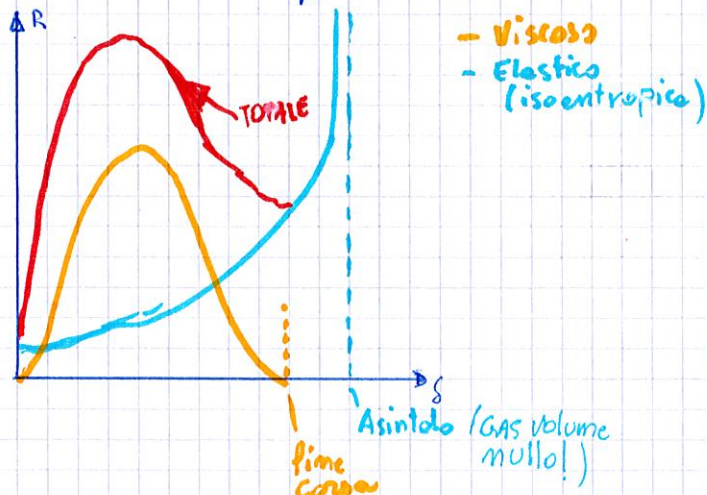
usiamo l'amortizzatore OLEOPNEUMATICO. il miglior rapporto Prestazioni/Peso.

- GAS: ACCUMULA l'ENERGIA cinetica con la PRESSIONE
- il dia: permette per gli orifizi di dissipare l'energia --
 → lo trasforma in calore.

$$R = \underbrace{A P_o \left(\frac{V_o}{V_o - A \delta} \right)^\delta}_{\text{componente elastica}} + \underbrace{A^3 k \left(\frac{d\delta}{dt} \right)^2}_{\text{componente viscosa}}$$

A = Area pistone
 P_o = pressione da scarico
 V_o = volume da scarico
 S = Allungamento
 k = costante viscosa.

proficilmente, è rappresentabile così:



il CARICO sul PISTONE, è la DIFFERENZA fra le aree sopra e sotto per P_o!
 Ovvero la sezione dello STILO!

$$W_p = P_o \cdot \left(\pi \frac{\phi_s^2}{4} \right)$$



METERING PIN: Anche usare budelli (5) usi una SEZIONE variabile, diminuisce la forza dissipativa.

il VOLUME di COMPRESSIONE del GAS è uguale AL VOLUME di STEW ENTRATO.

Si NORMA la VELOCITÀ di IMPATTO e la CONTINGENZA MASSIMA all'ATTERRAGGIO!

efficienza = AREA R_{max} / S_{max} confrontata con curve sotto della curva
 nota: lo pneumatico Aiuta l'amortizzatore

PROGETTO CARRELLO

- 1) → DIMENSIONARE L'ATTUATORE
 - a) CAD
 - b) Calcola F_{stello} e V_{vuoto} (decidendo il tempo di estrazione)
 - c) Come FORZE, prima il PESO, poi le FORZE AEREA
 - d) Vedi: BARRE MINIMI → F_{max}.

- 2) AMORTIZZATORE - RUOTE:
 - a) Configurazione da Avanzprogetto
 - b) Peso 20% Nose 80% Main
 - c) Ora SCEGLI m^o e Ø delle RUOTE x V carrello →

SCEGLI BENE LA PRESSIONE di GONFIAGGIO, direi quanto pneumatici eserciti sullo pista!!

III) RUOTE



GOMMA: BATTISTRADA NON TASSELLATO, ma RIGATO
 - x chi nella prima fase dell'atterraggio, le ruote partono a fessure - Sconsigliate lunghi x la pioggia!
 - Alto + speso, x ruote elevate (Sop FREN) che SPIN-UP

CORD BODY: RIVFORZI di NYLON orientate in 2 modi.
 - RADIAL PLY TYRE: in diraz. radiale
 - BIAS PLY TYRE: in diraz. diverse. anche quelli delle auto.

- NOTE
- fungono da Amortizzatori quando questi sono ripidi (Rullaggio)
 - GRANDE USURA per SPIN-UP e FREN
 - CERCHIONI GRANDI, lega di ALLUMINIO o Mg. CONTENITORI del CAORE dei FREN
 - SPINE TERMOSENSIBILI → se si scaldano trap sgonfio
 - PNEUM. ISOLATO TERMIC. dal FREN!

SPIE: Occhio all'apertura ASIMMETRICA!
dura 20'000 Atterraggi poi controlli avvenendo!

- ESTRAZIONE GRAVITAZIONALE L'EMERGENZA.

BOGIE BEAM: + ruote sulle trave!
Controllo con **PITCH DAMPER** attuatore < for toccare PRIMA le Ruote dietro!

UPLOCK-DOWNLOCK serve x tenerlo in posizione!

il carrello è Appiccicato a **OBSTACOLE** di FORZA e LUNGHERA.

ATA 29 Sistema Idraulico

tubi dell'idraulico

- GIALLO BLU e Cerchi.
- OTTIMO x TRASFERIRE POTENZA MECCANICA
- INSOSTITUIBILE nei **COMANDI DI VOLO POTENZIATI** PRIMA, fino a quando non avremo il motore elettrico

l'idraulico è un vettore di energia fra 2 componenti meccaniche.

- Sfrutta l'incompressibilità del fluido e quindi il principio di Pascal.
- la STATICA si usa x dimensionare a grandi linee, ma occhio alla dinamica ed alle risposte in frequenza!

PRO V

- 1: Peso poco confrontato alla potenza erogata, e PUOI CENTRALIZZARE la PRODUZIONE
- 2: η di TRASMISSIONE ALTISSIMO (fino alle medie distanze, tipo decine di metri)
- 3: flessibilità nell'installazione
- 4: Supporta bene i sovraccarichi
- 5: Affidabile e facile accumulare energia x le EMERGENZE
- 6: Poca Manutenzione ordinaria.
- 7: BASSA INERZIA \Rightarrow ottima risposta in frequenza
- 8: FACILE CONTROLLO e Spunto ($x=0$) con FORZA MASSIMA!

CONTRO X

- 1) se si rompe un componente ho perdite di fluido
- 2) Attuatore IN PARALLELO + Attuatori ha difficoltà di SINCRONIZZAZIONE
- 3) fluido resiste poco al CALORE: tende a produrre PRECIPITATI! in alcuni casi è pure INFAMMABILE.
- 4) Manutenzione STRORNIARIA COSTOSA
- 5) Il fluido va FILTRATO e RAFFREDDATO.

RIDONDANZA: ho 2 o più CIRCUITI PARALLELI. le componenti:

1 GENERAZIONE:

ovvero generare la Q. Ogni circuito ha UNA o PIU' POMPE! (non sempre ne basta una!!)

le pompe hanno diverse Alimentazioni:

- EDP: engine driven pump
- MDP motor (elettrici) driven pump
- Turbine (per l'aria compressa)
- RAM (ram air turbine)
- MANUALE (emergenza)

2: DISTRIBUZIONE e COLLEGAMENTO

oltre ai tubi, ci sono VALVOLE e RACCORDI.

3: UTENZE

in pratica sono ATTUATORI e SERVIVALVOLE.

\leftrightarrow MARTINETTI

\curvearrowright MOTORI IDRAULICI

4: ACCESSORI

- Accumulatori
- filtri e guarnizioni
- SERBATOI (raffreddano e lasciano precipitare lo schifo)
- SCAMBIATORI di CALORE.

Principi utili:

CRIC: dato che $F = p \cdot S$ ^{Area} e dato che il VOLUME è CONSERVATIVO ($SAC = \Delta V$)

+ l'attuatore ha superficie, + forze genererà, ma a scapito della velocità.

PERDITE di CIRCO:

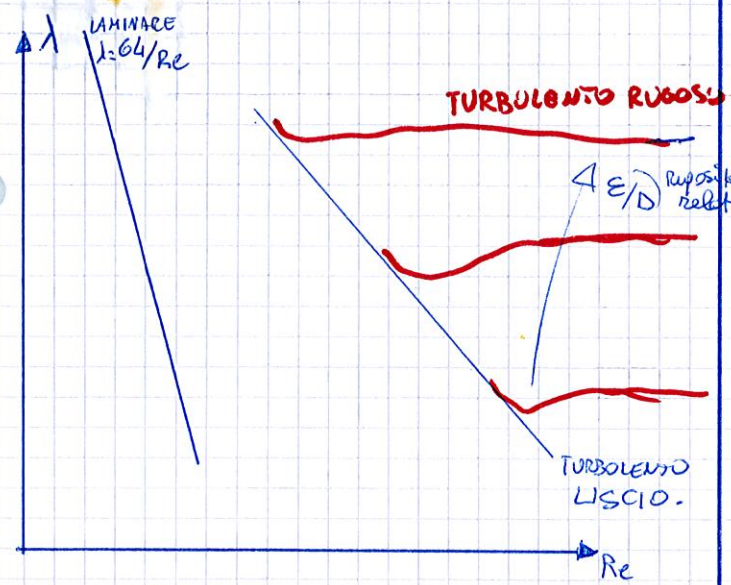
potenza dissipata: $W_T = Q \cdot (\Delta P)$

in generale ($W = Q \cdot P$) potenza. ΔP ai capi del tubo

● TUBI FLESSIBILI: - usardi - possibile
 - parti in moto relativo.
 parte interna in TEFLOW (PTFE) con dispersioni metalliche, sempre x i fulmini!

● OLIO Skydrol
 - rosso intenso, ne vedi le fuoriuscite
 - NON a Base di Idrocarburi (POLIMERIZZAZIONE)
 ↳ ESTERI FOSFORICI
 ↳ cambia con T.

→ **DIAGRAMMA DI MOODY**



formula di MOODY: $\Delta p = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{1}{2} \rho V^2$

l'obiettivo è coprire quanta pressione perdo. per farlo, devo avere L, D, p, Q

mi calcolo il $Re = \frac{V \cdot D}{\nu}$

e dal grafico vedo λ → posso calcolare Δp .

per le perdite CONCENTRATE, la formula è:

$\Delta p = n \cdot \frac{V^2}{2g}$

dove n dipende dalla geometria.

● GIUNZIONI e TENUTE:

se ho 2 parti in moto relativo, occorre che il fluido non trapeli...

se la Δp è particolarmente alta, ANELLI PROTETTIVI di TEFLOW.

T: ATTUATORI

trasformano l'energia idraulica in meccanica
 equilibrio forze:

$P_1 S_1 - P_2 S_2 - F_R - F_{attr} = m \dot{V}_{att}$
dell'utilizzatore attrito della tenuta inerzia

alcune relazioni utili:

$V_{media} = \frac{\text{corsa}}{\text{tempo}}$ $Q_{media} = \frac{\text{cilindrata}}{\text{tempo}}$

cilindrata = corsa x superficie

chiamo $K = \frac{S_1}{S_2}$ la relazione fra le 2 facce del martinello.

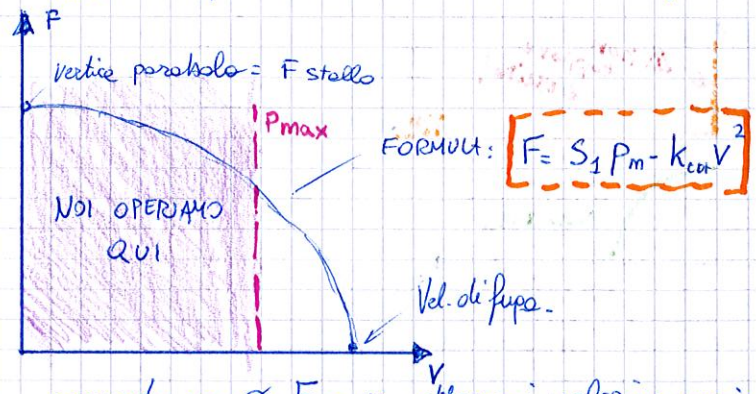
per le velocità e le portate in ingresso/uscita, lega la velocità dell'attuatore a quella dell'olio.

la forma parabolica della caratteristica dell'attuatore, è dovuta alla DIPENDENZA QUADRATICA della VELOCITÀ con le PERDITE di CARICO.

la forza dell'attuatore è influenzata da:

$S_1 P_m$: ATTIVA $S_2 P_R$: perdite di PRESSIONE dell'attuatore (trascurabile, $P_R \ll P_m$) (2ordi)

$K_{tot} V^2$: Componente DISSIPATIVA della VELOCITÀ!



ponendo a 0 F e V, otteni i valori numerici di F_{stallo} e V_{fuga} .

la POTENZA MASSIMA è a:

$F = \frac{2}{3} F_{stallo}$ $V = \frac{V_{fuga}}{\sqrt{3}}$

Se ho velocità costante, conto le varie perdite di carico.

● Altri tipi di Attuatori:

- VITE-MADREVITE: A circolazione di sfere
- Motore idraulico-

JACK SCREW BALL SCREW

• $n_{p,pr}$: esiste un valore massimo: c'è una **PRESSIONE** ideale x lavoro.

• Uso delle pompe come motori.

essendo macchine reversibili, le pompe possono ospitare l'alta pressione in arrivo dall'esterno e generare coppia!

Come sono le formule? le **STESSE**, solo che gli n vanno a numeratore / denominatore al contrario del funzionamento diretto!!

$$Q = \frac{cil \cdot n}{n_v}$$

$$W = C_H \cdot W = C_H \cdot \Delta P \cdot n \cdot (n_m n_v) = Q(\Delta P) \cdot n_m n_v n_v$$

- esercizio tipico sulle pompe.

ho dei dati, quali Q , $n_{p,pr}$, (n_v, n_m, n_v) , ΔP

che dipendono da CIRCUITO e FAMIGLIA di POMPE.

① quanta cilindrata dovrà avere la pompa?

$$Q = \frac{cil \cdot (n_{p,pr})_{inw}}{n_{p,pr}} \rightarrow cil = \frac{Q}{n_{p,pr}}$$

② Quanta potenza consumerà?

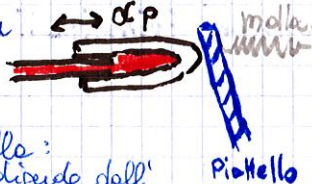
$$W = \frac{Q \Delta P}{n_m n_v} = \dots$$

Pompe non Volumetriche:

POMPA ad INGRUAGGI: costano molto meno e se si tappano non succede niente, però non genereranno mai alti ΔP ! \Rightarrow Solo LUBRIFICAZIONE.

Regolazione pompa a piattello inclinato:

Alla mandata, Attacchi un tubo, che è collegato ad un pistone. esso SPINGE IL PIATTELLO equilibrato da una molla: così, la **PRESSIONE** (che dipende dall'angolo del piattello) sarà regolata!



AZIONAMENTO POMPE: 1 (EDP)

Un Riduttore (GEARBOX) prende il moto del Propulsore attraverso il **PTO** (POWER TRANSMISSION OVERDRIVE)

• VANTAGGIO se si HANNO GRANDI POTENZE! evitiamo un MOTORE DEDICATO!!

• la GEARBOX ha DIVERSE PRESE di MOTO! mica solo la pompa. (le pompe, c'è ridondanza!) (8)

2 MDP

• Un Motore dedicato (elettrico, idraulico o pneumatico) il pneumatico sfrutterà una piccola turbina ero produrrà molto rumore \Rightarrow solo emergenza

• VANTAGGIO:

- LA STETTO DOVE VOGLIO! (vicino ai serbatoi ed in campo, no Cavitate!))
- $W = \text{COST.}$
- FUNZIONA a MOTORI SPENTI
- lo PUÒ SPENGERE QUANDO NON SERVE
- Se un PROPULSORE SI ROMPE, hanno Sempre un'alternativa Alternativa
- FACILMENTE ACCESSIBILE x MANUTENZIONE

3 RAT

si usa SOLO x i PRIMARI e PER le EMERGENZE, ed è pensato per il VOLO LIBERATO.

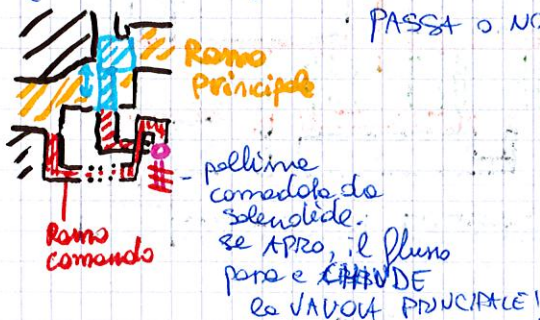
VALVOLE

controllano il circuito, deviano i comandi!

• PRESSURE RELIEF VALVE: RIDUTTRICE di PRESSIONE

- Poppet = pallina attaccate a molla e spinte dalla pressione. Se P supera un dato valore, si apre e Regola la P a monte!

• SHUT-OFF VALVE: è ATTIVATA dal PILOTA, (o ESCLUSIONE) e decide se un flip PASSA o NO!



• PRESSURE REGULATION VALVE (Regolatrice di PRESSIONE)

Accompagnata da un Mon Ritorno:

UN INGRESSO - 2 USCITE.

ingresso: MANDATA

Uscita 1: RITORNO \rightarrow ci torna "l'eccezione di propi"

USCITA 2: PRESSURE REGOLATA

IMPIANTO nel suo COMPLESSO

BOEING 737: ha sia la EDP che la MDP.

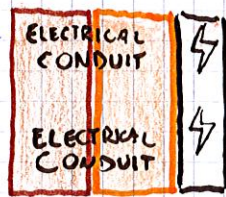
PTU: Power Transfer Unit è un GRUPPO REVERSIBILE POMPA-MOTORE

Si usa per NON MISCHIARE GLI OL dei 2 CIRCUITI!

nel B757, triplo ridondanza per:
 → ELEVATORS (equilibratori)
 → RUDDER (timone di coda)

ATA 24 Sistema Elettrico

• MARZONE - ARANCIO - fulmine



• Essendo molto VERSATILE, vorremmo i Velisti ALL-ELECTRIC.

→ Ormai è il + Pesante Sottosistema!

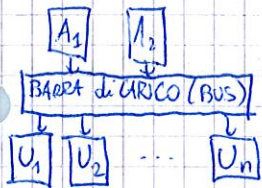
UNA VOLTA:



ogni Utilizzatore aveva il suo dimmeratore:

→ TANTI PICCOLI AUT. PESTUODI PIÙ di POCHI GRANDI
 → Se si rompe l'dimmeratore, l'utente è andato!

OGGI:



→ le utenze dovrebbero lavorare in AC e DC UNIFICATE! sia in V che in f (Hz)!

ALTERNATIVE:

UTENZA	ALTERNATIVA	NOTE	miglior potenziale
ILLUMINAZIONE	NO	Ata 33	E I I I I I I A
ELETTRONICA-AUDIODICA	NO	Ata 21, 31, 34	E I I I I I I I A
INTERRUTTORI, BLOCCHI, RELE	Elementi logici FLUIDI	L'elettrico pesa molto meno!	E I I I I I I A
ATTUATORI linear	ATTUATORI IDRAULICI-PNEUMATICI	L'idraulico è + EFFICACE, EFFICIENTE e AFFIDABILE!	E I I I I I I I A
ATTUATORI Rotativi	MOTORI IDRAULICI e PNEUMATICI	Non bene Usabile!	E I I I I I I A
CLIMA e ANTIVE	Pneumatico.	miglior gli Pneumatici ma, a volte, x piccole utenze si usa l'elettrico!	E I I I I I I I A
CUCINE	NO		E I I I I I I I A

• Ordine di grandezza potenza elettrica: (9)

gran parte degli aerei Vecchi, stanno fra 0,2 e 0,6 MVA, e parte A380, con 0,8 MVA, e B 777; con ben 1,6 MVA!

• LEGGI di OHM e NOTE!

$$V = R I \quad R = \frac{L}{S}$$

$$W = V I$$

ricorriamo quanto dovrebbe essere presso il cavo!

$$S = \frac{P}{R} = P L \frac{W}{V^2} \dots$$

Come si vede, + il Potenziale è ALTO, più il Cavo DECRESCe AL QUADRATO!

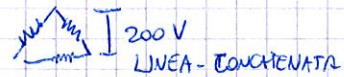
⇒ Vantaggio ad avere tensioni ALTE!!

VALORI UNIFICATI di TENSIONE

CONTINUA 28 V

270V: per ora poco usato: Militari e CORE ELECTRIC

ALTERNATA MONOFASE 115 V per 400 Hz (oppure WILD FREQUENCY cioè variabile)



• dagli Anni '90, Abbiamo Alzato il Valore di V per ridurre S ed il peso.

Però, d'Altro Canto, Bisogna PROTEGGERE le persone dalle ALTE TENSIONI!

• PER VEDERE i PESI: Guardo le TENSIONI!!

$$DC \rightarrow 28V \quad AC \rightarrow 115V$$

uno è 4 volte l'altro

→ S di uno è $\frac{1}{16}$ dell'altro!

• NOTA: dato che il corpo umano è un'impedenza l'AC è - Pericolosa della DC!!

Continua oppure Alternata?

DC: Ho bisogno di batterie (ma $\approx V$, peso!)
 In caso di CORTOCIRCUITO, servono dei dispositivi veloci per PROTEZIONE DA SOVRACCORRENTI.
 per questo non siamo oltre 28V!
 con le nuove tecnologie, si è riusciti a superare questo limite. permette però il $V_{max} = 540V$ per l'EFFETTO CORONA specie in Alta Atmosfera.

AC: equilibrio fra:
 - VOLTAGGI ALTI per Scarico Piccolo
 - VOLTAGGI BASSI per sicurezza e GUARME (persona pure loro)
 ⇒ 115V è un buon compromesso inoltre ALTERNATORI PICCOLI e AFFIDABILI.

per le FREQUENZE:
 - f ALTE perché bastano generatori + piccoli (che girano + veloce)
 - f BASSE \times evitare che giri troppo in fretta \rightarrow supporti del Rotore.

MIL-STD-704: tolleranza nelle oscillazioni di tensione

Le utenze ed il tipo di corrente

UTENZA	% CARICO	DC	AC wild p.	AC 400Hz
ILLUMINAZIONE + RISCALDAMENTO	50-70% (più di metà)	✓	✓	✓
MOTORI	10-40% (1/4 circa)	✓	✓	✓
COMANDI, CONTROLLI, SERVOATTORI	5-10% (poca parte)	✓		✓
AVIONICA	5-20%			✓
BATTERIA		✓		

⇒ CI SERVONO TUTTE e 2!

x questioni di peso, Generiamo Una, e poi la trasformiamo solo x chi non può usarla!

GENERAZIONE DC:
 • Aviazione generale
 • trasporto leggero
 • executive
 • Regionali

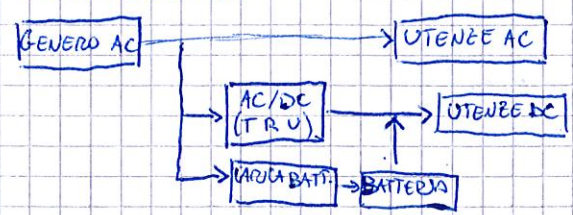
GENERAZIONE AC:
 • Volidilinea con TURBOJET e TURBOFAN
 • MILITARI

alcuni le generano entrambe (ATR - 1/2)

Generazione DC



Generazione AC



Pregi DC:

- LE BATTERIE, possono essere usate come Ridondanza!
- Non ho il pesante CARICABATTERIE, (e questo \uparrow Affidabilità)
- POSSO USARE lo STARTER GENERATOR
- ⇒ la DISTRIBUZIONE PESA di +, la GENERAZIONE -! quindi buono per AEREI PICCOLI e MEDI (pochi casi!)

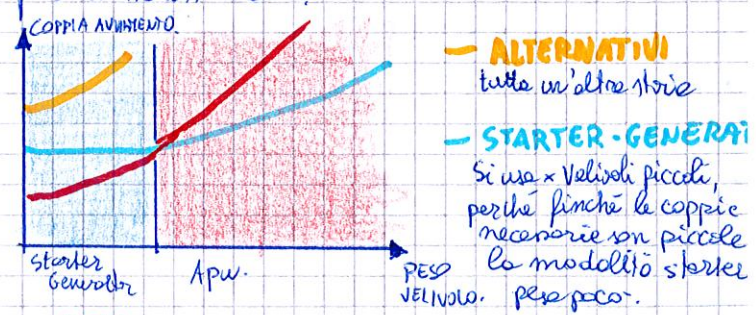
Pregi AC:

- $V \uparrow \rightarrow$ Cavi + Leggeri
- il TRU pesa - ed è + Affidabile dell'inverter
- NO SPAZZOLE ⇒ - manutenzione, Affidabile, modo E-T
- ⇒ I CAVI PESANO MENO, quindi CONVIENE sui VELIVOLI GRANDI!, dove ne ho molti.

Nota sui Motori alternativi:

- Considerato che GRAN PARTE delle UTENZE sono CONTINUA, genera DC.
 → IL MOTORE genera terribili Attriti (un pistone + quozonini quindi lo STARTER GENERATOR PESEREBBE MOLTO!! meglio un MOTORE ELETTRICO DEDICATO + ALTERNATORE PADRIZZATO. peso meno!

QUINDI: in base a dimensioni e tipo di motore, si può schematizzare così!



- APU nel caso in cui ho un velivolo grande, è meglio un avviamento pneumatico. nel complesso pesa meno.
- le UTENZE dell'avionica, tra l'altro, richiedono TENSIONI INFERIORI ⇒ e per questo, a 400 Hz COSTANTI!

A) GENERATORI IN CONTINUA

- Chiamati DINAMO,
- SHUNT WOUNDS = AUTOECCITATO] tipico aeronautica
- 2 coppie di POLI

Potenza: 10 kW
350 A → $V_{fai} \text{ conti} = 28V$.

Velocità: 4500 - 8500 Rpm

raffreddato ad ARIA ESTERNA.

4 POLI sono + REGOLARI di 2!

usi + SPIRE ⇒ + Area!

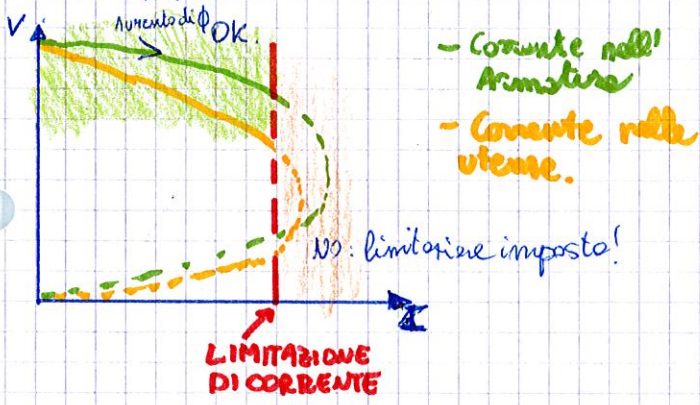
ho 4 SPAZZOLE, 2 x 4 coppie di poli.
→ lespite a 2 morsetti → eni dividono
la corrente fra PRMO delle utenze
(con r + BASSA, ⇒ para + corrente)

e PRMO dell' elettromag. x AUTOECCITAZ.

(RALTA: Voglio che poca corrente
scelga di passare fuori!)

• AVVIAMENTO: il FERRO conserva, x isteresi,
una MAGNETIZZAZIONE RESIDUA
⇒ basta penetrare la corrente ed avviene
il tutto!

• Ora, come detto, NON TUTTA LA CORRENTE
GENERATA va alle UTENZE, quindi si
può rappresentare la CARATTERISTICA
della DINAMO



• Perché V cala con l'aumento di I :

- Già l'ARMATURA ha una RESISTENZA INTERNA (e $V = R \cdot I$)!
- Anche gli avvolgimenti x produrre elettricità generano un B → questo disturba la generazione. - REAZIONE di INDOTTO
- questi due effetti fanno diminuire pure I ⇒ B diminuisce ancora!

per questo motivo, mettiamo un **Limitatore di FLUSSO** (e quindi di corrente).

• il VANTAGGIO della DINAMO è che può essere usato come starter. lo SVAVANTAGGIO sono le SPAZZOLE!

→ vanno sostituite ogni 1000h di utilizzo.

Per evitare SCINTILLE (EMI), non SUPERATO i 12 kW (→ 400 A.)

• REGOLAZIONE

la TENSIONE non rimane sempre a 28V!
CROCHI ASSORBITI, Δw della Gearbox, TEMPERATURA variano il valore!

SOLUZIONE: R in serie al Circuito Avvecc

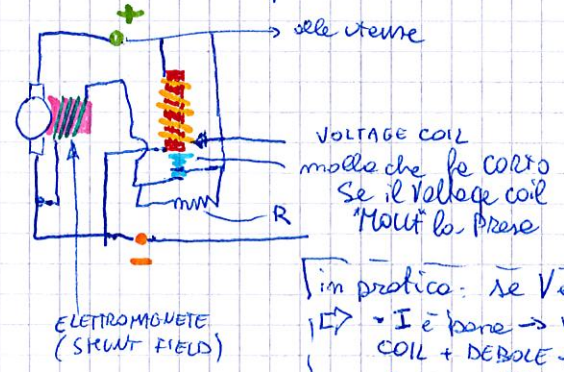
⇒ limità $I \rightarrow B \rightarrow \phi \rightarrow FEM!$

come uso questa R? con il VOLTAGE COIL!
ovvero, un'elettromagnete Alimucato dalla corrente del sistema!

esistono 2 tipi:

I: VIBRAZIONE

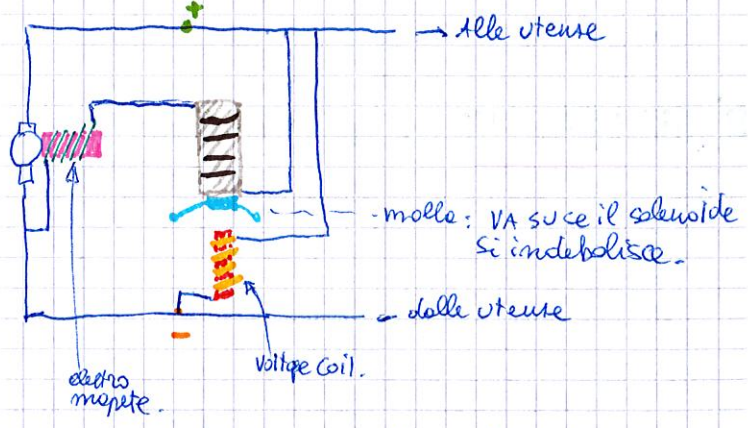
• Usato su velivoli piccoli e medi.



in pratica: se V è BASSA
⇒ I è para → VOLTAGE COIL + DEBOLE → CORTO
→ AUMENTO di I → AUMENTO di FEM V

II PILA di CARBONE

• Anche questo, su Velivoli Piccoli!



in pratica: DISCHI ROGGI di carbone: + gli schiacci + Resistenza fanno!
quindi: se V è BASSA → Voltage Coil debole
→ la molla schiaccia i dischi → Resistenza cala → Corrente Aumenta!

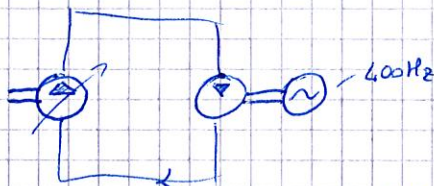
è + continuo, ma + costoso della vibrazione.

BRUSHLESS STARTER-GENERATOR.

- Usato solo sul B-787. per dare un'idea delle potenze in gioco, parliamo di 250'000VA!
- ed ogni propulsore ne ha 2...
- funziona in alternata: come lo usiamo da starter?
- con il **CMSC**: Common Motor Start Controller, che permette d'utilizzo come motore!
- con un inverter trifase, alimento le 3 fasi del generatore → Motore SINCRONO 3FASE da dare prendo l'energia? dall'APU!

SINCRONIZZAZIONE FREQUENZE?

- perché? x l'AVIONICA ed I MOTORI ELETTRICI!
- ma anche per COLLEGARE in parallelo generatori!
- di principio, si usa un MOTORE IDRAULICO a CILINDRATA VARIABILE, frutto del ramo di retroazione generato dalle FREQUENZE.



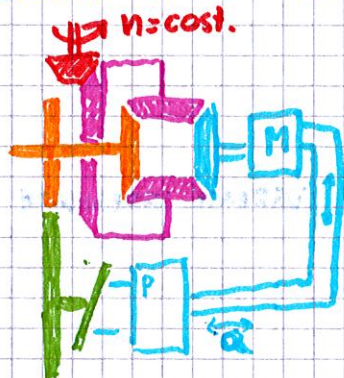
se fatto bene, controlliamo pure la fase!

fatto così, però, ENERGI DISSIPAZIONI del Motore idraulico.

→ CSD Constant Speed Driver!

COME FUNZIONA: C'è un DIFFERENZIALE

- 1) Arrivo delle coppie del MOTORE → Viene PASSATA la sua Velocità al **PLANETARIO** e parte viene letta dal **REGOLATORE della POMPA**



- 2) in funzione delle ω_1 inclino + o - il PIATTELLO → LA POMPA manda al motore idraulico una portata $\propto \omega_1$

- 3) IL MOTORE Consuma i surplus di ω_1 , Restano

- 4) Leppa ω_1 + Conversione → mondo n cost!

- o Così $\eta_{trasm.}$ è ALTO, perché GRU (12) PARTE della POTENZA PASSA al PLANETARIO, e solo una piccola parte viene usata per correre!

- o Simile al **AUX/VAR**, che anziché la pompa usa un MOTORE + GENERAT. ELETTRICO. però, in caso di surplus, Usa un FENOMENO DISSIPATIVO ELETTRICO per FRENARE!

- o PESA poco, ma ha un problema: con ω BASSI delle GENERARE ENERGIA: si sovrammenta il motore!

- o ha una Finestra x vedere il livello dell'olio

IDG (Integrated drive Generator)

integra il CSD e l'ALTERNATORE.

VANTAGGI:

- Tecnici
- 1 - SUPPORTI x l'ALBERO
 - 2 - COLLEGAMENTI TECNICI
 - 3 - VOLUME
 - 4 1 SPOC CIRCUITO x Lubrificazione e Raffres

Operativi:

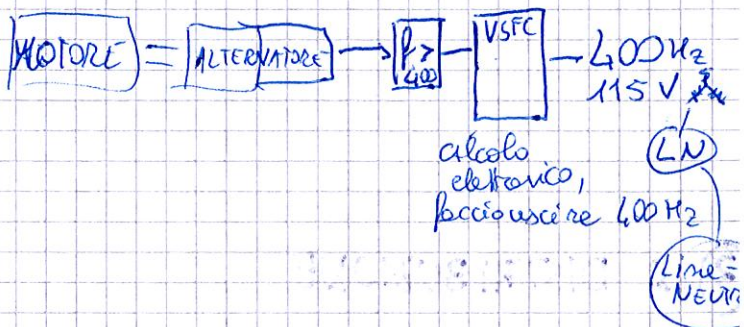
- 1 UN SOLO FORNITORE
- 2 - MANUTENZIONE.

⇒ - PESO, - COSTI OPERATIVI; + SICUREZZA

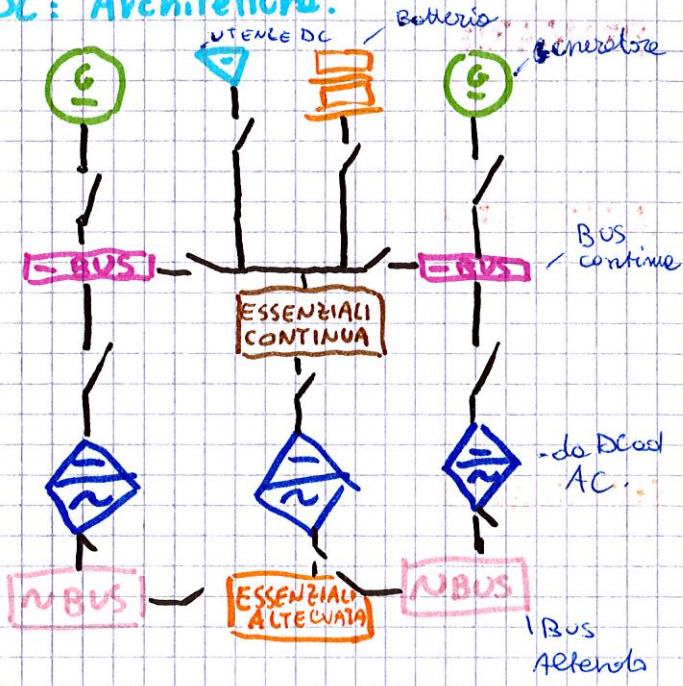
VSFC (Variable Speed Constant Freq.)

SONO DISPOSITIVI COMPLETAMENTE ELETTRICI. quindi, non avendo bisogno di pompe e corevole, li passo motore DOVE VOGLIO!

→ CICLOCONVERTITORI.

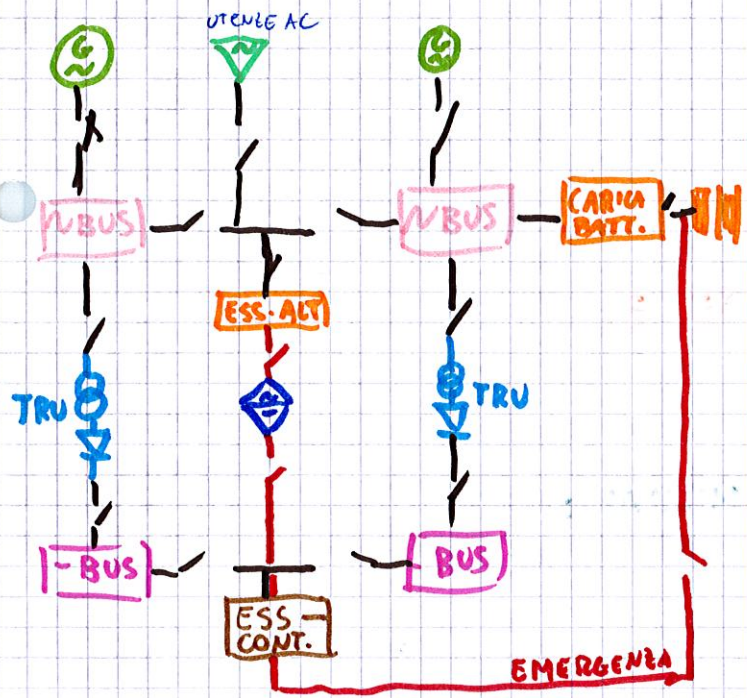


DC: Architettura.



- nota SE NON ho un FASITORE, attacco solo 1 alternato alla volta.
- molta RIDONDANZA: 3x Alternato
- 2x CONTINUA (ne serve - tra - rischi - che - intermedi!)
- I due sistemi di GEN. sono collegati da interruttorce! se se ne rompe uno → CONTINUITÀ di FUNZIONAMENTO!

A.C. : ARCHITETTURA.



- note → EMERGENZA: Batteria → ESSENZIALI → INVERTER → ESS. CONT.

• SINCRONISTICO OBBLIGATORIO! (se voglio il // di potenza) (se voglio il // di potenza)

QUANTO SI CONSUMA LA POTENZA ATTIVA E REATTIVA

REAL LOADS SHARING
REACTIV LOADS SHARING:

• gli Apparecchi particolarmente sensibili agli impulsi, sono montati su un **SHOCK MOUNT**, ero di impie le accelerati.

- Riparare i CAVI ROTTI:
 - AMPUTI la parte difettosa
 - metti un CRIMPED SPUCE x l'overlap dei fili
 - Appiandi una SHRINKABLE SLEEVE, che stringe la riproposizione!

• Collegare a mano: 2 ROVISCHE, una PIATTA ed una di BICOCHI ero TIEME in pressione se il Dado si allenta!

• Vi è una FRIZIONE Attaccate ad una leva! così per ~~per~~ staccare MANUAMENTE il GENERATORE!

PROTEZIONE da SOVACCARICHI: uniamo elementi sensibili al calore (SOLE ⇒ I²)

FUSIBILE: una cella che si ROMPE: sostituir PRO: più "pronto ALL'azione"

BREAKER: DT → deformazione → interruzione. PRO: Può essere Ripristinato da cabina. CONTO: + LEVOLI.

INTERRUTTORI = Comando MECCANICO

RELE = Comando ELETTRICO: lo preferiamo per istantanei che DIPENDONO da ALTRO, o per evitare PESANTI Collegamenti alle CABINA (un caso elettrico per poco, uno meccanico!)

④ ACCUMULATORI e BATTERIE.

- ENERGIA CHIMICA ↔ ENERGIA ELETTRICA
- x AVVIAMENTO e ASSORBIMENTO SOVACCARICI
- + la BATTERIA è SCARICA, - DV ha i magneti
- CAPACITÀ: [A · h] quanto Corrente posso erogare e per quanto TEMPO.

è COSTANTE (= i PERDITE)

$C = I \cdot t$

C'è un RENDIMENTO:

È + BASSO ad I + ALTE

AVVIAMENTO (I alte x t corti)

EMERGENZA (I basse x t lunghe)

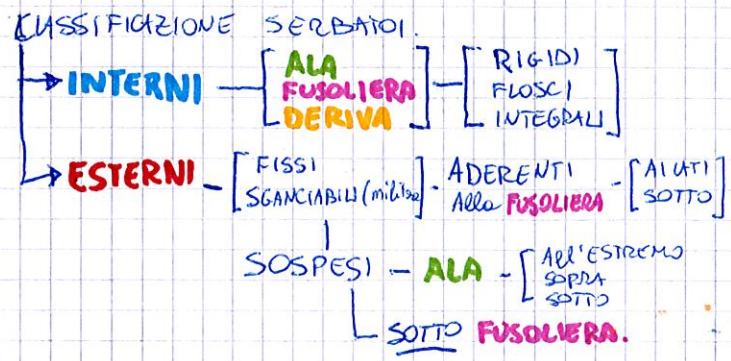
BIOFUELS. • ufficialmente x avere - CO₂, in realtà usiamo SUI RICORRI del PETROLIO che costa sempre di più.

• Per ora, solo in miscela con il Jet fuel!
max 50%...

• Come preparato?

- con $\frac{1}{2} pV^2$
- con PNEUMATICO
- con **BOMBOLA di AZOTO!**

I SERBATOI



PRO ESTERNI: • elevate AUTONOMIA
• possono essere SGANCIATI

CONTRO • maggiore DRAG!

PARATIE ANTI SCIABORDIO:

• O STORZI lo sciabordio (piu piano ti scatti in virata)

• SERBATOI INTEGRALI: LE CENTINE PASSANO IN MEZZO.

Volando: VALVOLE di NON DETERMINO A FLABELLO.
Accumulo il combustibile IN CENTRO



SUMP BOX: ROZZETTO di RACCOLTA, dove ACQUA e RUMELLE si accumulano → + PREST DRENAGGIO (x togliere l'acqua)

ASPIRAZIONE: • Mon dal FONDO.
• con FILTRO.

Tipo di impurità:

- ACQUA: forma GHIACCIO! specie in POMPE e valvole, dove polante!
- OSSIDI: l'impurità è fatto di metalli.
- PRECIPITATI
- IMPURITÀ da "STREGATELLO"
- MICROORGANISMI

▲ **ACROBATICI**: • la SUMP BOX ha un "Mon Ritiro"

• IL SERBATOIO ha uno "SPAZIO" dedicato al volo rovescio. questo è grande quanto + autonomia vogliamo.

• SFIATI (VENT VALVE) per Ventilazione durante l'impiego e x sfiatare quando riempiti

• SERBATOI PRESSURIZZATI:

- NO PERDITE x EVAPORAZIONE
- NO CAVITAZIONE
- NO ESPLOSIONI! (solo SE USI AZOTO!)

LA DISTRIBUZIONE

• Caso più semplice: MOTORI ALTERNATIVI!

dato che basta la gravità, bisogna mettere il serbatoio più in alto del motore (in Vento di volo).

SERBATOIO + Valvole ESCLUSIVE + FILTRO + Valvola SPUGNA

→ nel caso fosse prevista SUPRALIMENTAZIONE, SI AGGIUNGE un'elettropompa: la attiviamo ONI

• Caso GENERICO: i PLURIMOTORI!

→ Normalmente il motore viene alimentato dal SUO serbatoio principale. ma è possibile trovare il combustibile fra serbatoi.

→ questo x 2 motivi: se si rompe un motore, non riduce l'AUTONOMIA e non SQUILIBRO PESI!

• TORRELLATORI: hanno a molto alle

⇒ PERDITE IN CARICO. serve una pompa per mantenere la p in un certo range per V portate!

ESERCIZIO TIPO:

mi da il PESO a pieno carico $W = 500 \text{ ton}$

mi da il THRUST TO WEIGHT ratio T/W

$$[\text{nota: Thrust} = \sum \text{motori}] \Delta$$

il NUMERO di MOTORI

ed il TSFC: thrust specific fuel consumption.

• DOVREI IMPONERE una VELOCITÀ di SCORRIMENTO. (NORMALMENTE 2 m/s)

- se la $p = 800 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ - (valore tipico...)

→ calcoli T → con il TSFC, calcoli \dot{m}_{totale} .

→ dividi per il n° motori → \dot{m}_{motore}

→ moltiplichi per Dindi per p → Q.

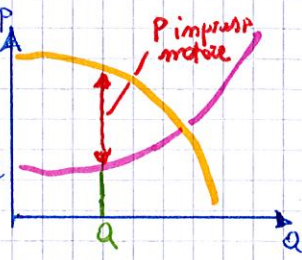
dividi x la velocità → SEZIONI

questo si traduce, in parole povere, così:

in tutto il campo di Q, deve avvenire che P delle POMPA deve essere sempre fra

$$P_{min} + \Delta P(Q) \text{ e } P_{max} + \Delta P(Q)$$

per un dato Q, la pressione all'INGRESSO del motore, è la differenza fra le curve



nel caso del transo, dato che NON VOGLIAMO un punto di P all'estremo, il punto di lavoro è **l'intersezione** fra le curve

$$Q_{TRANSO} \approx Q_{MOTORE}$$

quindi occhio alle proporzioni dei transo! non sono molto veloci all'innalzamento

• nell'APU, la pompa è alimentata dalle batterie (i motori sono spenti)

EIETTORI - JET PUMP

servono per aspirare il fluido dagli Angoli remoti dei serbatoi.

Come funzionano: Sfrutto una STROZZATURA nel condotto PRINCIPALE: V aumenta, P cala: ASPIRAZIONE!



• ESTREMI STANDARDIZZATI di lavoro dell'impianto:

- TEMPERATURE -

T_{min} COMBUSTIBILE	T_{max}	T_{min} PROVA	T_{max}
-54°C	+57°C	-62°C	+71°C

CASSE I (normale)

CASSE II (combustibile e refrigerante)

- PRESSIONI -

COMBUSTIBILE	kg/cm^2	nota: ordini di grandezza risp. a idraulico	
	4,22 esercizio	8,44 prova	12,66 scoppio
RIFORMAMENTO	8,44 es.	12,66 prova	16,88 scoppio

CROSSFEED

il fatto che un serbatoio debba alimentare un motore dall'altra parte del velivolo, porta a GRANDI perdite di carico! esattamente, il **DOPPIO** di portata (senza contare la distanza!) porta a 4x Perdite di Pressione!

QUANTITÀ COMBUSTIBILE.

• Si misura il VOLUME e si aggiusta P con la Temperatura!

MODO 1: GALLEGGIANTE.

→ è a contatto con un LVTID (Linear Variable Differential Transformer)



con minimo attrito: come un sepolo elettrico al livello del fluido.

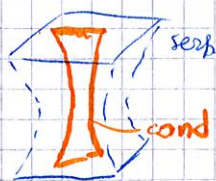
Nota: NE HO + di UNO!, quello + GROSSO è il **principale**, e riceve tutta la TENSIONE Alternata di riferimento in base all'output, regola la V degli altri misuratori, i **Secondari!**

MODO 2: CAPACITIVI.



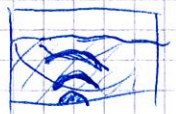
Trucchetto: SI PUSIANO i CONDENSATORI con una DIMENSIONE TRASVERSALE \propto alla sezione trasversale del serbatoio.

così anziché CAPACITÀ legata all'altrezza, ho capacità legata al VOLUME!



• NOTA: AGGIUNTA di STROZZATORE - se ho "onde" nel serbatoio, non voglio leggerle! → o elabori il segnale, → oppure Condensatori TOSTATI (diminuiscono le onde meccanicamente!)

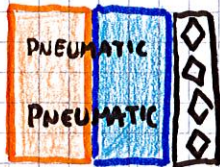
MODO 3: ULTRASUONI



ATA 36 Pneumatico

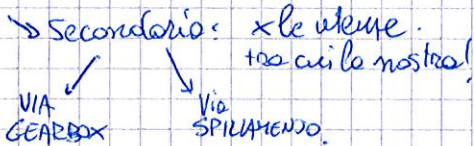
• ARANCIO, BLU e ROSSI

• SPILLIAMO ARIA CALDA ed ad alta pressione dei Combustori:



- CONDIZIONAMENTO + PRESSURIZZAZIONE
- ANTI-ICING (= Prevenzione)
- DE-ICING (= Scioglimento)
- Preseccazione Serbatoi ← ^{olis} combust. / ^{acqua}
- VENTILAZIONE Serb. COMBUSTIBILE
- GUARNIZIONI dei portelloni e di ciò che si apre
- AVIAMENTO MOTORI
- ATTUATORI (in oleonici)

• DELLA POTENZA TOTALE prodotta per dal motore, → PRIMARIA: il volo



il percorso concettuale della pneumatica



FASE I & SPILLAMENTO

• al 5° stadio x la Bona Pressione,
• al 10° stadio x l'Alta Pressione.

• miscchiando i due, abbiamo un possibilità!

- il 5° è SEMPRE APERTO
- il 10° si usa solo con motore al MINIMO, + ASSORBIMENTI enormi di portole,
- mai aperto durante il Decollo!

per aprire - chiudere, solita valvola di SHUT-OFF

QUANTA ne Spilliamo? 2-8% del Compresso principale.

70-80% dell'APU: Bene o male la stessa quantità!

Perché? → AVIAMENTO MOTORI
→ PRE Climatizzazione!

• Se Parchepristo; con Prop. ed APU su OFF, impianto a TERRA!

FASE II & REGOLAZIONE

dobbiamo regolare sia T che P!

RANGE possibili di SPILLAMENTO:

P: (2 - 10) Bar

T: (180 - 400) °C

TEMP

• Innanzitutto, il problema delle T: in un primo momento, con uno scambiatore, la portiamo a 175°C... (con non serve isolare le condiz. successive)

L SCAMBIATORE ARIA-ARIA. lo prendiamo dai fuochi!

• L'ARIA lo posso prendere

→ da FURR: l'aereo deve essere in volo

→ dal FAN del TURBOFAN! posso usarlo da fermo!

PRESSIONE

usiamo una PRSV: Pressure Regulation Shut-off Valve!

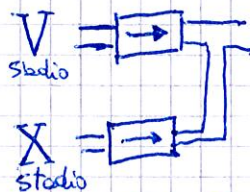
e portiamo il tutto a 3 bar!

FASE III & TRASPORTO

• come per l'IDRAULICO, pure qui abbiamo CIRCUITI SEPARATI. → o uno per motore
↳ o uno lasciato ad "aiutare" gli altri.

• AUMENTAZIONE INCROCIATA: L'ANTI-ICING non può mettere di funzione quindi se ti rompe uno spillamento lo alimentiamo con gli altri!

• VALVOLA di NON RITORNO



• se diminuisce l'alta P, non voglio che vada nel 5° STADIO! può spegnere il motore!

FASE IV & IMPIEGO

• il più assorbito è la Pressurizzazione e Condizioner
• L'Anti-icing è il secondo + oneroso. ma usato SPORADICAMENTE!

• SERBAMENTO, VENTILAZIONE, PRESS. GUARNIZIONI: usate di CONTINUO, ma Consumano poco!

• AVIAMENTO: l'olis arriva ad un ATTUATORE ROTATI → GEARBOX → TURBINA.

• EMERGENZE: ad esempio una TURBINA x AVIARE un generatore elettrico!

è una QUOTA a cui la formazione è + favorita: 3500-6500 m...

NOTA: SOTTO i -20°C non c'è sovrassaturazione!
quindi oltre i 6500 il fenomeno non avviene.

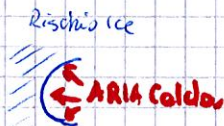
UNA NORMATIVA in base all'ambiente in cui voli, ti dice come DIMENSIONARE l'ANTI-ICE...

Danni del ghiaccio

- C_{D0} ↑ (e questo panni...)
- C_{Lmax} ↓ e α_{st} ↓ (qui son catti...)
- BLOCCO SUPERF. MOBILI.
- DISEQUILIBRI eliche e Rotori
- DISTURBO Aria PROPULSORI (T ↓)
- OSTRUZIONE PORE d'ARIA (ex-Pitot)
- BRINA Sui FINESTRI...

PREVENZIONE

- HOT BLEED AIR



- ELECTRICAL RESISTENCE



• LIQUID.



RIMOZIONE

- PNEUMATIC BOOTS → : cuscini in gomma sintetica, che si gonfiano e staccano il ghiaccio → piccoli aerei. → CAMBIA l'AERODINAMICA.
- RESISTENZE ELETTRICHE
- ELETTRO-ESPLOSIVO! → - Problemi aerodinamici
- ELETTRO MAGNETICO: deforma la superficie.

nei Finestrini, basta farlo in quelli FRONTALI. nei laterali non serve!

POTENZE:	elettrico e pneumatico	Pneumatico ed elettro espulsivo
• W/FE^2 →	1000-4400	5-15
• W/m^2 →	10'000-44'000	50-150
VITA:	ETERNA	20'000 pneumatico / 1'500'000 espulsivo

pesano tutti circa $0,3 \times 0,4 \cdot W/FE^2$ oppure $1,5 - 2 \text{ kg/m}^2$.

ATA 26 ANTI INCENDIO

Arancio, BOMBI CUZZI. PNEU.



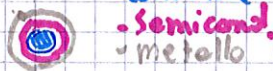
• Avvertono x impatto, o durante il volo

• DURANTE il VOLO: (Colore - Scintille) + (Combustibili - Lubrificanti - Liquidi Idraulici)

FASE I RILEVAZIONE

• di TEMPERATURA o ppore di FUMO
- PUNTA: lamine Bimetalliche che entrano in contatto ad alte T.

• CONTINUI:



ha una certa R, ed una certa C ("condensatore")

DOPPIO CONTROLLO: R del semiconduttore molto sensibile a T
C molto sensibile a T!

- CABINA: solo Fumo, l'incendio lo vedi!
- VANI di CARICO e AVVICINO: sono pressurizzati, ma non li vedi → Fumo + Temperature!

- L'ALLARME SCATTA dopo 60 secondi di ANOMALIA: non vogliono falsi allarmi!
- oppure SCATTA solo se + di UN sensore rileva!

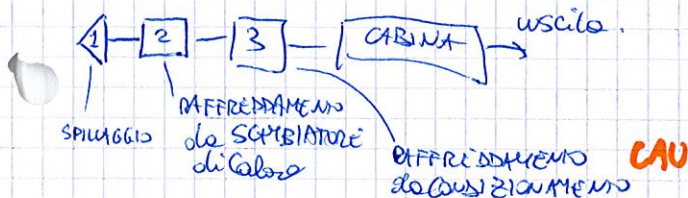
Comunque, se solo uno scatta e primo dei 60sec, oppure una notifica, si manda a controllare se è un falso allarme!

NON SI DANNEGGIANO o SI STA DELL'INCENDIO non prima di aver attivato l'allarme

- VANO MOTORE: zona molto critica. occhio ai falsi allarmi, oppure un motore inattivo è un problema!
- OGGI il sepolcro non pare + via cavo, ma VA RADIO! - Tempo x installare e mantenere + Ridondanza (uso 3-4 frequenze diverse!)

CICLO APERTO

Schema di PRINCIPIO



Alcuni Accessori interessanti:

SENSORE WOW + Press di Pressione STATICA.
 ↳ in pratica quando il carrello tocca terra (Weight on Wheel → wow), si applica la pressione e quella esterna.

• La p usante dallo Scambiatore è molto alta: prima di diminuirlo, però, raffreddano l'aria! ↳ CAU: cold Air UNIT.

flusso freddo: min: 2°C: < il phicco.

flusso caldo: max: 50°C - se troppo alto, oltre a rischio ulcini, moti convettivi!

• le UNITÀ di Oggi: Spillano - Portata, riciclando l'aria in cabina (comune combustibile)

Condizioni sine qua non:

- 1) $T_{CAU} < 0^\circ C$: basta deumidificare l'aria!
- 2) VENTILAZIONE: faccio girare l'ossigeno... se no si accumula CO₂ nei soliti posti

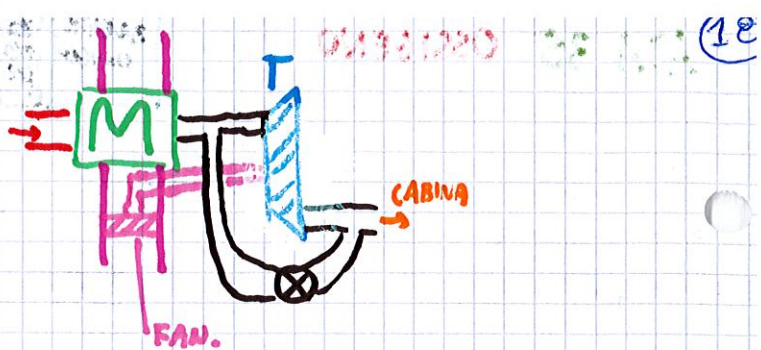
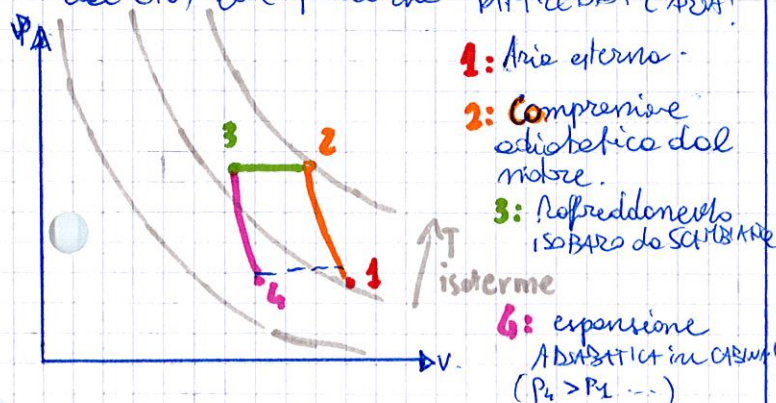
⇒ Aria + fredda → CAU + Piccola → -PESO.

• circa un MIX idaneo fa aria riciclata e fresca: finora si è arrivati a 50-50!

ventole di ricircolazione: AC, 115 V TRIFASE, 400 Hz, 11600 RPM.

Peso circa 6kg!

AIR CYCLE MACHINE: è il componente principale del CAU, ed è quello che RAFFREDDA l'ARIA!



in pratica: l'aria calda e pressurizzata, passa in uno scambiatore di calore (come nella pneumatica) → si raffredda a P costante. (il moto dell'aria ext è animato dalla TURBINA)

a questo punto, l'aria, un po' meno calda, si divide: → PIANO 1: va in turbina, si raffredda espandendosi → FREDDO
 ↳ PIANO 2: RIMANE CALDO, ma è accoppiato da una valvola, che ne regola la portata e la P.!

↳ i 2 rami si riuniscono, entrano in un DISPOSITIVO CONTROLLO U.R e poi in cabina!

• VARIANTE: TWO WHEELS BOOTSTRAP.

Al posto del fan, attacco un compressore, che dopo il primo scambio termico, ricomprime il flusso. AWERTI poi un 2° SCAMBIO TERMICO infine il flusso si espande e si raffredda. è simile al 1°.
 magari, se voglio, sempre nello stesso albero. È meglio una ~~serie~~ PAV × l'ARIA esterna... oppure lo avvio con motore elettrico... con fusibile anche a terra.

- 4 WHEELS: 2 TURBINE, 1 COMPRESSORE, 1 FAN
 fra turbina 1 e 2: SEPARATORE D'ACQUA. con con la 2°, scendo solo 0°C senza problemi!

• CAU e CICLO di VAPORE: < valvolini piccoli!

ELETTRICI

in DC

- Con Batterie, o con Generatore DIESEL
- PRIMA SPEGNI il CARRELLO → ATTACCHI → ACCENDI!
- TUTTI i COMANDI ELETTRICI o su OFF, o in posizione neutra (es. FLAP)
- 3 SPINOTTI: Asimmetrici x non metterlo al contrario

- (+)
- Ground
- RELÈ!

- il Relè, STACCA la BATTERIA x ATTACCARSI al BUS DC. in più, in cabina si accende una spia.
- QUANDO STACCHI, la BATTERIA si RITACCA con puoi staccare senza archi elettrici!

in AC

- 6 Spinotti : 3 x V fase
- 1 Ground
- 2 Relè!

il Relè, evita CC e Archi elettrici!

AC + DC

- gli Aerei piccoli, hanno il PRIMARIO ed il SECONDARIO!
- il primario si allacca comunque, il secondario solo se la corrente non batte.
- c'è UN CARRELLO DIESEL, che fornisce un TRIFASE 115 $\frac{1}{\sqrt{3}}$ 400 Hz con 180.000W ed un DC a 28 V,

IDRAULICO

- Apparecchio con motore a Combustione interna
- STESSA POMPA del VELIVOLO, con lo stesso RPM.
- STESSO FLUIDO IDRAULICO!
- 2 TORI: piccolo MANDATA, Grande Aspirazione
- 3: GRANDE ASPIRAZIONE, MEDIA MANDATA, PICCOLO DRAIN.
- Controlla che il sistema del velivolo sia GIÀ pieno di OLIO!
- Se controlli il Carrello, usa MARTINETTI!
- Controlla che COMANDO e COMANDATO corrisponda.
- Si controlla soprattutto lo RAT.

FULMINI

- Le strutture Mal costruite sono VAPORIZZATE dai fulmini!
- QUOTE: 1500 - 4500 m 5000 - 15000 ft. oltre i 6000 m, son pochi.
- Pericolose le interazioni E-M.
- PROTEGERE le impedenze con reti metalliche o con corni!
- A volte un fulmine non oppone un solo punto, ma va mobile!
- SAE: Ci son zone + Critiche e - Critiche

hard landing

può succedere di "atterrare duro" se non succede niente di peggio, è un "controllo extra"

ESERCIZI:

Comandi di Volo:

$$C_{mc} = k_0 + k_a \delta + k_b T \quad \left[\begin{array}{l} \text{Se } T \text{ hanno verso +} \\ \text{se AUMENTANDO l'INCLINAZIONE} \end{array} \right]$$

$$M_c = C_{mc} \cdot \frac{1}{2} \rho V^2 S \cdot c \quad \text{dati della S. mobile.}$$

Attuatori Idraulici:

$$F = \Delta p \cdot S \quad \text{- forza attuatore}$$

$$C = S \cdot \cos \alpha \quad \text{- cilindro}$$

$$V_{vuoto} = \frac{\text{Corse}}{\text{tempo}}$$

(condizioni di ottimo: $V_{ott} = \frac{V_{st}}{\sqrt{3}} \quad F_{ott} = \frac{2F_{st}}{3} \quad \rightarrow P_{max} = F_{ott} V_{ott}$)

$$Q = V \cdot S \quad \text{portata attuatore}$$

GOMMA CARRELLO

$$p = p_0 + (p_0 + 1) k_1 s^2$$

p: pressione gomma "positiva" x

p₀: Pressione Gonfiata

k₁: Coeff. di Pressione

S = $\frac{l}{b}$: schiacciamento Relativo Pneu.

S': sono i m di cui schiacciato!

$$S' = k_2 b^2 (s - 0,03)$$

S' impronta

k₂ Coeff. di FORMA Pneu.

b: battistrada, SARGNETTI