

COMANDI DI VOLO

GENERALITA'

GLI AEROMOBILI SONO DOTATI DI SUPERFICI MOBILI CHE PROVVEDONO ALLA MANOVRABILITA' ED AL CONTROLLO DURANTE IL VOLO.

TALI SUPERFICI VENGONO CLASSIFICATE IN:

- COMANDI DI VOLO PRIMARI
- COMANDI DI VOLO SECONDARI
- COMANDI DI VOLO AUSILIARI

I **COMANDI PRIMARI** SERVONO PER LE MANOVRE DEL VELIVOLO RISPETTO AI TRE ASSI DI RIFERIMENTO E RIGUARDANO:

- ALETTONI
- ELEVATORE O TIMONE DI PROFONDITA'
- TIMONE DI DIREZIONE

I **COMANDI SECONDARI** SERVONO PER COMPENSARE DURANTE IL VOLO LE VARIAZIONI DI PESO E GLI EFFETTI DELLA VELOCITA'.

NELLO SPECIFICO RIGUARDANO:

- ALETTE COMPENSATRICI
- SERVOALETTE
- STABILIZZATORE VARIABILE

I **COMANDI AUSILIARI** COMPREDONO DISPOSITIVI MEDIANTE I QUALI SI OTTENGONO FORTI AUMENTI DELLA PORTANZA (IN DECOLLO ED ATTERRAGGIO) E/O FORTI AUMENTI DELLA RESISTENZA ALL'AVANZAMENTO QUANDO E' RICHIESTA UNA RAPIDA RIDUZIONE DI VELOCITA'.

NELLO SPECIFICO SONO:

- IPERSOSTENTATORI (FLAPS, SLATS, SLOTS)

- AEROFRENI (SPEED BRAKES)
- DIRUTTORI (SPOILERS)

PER QUANTO CONCERNE MANOVRE E STABILITA', SI RINVIA LO STUDENTE AL CORSO DI MECCANICA DEL VOLO. FACCIAMO SOLO ALCUNI BREVI RICHIAMI.

ASSI VELIVOLO

IL VELIVOLO E' DOTATO DI UN PIANO DI SIMMETRIA, INDIVIDUATO DA DUE ASSI, CHE HANNO ORIGINE NEL BARICENTRO: QUELLO LONGITUDINALE, DETTO *ASSE DI ROLLIO (ROLL AXIS)* E QUELLO VERTICALE, DETTO *ASSE DI IMBARDATA (YAW AXIS)*. IL TERZO ASSE, PARALLELO ALLE ALI, PRENDE IL NOME DI *ASSE DI BECCHEGGIO (PITCH AXIS)*. I TRE ASSI FORMANO UNA TERNA ORTOGONALE SINISTRA.

PER CONVENZIONE IL CONCETTO DI **SINISTRA** E **DESTRA** NEL VELIVOLO SI INTENDE RISPETTO AL PILOTA SEDUTO IN CABINA PILOTI.

COMPITO DI ALCUNE SUPERFICI DI COMANDO E' REALIZZARE LE ROTAZIONI RICHIESTE DALL'EQUIPAGGIO DI CONDOTTA RISPETTO AGLI ASSI INDICATI.

PARTICOLARI **ANGOLI** SONO CONVENZIONALMENTE SIGNIFICATIVI:

- CALETTAMENTO DELL'ALA

L'ALA, PER SVILUPPARE LA PORTANZA, DEVE PRESENTARE UN'INCIDENZA POSITIVA RISPETTO ALLA DIREZIONE DEL VENTO.

L'ALA E' REALIZZATA DA UNA SERIE DI PROFILI VARIABILI DI FORMA E DI CALETTAMENTO RISPETTO ALLA PROPRIA RADICE D'ATTACCO.

SCEGLIENDO UN PUNTO COVENZIONALE LUNGO L'ALA, L'ANGOLO FORMATO DALLA CORDA DEL PROFILO E L'ASSE

LONGITUDINALE DEL VELIVOLO E' L'ANGOLO DI CALETTAMENTO.

SI TRATTA QUINDI DI UN ANGOLO COSTRUTTIVO.

ANGOLO DI ASSETTO

L'ASSE DI FUSOLIERA DURANTE IL VOLO FORMA UN ANGOLO, RISPETTO ALLA LINEA DELL'ORIZZONTE, DETTO ANGOLO DI ASSETTO.

PENDENZA TRAIETTORIA

LA TRAIETTORIA DEL VELIVOLO E' IL LUOGO DEI PUNTI RELATIVO AL MOTO DEL BARICENTRO ED IL VETTORE VELOCITA' DEL BARICENTRO FORMA CON L'ORIZZONTE UN ANGOLO DENOMINATO **PENDENZA TRAIETTORIA**.

INCIDENZA RELATIVA

L'ANGOLO FORMATO TRA LA DIREZIONE DEL VETTORE VELOCITA' E LA CORDA ALARE PRENDE IL NOME DI **INCIDENZA RELATIVA**.

OSSERVAZIONE SUI COMANDI DI VOLO

I COMANDI DI VOLO PRIMARI - **ALETTONI, EQUILIBRATORE, TIMONE DI DIREZIONE** – VENGONO AZIONATI DA UNA SERIE DI COMANDI POSTI IN CABINA PILOTI, CHE SONO:

- LA **PEDALIERA** PER IL TIMONE DI DIREZIONE
- LA **BARRA /VOLANTINO** PER EQUILIBRATORE ED ALETTONI

NEI VELIVOLI IN GENERE I COMANDI SONO DOPPI E TRA LORO INTERCONNESSI; LE FIGURE RIPORTATE ILLUSTRANO ALCUNE SOLUZIONI TECNICHE ADOTTATE.

UN SISTEMA DI CAVI – PULEGGE – RINVII – LEVERAGGI TRASFERISCE IL COMANDO DEL PILOTA ALLE SUPERFICI DI CONTROLLO DEL VELIVOLO.

PER VELIVOLI DI UNA CERTA DIMENSIONE IL COMANDO NON E' DIRETTO IN QUANTO I MOVIMENTI SONO REALIZZATI TRAMITE SERVOATTUATORI IDRAULICI.

IL COMANDO GIUNGE AD UNA VALVOLA, CHE ALIMENTA UN ATTUATORE; QUESTO METTE IN MOVIMENTO LA SUPERFICIE DI COMANDO.

ALCUNE VOLTE, ANCHE SU VELIVOLI DI GRANDI DIMENSIONI, NON SI HA ATTUAZIONE IDRAULICA ED IL MOVIMENTO DELLE SUPERFICI AVVIENE CON **SERVOALETTE**, LA CUI AZIONE E' BASATA SULL'AZIONE AERODINAMICA CHE GENERANO.

C'E' LA NECESSITA' DI FORNIRE AL PILOTA LA **CORRELAZIONE** TRA MOVIMENTO DEL COMANDO E MOVIMENTO DELLE SUPERFICI DI COMANDO. COSTRUTTIVAMENTE SI PROCEDE IN MODO CHE I DUE MOVIMENTI SIANO:

- **ISTINTIVI**: L'A/M SI MUOVE NELLO STESSO SENSO.
- **PROPORZIONALI**: IL MOVIMENTO DEL VELIVOLO SIA PROPORZIONALE ALLA ESCURSIONE DEL COMANDO.
- **SENSITIVI**: IL PILOTA ABBAIA UNA SENSAZIONE DI SFORZO IN FUNZIONE SIA DELLA *AMPIEZZA* DEL COMANDO CHE DELLA *VELOCITA' DEL VELIVOLO*.

COMPONENTI FONDAMENTALI

IN SEGUITO SI FARA' RIFERIMENTO A SOLUZIONI COSTRUTTIVE REALI CON SCHEMI A BLOCCHI E FIGURE DELL' AEROMOBILE MD80.

COMANDI DI VOLO PRIMARI

ALETONI

GLI ALETONI PERMETTONO IL CONTROLLO LATERALE DEL VELIVOLO (**ROLL**) ED IL MOVIMENTO INTORNO ALL'ASSE LONGITUDINALE.

GLI ALETTONI SONO MONTATI SUL BORDO DI USCITA DELL'ALA IN PROSSIMITA' DELL'ESTREMITA'.

NEI GRANDI VELIVOLI SI HA UN DOPPIO SISTEMA DI ALETTONI: UN SECONDO SET VIENE POSIZIONATO ALL'INCIRCA A META' DEL BORDO DI USCITA, TRA LE DUE SEZIONI DEI FLAPS, ANCHE ESSI REALIZZATI IN DUE SEZIONI DISTINTE.

ALLE BASSE VELOCITA' I DUE SET DI ALETTONI SONO OPERATIVI, MENTRE ALLE ALTE VELOCITA' LO E' SOLO IL SET INTERNO.

OPPORTUNI MECCANISMI RICONOSCONO LE CONDIZIONI DI BASSA O ALTA VELOCITA' E SBLOCCANO O INTERDICONO IL FUNZIONAMENTO DEGLI ALETTONI ESTERNI.

IL COMANDO VIENE DATO RUOTANDO IL VOLANTINO E GLI ALETTONI RUOTANO IN MODO CONIUGATO (UNO VERSO L'ALTO, L'ALTRO VERSO IL BASSO).

L'ALETTONE CHE SI ABBASSA CREA L'AUMENTO DELLA PORTANZA E VICEVERSA AVVIENE PER L'ALTRO.

LA DIFFERENZA DI PORTANZA NELLE DUE SEMIALI CAUSA LA ROTAZIONE DEL VELIVOLO INTORNO AL SUO ASSE LONGITUDINALE.

EQUILIBRATORE

L'EQUILIBRATORE E' IL PIANO MOBILE DI COMANDO POSTO SUL BORDO DI USCITA DELLO STABILIZZATORE.

IL COMANDO NELLA CABINA PILOTI AVVIENE MEDIANTE LO SPOSTAMENTO AVANTI O INDIETRO DELLA BARRA DI COMANDO.

QUANDO LA BARRA VIENE PORTATA IN AVANTI L'EQUILIBRATORE SI MUOVE VERSO IL BASSO.

L'EFFETTO RISULTANTE E' CHE LA PORTANZA DELLO STABILIZZATORE AUMENTA ED IL VELIVOLO RUOTA INTORNO ALL'ASSE ORIZZONTALE (**PITCH AXIS**); SI DICE CHE L'AEROMOBILE **PICCHIA**. NEL VERSO OPPOSTO

L'EQUILIBRATORE SI MUOVE VERSO L'ALTO E L'AEROMOBILE CABRA.

TIMONE DI DIREZIONE

IL TIMONE DI DIREZIONE REALIZZA IL MOVIMENTO DEL VELIVOLO INTORNO ALL'ASSE VERTICALE.

IL COMANDO VIENE DATO TRAMITE LA **PEDALIERA**: QUANDO SI SPINGE IL PEDALE SINISTRO IL TIMONE RUOTA A SINISTRA E VICEVERSA.

NEI GRANDI VELIVOLI IL TIMONE DI DIREZIONE E' REALIZZATO IN DUE SEZIONI SEPARATE.

IL TIMONE DI DIREZIONE, ALL'AUMENTARE DELLA VELOCITA', VIENE SOTTOPOSTO A LIMITAZIONI DI ESCURSIONE ANGOLARE PER CONTENERE LE SOLLECITAZIONI STRUTTURALI.

COMANDI DI VOLO AUSILIARI

IPERSOSTENTATORI

GLI IPERSOSTENTATORI MODIFICANO IL PROFILO DELL'ALA ALLO SCOPO DI AUMENTARE LA PORTANZA, EFFETTO FONDAMENTALE NELLE FASI DI DECOLLO ED ATTERRAGGIO. TALE VARIAZIONE AVVIENE MEDIANTE OPPORTUNI DISPOSITIVI CHE MODIFICANO LA FORMA DEL PROFILO ALARE.

LA CONSEGUENZA DI TALE CAMBIO DI GEOMETRIA E' UNA SIGNIFICATIVA VARIAZIONE DEL COEFFICIENTE DI PORTANZA ED A VOLTE ANCHE DELLA SUPERFICIE ALARE.

DURANTE IL VOLO IN CROCIERA IL PROFILO ALARE SI RICOMPONE E GLI IPERSOSTENTATORI TORNANO AD ESSERE PARTE INTEGRANTE DEL PROFILO ALARE.

ALCUNI TIPI SONO POSIZIONATI SUL BORDO D'USCITA DELL'ALA, ALTRI SU QUELLO DI ENTRATA ED IN TUTTI E DUE I CASI APPOSITI MECCANISMI CONSENTONO IL DISPIEGAMENTO.

IL **PRINCIPIO FISICO** SU CUI SI BASANO E' SEMPRE LO STESSO: UN DATO PROFILO ALARE ALL'AUMENTARE DELL'INCIDENZA PRESENTA UN AUMENTO DEL COEFFICIENTE DI PORTANZA FINO A QUANDO - PER EFFETTO DEL **DISTACCO DELLO STRATO LIMITE** - AL CRESCERE DELL'ANGOLO DI INCIDENZA SI INVERTE IL TREND ED IL COEFFICIENTE DI PORTANZA INIZIA A DIMINUIRE. COMPITO DI TALI DISPOSITIVI SARA' QUELLO DI EVITARE O RITARDARE QUESTO FENOMENO.

LA **SOLUZIONE** E' DI AUMENTARE LOCALMENTE LA VELOCITA' DEL FLUSSO DI ARIA IN PROSSIMITA' DELLO STRATO LIMITE, IN MODO CHE IL PUNTO DI DISTACCO SI SPOSTI VERSO IL BORDO DI USCITA. QUESTO GENERA UN AUMENTO DEL COEFFICIENTE DI PORTANZA ANCHE PER ANGOLI DI INCIDENZA PIU' GRANDI.

IL FENOMENO AERODINAMICO PUO' ESSERE OTTENUTO TECNICAMENTE IN MOLTI MODI E QUESTO E' EVIDENZIATO DALLE VARIE SOLUZIONI COSTRUTTIVE ADOTTATE. VEDIAMO ALCUNE REALIZZAZIONI. RISPETTO AL **POSIZIONAMENTO SULL'ALA** SI HA:

ZONA POSTERIORE DEL PROFILO ALARE:

- **FLAPS POSTERIORI (TRAILING EDGE FLAP)**

ZONA ANTERIORE DEL PROFILO ALARE:

- **FLAPS ANTERIORI (LEADING EDGE FLAP), ORAMAI IN DISUSO**
- **SLATS**
- **SLOTS**

FLAPS POSTERIORI

QUESTO DISPOSITIVO E' POSIZIONATO SUL BORDO D'USCITA ALARE ED OCCUPA LA ZONA CHE SI ESTENDE INDICATIVAMENTE DALLA RADICE DI ATTACCO FINO A DOVE SONO POSIZIONATI GLI ALETONI.

SONO REALIZZATI IN VARI MODI (VEDI FIGURE):

- **PLAIN FLAP:** SONO SEMPLICEMENTE INCERNIERATI AL BORDO DI USCITA ALARE; L'EFFETTO E' DI CAMBIARE LA CURVATURA DEL PROFILO.
- **SLOTTED FLAP:** SIMILE AL PRECEDENTE, CON IL PUNTO DI CERNIERA SPOSTATO; QUESTO GENERA UN GAP ATTRAVERSO IL QUALE SI INCANALA IL FLUSSO AERODINAMICO.
- **SPLIT FLAP:** SI MODIFICA SOLO LA PARTE INFERIORE DEL BORDO DI USCITA (IN DISUSO).
- **FOWLER FLAP:** LA PARTE TERMINALE DEL BORDO D'USCITA SI PUO' MUOVERE, SCORRENDO ENTRO UNA ROTAIA ED AL TEMPO STESSO ASSUME UNA INCIDENZA CRESCENTE.
DI FATTO AUMENTA LA SUPERFICE ALARE.
- **MULTIPLE SLOTTED FLAP:** SONO COSTITUITI DA PIU' SEZIONI, IN ALCUNI CASI TRE, CHE SI MUOVONO MEDIANTE UN COMPLESSO SISTEMA DI ROTAIE E LEVERAGGI E REALIZZANO UN SIGNIFICATIVO AUMENTO DELLA PORTANZA SIA AL DECOLLO CHE IN ATTERRAGGIO PER EFFETTO COMBINATO DI **AUMENTO DELLA SUPERFICE ALARE**, DELLA **CURVATURA DEL PROFILO** ED UN EFFETTO SUL CONTROLLO DELLO **STRATO LIMITE**.
IL VANTAGGIO COMPORTA UNA MAGGIORE COMPLESSITA' COSTRUTTIVA, OLTRE A COSTI E PESI MAGGIORI.

SLAT

SI TRATTA DI SUPERFICI DI COMANDO MOBILI COLLEGATE AL BORDO D'ENTRATA.

QUANDO LO SLAT E' CHIUSO, QUESTO COSTITUISCE IL BORDO D'ENTRATA DEL PROFILO ALARE.

QUANDO SI ESTENDE IN AVANTI, GRAZIE ALLO SCORRIMENTO DI UN'APPOSITA ROTAIA CHE LO GUIDA, SI HA UN ALLUNGAMENTO DEL PROFILO ALARE, UN EFFETTO CURVATURA DEL PROFILO STESSO E LA FORMAZIONE DI UNA FESSURA ATTRAVERSO LA QUALE PASSA UN FLUSSO AERODINAMICO AD ALTA VELOCITA', CHE ENERGIZZA LO STRATO LIMITE. LA COMPLICAZIONE COSTRUTTIVA E DI PESO E' RIPAGATA DALLA DIMINUZIONE DELLA VELOCITA' DI STALLO.

SLOT

SI TRATTA DI **FESSURE** (SLOTS) CHE VENGONO CREATE NELLA ZONA DEL BORDO D'ENTRATA DEL PROFILO ALARE. UN SISTEMA DI ATTUAZIONE E DI ARTICOLAZIONI MUOVE DEI TRATTI DEL PROFILO SUPERIORE ED INFERIORE DEL BORDO D'ENTRATA, CREANDO UNA FESSURA ATTRAVERSO LA QUALE SCORRE UN FLUSSO AERODINAMICO CHE ENERGIZZA LO STRATO LIMITE. IL RISULTATO E' ANALOGO A QUELLO DELLO SLAT.

FLAPS ANTERIORI

LA LORO DENOMINAZIONE E' ANCHE **LEADING EDGE FLAP**. COME SCHEMA COSTRUTTIVO SI TRATTA DI MUOVERE IN AVANTI LA PARTE INFERIORE DEL TRATTO INZIALE DEL BORDO D'ENTRATA. SI REALIZZA MEDIANTE UN SISTEMA DI CERNIERE ED UN MECCANISMO ATTUATORE. I BENEFICI SONO ANALOGHI AI PRECEDENTI.

SPEED BRAKES

TRATTASI DI PANNELLI POSIZIONATI SOLITAMENTE SUL BORDO DI USCITA SUPERIORE DELL'ALA, PRIMA DEI FLAPS.

SONO AZIONATI DA MARTINETTI IDRAULICI E SERVONO AD AUMENTARE NOTEVOLMENTE LA RESISTENZA ALL'AVANZAMENTO.

LA CONSEGUENTE RIDUZIONE DI VELOCITA' PUO' ESSERE UTILE SIA IN VOLO CHE DOPO L'ATTERRAGGIO.

SPOILERS

QUESTI DISPOSITIVI HANNO IL DOPPIO COMPITO DI FAR DIMINUIRE LA PORTANZA ED AUMENTARE LA RESISTENZA. **USATI A TERRA**, DOPO L'ATTERRAGGIO, PERMETTONO DI SCARICARE L'ALA E QUINDI DI FAR AUMENTARE LA PRESA DEI PNEUMATICI PER LA FRENATA; SI SOMMA L'EFFETTO FRENANTE ALL'AUMENTO DELLA RESISTENZA.

SONO USATI ANCHE IN VOLO COME AIUTO AGLI ALETTONI DEL LATO OVE L'ALETTONE SALE.

ALCUNE VOLTE SONO USATI IN VOLO COME AEROFRENI ED IN QUESTO CASO INTERVENGONO SU TUTTE E DUE LE SEMIALI.

STABILIZZATORE

QUESTA SUPERFICIE HA IL COMPITO DI COMPENSARE LA COPPIA GENERATA DAL POSIZIONAMENTO DEL BARICENTRO AVANTI AL PUNTO DI APPLICAZIONE DELLA PORTANZA.

IL SUO CALETTAMENTO E' QUINDI FUNZIONE DELLA POSIZIONE DEL BARICENTRO E DEL VALORE DEL PESO DEL VELIVOLO OLTRE CHE DELLA SUA GEOMETRIA.

NEI VELIVOLI COMMERCIALI DI GRANDI DIMENSIONI E PER LUNGHE AUTONOMIE SI VERIFICA UNA **VARIAZIONE DI PESO** (CONSUMO DEL CARBURANTE E VARIABILITA' DEL CARICO DI PASSEGGERI/MERCI), CON CONSEGUENTE SPOSTAMENTO DEL BARICENTRO.

LA SOLUZIONE TECNICA E' DI REALIZZARE UNO STABILIZZATORE DOTATO DI UN PUNTO DI CERNIERA, CON UN SISTEMA DI ATTUAZIONE CHE CAMBI IL SUO CALETTAMENTO.

L'ATTUAZIONE E' IN GENERE REALIZZATA MEDIANTE DOPPI MOTORI ELETTRICI O IDRAULICI.

IL SISTEMA DISPONE DI COMANDO PRIMARIO ED ALTERNATO E DEVE PRIMA SBLOCCARE UN FRENO, POI ATTUARE IL COMANDO A MUOVERE.

LO STABILIZZATORE IN ALCUNI VELIVOLI E' POSTO ALLA BASE, IN ALTRI ALLA SOMMITA' DELLA DERIVA (T-TAIL).

MACH TRIM COMPENSATOR

I VELIVOLI A GETTO OPERANO SPESSO IN REGIME TRANSONICO. QUANDO LA VELOCITA' SI AVVICINA A QUESTI VALORI SI VERIFICA UN ARRETRAMENTO DEL CENTRO DI PRESSIONE.

QUESTO TENDE A FAR ABBASSARE IL MUSO DEL VELIVOLO.

IL FENOMENO VIENE CORRETTO VARIANDO IL CALETTAMENTO DELLO STABILIZZATORE.

IL COMANDO VIENE DATO DA UN CALCOLATORE CHE AGISCE COME UN AUTOPILOTA CON FUNZIONE DEDICATA (**MACH TRIM COMPENSATOR**).

SENSAZIONE ARTIFICIALE

L'ENTITA' DELLO SFORZO RICHIESTO AL PILOTA PER MUOVERE I COMANDI PRIMARI SU VELIVOLI GRANDI E VELOCI RISULTA DI TALE ENTITA' CHE SI RICORRE A SERVOCOMANDI IDRAULICI.

A TALE VANTAGGIO SI CONTRAPPONE IL SERIO INCONVENIENTE CHE IL PILOTA PERDE LA *SENSIBILITA' AL COMANDO DATO*. QUESTA SENSAZIONE VA RICREATA.

GLI IMPIANTI DI SENSAZIONE ARTIFICIALE – COMUNQUE SIANO REALIZZATI – DEBONO APPUNTO CREARE ARTIFICIALMENTE SUI COMANDI UN'AZIONE DI CONTRASTO DI TIPO PROPORZIONALE ED ISTANTANEA.

TALE AZIONE PUO' ESSERE OTTENUTA MEDIANTE MOLLE, BARRE DI TORSIONE O DISPOSITIVI IDRAULICI, OVE LA PRESSIONE DEL FLUIDO SIA STATA MODULATA DA UN

DISPOSITIVO CAPACE DI MODULARE LA RESISTENZA, PROPORZIONATA AL COMANDO.

SERVOCOMANDI

LE DIMENSIONI CRESCENTI DEI VELIVOLI E DELLE VELOCITA' HA COMPORTATO CON IL TEMPO CHE L'ESECUZIONE DELLE MANOVRE CON I COMANDI DI VOLO DIRETTI RISULTA SEMPRE PIU' GRAVOSA.

QUESTA CRITICITA' E' STATA RISOLTA CON L'UTILIZZO DI **SERVOCOMANDI**, CUI SI RICORRE DI FREQUENTE SIA PER I COMANDI DI VOLO CHE PER ALTRI IMPIANTI (CARRELLI, PORTELLI CARGO, Ecc.).

I **SERVOCOMANDI** USATI NEI GRANDI VELIVOLI SONO IN GENERE IDRAULICI, MA NON E' L'UNICA SOLUZIONE.

INFATTI ALCUNI **SERVOCOMANDI** SONO **AERODINAMICI** SIA COME UNICO SUPPORTO SIA COME EMERGENZA.

I **SERVOCOMANDI IDRAULICI** DEBBONO RISPONDERE A SEMPLICI REGOLE DI BASE:

- DEVONO AVERE UNA **POSIZIONE DI NEUTRO CERTA** E QUESTO SI OTTIENE MEDIANTE BLOCCO IDRAULICO. IL MECCANISMO RISULTA NON REVERSIBILE.
- DEVONO ESSERE AD **INSEGUIMENTO**. QUESTO RISPONDE ALLA NECESSITA' DI AVERE MODO DI POSIZIONARE LE SUPERFICI IN POSIZIONI INTERMEDIE, CORRISPONDENTI AL COMANDO DATO IN CABINA PILOTI.

CON RIFERIMENTO ALLA FIGURA IL CONCETTO CON IL QUALE SI REALIZZA QUESTA FUNZIONALITA' E':

- PENSIAMO IL CORPO VALVOLA DI COMANDO SOLIDALE AL CILINDRO DELL'ATTUATORE.
- IL COMANDO INVIATO DAL PILOTA MUOVE IL CASSETTO DI DISTRIBUZIONE.

- L'OLIO ALIMENTA UNA DELLE CAMERE DELL'ATTUATORE, MENTRE IL RITORNO TRAMITE LA VALVOLA STESSA SI DIRIGE AL SERBATOIO.
- IL MOVIMENTO DEL CORPO ATTUATORE RISPETTO AL CASSETTO DI DISTRIBUZIONE PORTA PROGRESSIVAMENTE A CHIUDERE LE LUCI DELLA VALVOLA E CREA DI NUOVO LE CONDIZIONI DI BLOCCO IDRAULICO.

ESISTONO DUE TIPOLOGIE DI SERVOCOMANDO:

- SERVOCOMANDO A CILINDRO MOBILE
- SERVOCOMANDO A PISTONE MOBILE

IL CONCETTO E' IDENTICO, CAMBIA IL PUNTO DI CERNIERA DEL COMANDO DEL CASSETTO DELLA VALVOLA:

- CILINDRO MOBILE: CERNIERA SUL CILINDRO
- PISTONE MOBILE: CERNIERA SUL PISTONE

VEDI FIGURE CON SCHEMI DI FUNZIONAMENTO.

SERVOALETTE

RIFERIAMOCI A *COMANDI DI VOLO NON SERVOASSISTITI* DA SORGENTI DI ENERGIA ALTERNATA (IDRAULICA, ELETTRICA,..).

IN QUESTI CASI IL COMANDO ESEGUITO DAL PILOTA SU ALETTONI, TIMONE O EQUILIBRATORE SAREBBE DIRETTO E MECCANICO.

IN QUESTA SITUAZIONE ALL'AUMENTARE DELLE **DIMENSIONI** DEL VELIVOLO E/O DELLA **VELOCITA'** LO SFORZO FISICO CHE DEVE ESSERE FATTO PUO' DIVENTARE GRAVOSO ED IN CASO DI ASIMMETRIA DEL VELIVOLO ANCHE SCOMODO SE PROTRATTO PER UN CERTO TEMPO.

IN QUESTI CASI SI RICORRE AL CONTRIBUTO DI ALETTE (TABS) CHE ASSUMONO VARIE FUNZIONI E DENOMINAZIONI

IN BASE ALLA TECNICA REALIZZATIVA ED ALLA FUNZIONALITA'.

VEDIAMONE ALCUNE TRA QUELLE USATE ANCHE SU VELIVOLI COMMERCIALI DI CERTE DIMENSIONI, IN QUANTO *L'USO DI SERVOCOMANDI IDRAULICI NON SEMPRE E' TOTALE ED A VOLTE I SISTEMI MANUALI SONO COMUNQUE DI EMERGENZA.*

- **ALETTE DI TRIMMAGGIO**

IN ALCUNI CASI SI VERIFICANO DELLE SITUAZIONI DI ASIMMETRIA RELATIVAMENTE AI TRE ASSI DI RIFERIMENTO DEL VELIVOLO.

IN QUESTE CONDIZIONI IL PILOTA DOVREBBE COSTANTEMENTE TENERE IL COMANDO FUORI DELLE CONDIZIONE DI NEUTRO PER LA DURATA DELLA CONDIZIONE DI ASIMMETRIA.

PER EVITARE QUESTA SITUAZIONE DI STRESS SI INSTALLANO SUL BORDO D'USCITA DELLE SUPERFICI DI COMANDO PRIMARIE DELLE ALETTE, COMANDABILI DALLA CABINA DI PILOTAGGIO CON MANOPOLE O CON INTERRUTTORI.

IL LORO COMPITO E' DI ASSUMERE UNA POSIZIONE INVERSA A QUELLA DEL COMANDO PRIMARIO.

IN TAL MODO LA SUPERFICE PRIMARIA E' TRATTENUTA DALL'AZIONE ESERCITATA DALL'ALETTA DI TRIM ED IL COMANDO IN CABINA PILOTI PUO' ESSERE RILASCIATO.

LE **ALETTE DI TRIM** SONO IN GENERE COMANDATE TRAMITE CAVI AZIONATI DA MANOPOLE E ROCCHETTI POSTI IN CABINA PILOTI.

- **SERVOALETTE**

SONO UTILIZZATE NEI COMANDI MECCANICI DIRETTI PER CONTENERE LO SFORZO FISICO RICHIESTO AL PILOTI.

LA LORO AZIONE E' SEMPRE QUELLA DI MUOVERSI IN VERSO OPPOSTO A QUELLO DEL COMANDO PRIMARIO, GENERANDO SUL PUNTO DI CERNIERA UNA COPPIA CHE REALIZZI IL COMANDO RICHIESTO.

SONO POSSIBILI VARIE SOLUZIONI COSTRUTTIVE.

IN ALCUNI CASI IL COMANDO DEL PILOTA E' DIRETTO ALLA SERVOALETTA, IN ALTRI CASI AGISCE SULLA SUPERFICIE PRIMARIA, MA PUO' CONTARE SUL CONTRIBUTO A FAVORE DELLA SERVOALETTA.

NELLA FIGURA SONO RIPORTATE VARIE SOLUZIONI E DENOMINAZIONI.

FLY- BY - WIRE

LA COMPLESSITA' DELL'ARGOMENTO NON CONSENTE CHE UN BREVE CENNO A QUESTA TECNICA, APPLICATA AI COMANDI DI VOLO.

IL COMANDO DATO IN CABINA PILOTI CONSISTE IN UN **SEGNALE DIGITALE**, TRASMESSO AD UN SISTEMA DI COMPUTERS, CHE A LORO VOLTA IMPARTISCONO IL COMANDO ALL'ATTUATORE, PREVIA VERIFICA DELLA COMPATIBILITA' DELLO STESSO CON LE CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE/OPERATIVE DEL VELIVOLO.

L'ASSOLUTA NECESSITA' DI **AFFIDABILITA'** COMPORTA LA MOLTIPLICAZIONE DEI SISTEMI IN PARALLELO E LA COMPARAZIONE DEI VARI CANALI.

IL SISTEMA, OGGI MOLTO DIFFUSO NEI NUOVI VELIVOLI, NECESSITA DI PRECAUZIONI PER LE INTERFERENZE ELETTROMAGNETICHE, CHE A VOLTE RIGUARDANO ANCHE ALTRI IMPIANTI VELIVOLO GESTITI CON TRASMISSIONE DIGITALE DEI DATI.

LE NUOVE TECNOLOGIE, BASATE SULLE FIBRE OTTICHE, PROSPETTANO L'OPPORTUNITA' DI EVITARE QUESTI RISCHI (**FLY - BY - LIGHT**).

SCHEMA A BLOCCHI DI IMPIANTO REALE MD80

I COMANDI DI VOLO DELL'AEROMOBILE MD80 VENGONO PRESI COME ESEMPIO DI REALIZZAZIONE PRATICA DEI PRINCIPI PRIMA ESPOSTI.

SI RIPORTANO SCHEMI A BLOCCHI E DESCRIZIONI DELLE FUNZIONALITA' PRINCIPALI.

IL RIFERIMENTO AD ALTRI TIPI DI AEROMOBILI PRESENTEREBBE SOLUZIONI DIVERSE COME TECNICHE COSTRUTTIVE, MA NON DI PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO.

- ALETTONI

L'AEROMOBILE MD80 DISPONE DI ALETTONI A COMANDO AERODINAMICO AZIONATI DA SERVOALETTE, DIRETTAMENTE COLLEGATE AI VOLANTINI MEDIANTE CAVI METALLICI.

IL COMANDO DI OGNI ALETTONE TRANSITA ATTRAVERSO UN **MECCANISMO DI SUPERAMENTO** A PROTEZIONE, IN CASO DI BLOCCAGGIO DI UNA SERVOALETTA.

I DUE ALETTONI SONO TRA LORO COLLEGATI DA UN **CAVO DI SINCRONISMO**.

LA LINEA DI COMANDO DELLE SERVOALETTE PASSA ATTRAVERSO UN DISPOSITIVO MECCANICO DOTATO DI MOLLE, CHE FORNISCONO LA **SENSAZIONE ARTIFICIALE**.

OGNI ALETTONE E' DOTATO DI UNO **SMORZATORE** PER CONTRASTARE FENOMENI DI **FLUTTER IN VOLO E RAFFICHE A TERRA**.

IL **TRIM** AVVIENE MEDIANTE SERVOALETTE DI TRIMMAGGIO. UNA MANOPOLA POSTA IN CABINA PILOTI COMANDA MEDIANTE CAVI DUE **MARTINETTI MECCANICI A VITE**.

LA LINEA DI COMANDO DEGLI ALETTONI TRANSITA IN UN DISPOSITIVO MECCANICO CHE, IN CONDIZIONI PARTICOLARI, AZIONA GLI **SPOILERS DI VOLO** A SUPPORTO DEGLI ALETTONI.

IL COMANDO DELL'**AUTOPILOTA** AVVIENE MEDIANTE UN SERVOMOTORE CHE AGISCE DIRETTAMENTE SUI CAVI DI COMANDO DELLE SERVOALETTE.

- *EQUILIBRATORI*

IL CONTROLLO LONGITUDINALE AVVIENE MEDIANTE DUE EQUILIBRATORI POSIZIONATI SUL BORDO D'USCITA DELLO STABILIZZATORE. .

IL COMANDO VIENE DATO TRAMITE IL MOVIMENTO DELLE BARRE DI COMANDO, TRA LORO RIGIDAMENTE CONNESSE E VIENE ATTUATO AERODINAMICAMENTE MEDIANTE SERVOALETTE.

ALLE SERVOALETTE SI SOMMA L'AZIONE DI DUE **TABS AUTOMATICHE**.

OGNI EQUILIBRATORE DISPONE DI UNO **SMORZATORE**.

OGNI BARRA DI COMANDO AZIONA UN SUO SISTEMA DI CAVI INDIPENDENTI, CHE, PRIMA DI ARRIVARE ALLE SERVOALETTE, TRANSITA ATTRAVERSO DUE COMPLESSI MECCANICI. RAGGIUNTE LE CONDIZIONI DETTE, SI AZIONANO LE VALVOLE IDRAULICHE.

IL COMANDO DELL'**AUTOPILOTA** AVVIENE TRAMITE UN SERVOMOTORE CHE SI COLLEGA AI CAVI DELLE SERVOALETTE.

LA **SENSAZIONE ARTIFICIALE** E' REALIZZATA MEDIANTE UN MECCANISMO A MOLLA, COLLEGATO AD UNA DELLE DUE BARRE DI COMANDO. LA SUA TENSIONE E' VARIATA DA UN COMANDO ASSERVITO ALLA POSIZIONE DELLO STABILIZZATORE E MODULA CON LA VELOCITA' LA SENSAZIONE ARTIFICIALE.

QUANDO IL NUMERO DI MACH SUPERA 0.8, LA TENDENZA DELL'AEROMOBILE AD ABBASSARE IL MUSO VIENE CORRETTA DA UN ATTUATORE ELETTRICO (**MACH TRIM**

COMPENSATOR) CHE AGISCE DIRETTAMENTE SULLA BARRA DI COMANDO E COMPENSA, LIVELLANDO L'AEROMOBILE.

- TIMONE

IL TIMONE DI DIREZIONE VIENE COMANDATO DALLE PEDALIERE POSTE IN CABINA PILOTI E TRA LORO INTERCONNESSE.

L'ATTUAZIONE NORMALE AVVIENE TRAMITE MARTINETTO IDRAULICO ED IN CONDIZIONI DI EMERGENZA IDRAULICA MEDIANTE L'AZIONE AERODINAMICA DI UNA SERVOALETTA. IL COMANDO DELLE PEDALIERE VIENE TRAMESSO MEDIANTE CAVI E PRIMA DI ARRIVARE ALLA VALVOLA DI COMANDO TRANSITA ATTRAVERSO UN **MECCANISMO DI INVERSIONE MECCANICO ED IDRAULICO**.

QUESTO E' CAPACE DI **SENTIRE** SE LA PRESSIONE IDRAULICA E' NORMALE. IN QUESTO CASO IL COMANDO DELLE PEDALIERE E DEL TRIM AGISCE DIRETTAMENTE SULLA VALVOLA DI COMANDO IDRAULICA.

SE LA PRESSIONE IDRAULICA NON E' NORMALE I DUE COMANDI VANNO DIRETTAMENTE ALLA SERVOALETTA.

UN SISTEMA DI **TRIM** E' ATTUATO MEDIANTE UNA MANOPOLA POSTA IN CABINA PILOTI CHE, TRAMITE CAVI, AZIONA UN MARTINETTO A VITE, CHE AGISCE ATTRAVERSO IL MECCANISMO DI INVERSIONE SUL COMANDO VALVOLA O SULLA SERVOALETTA.

L'ESCURSIONE DEL TIMONE E "LIBERA" FINO A CIRCA 180 NODI, POI INTERVIENE UN LIMITATORE DI CORSA MECCANICO, AZIONATO DALLA PRESSIONE DINAMICA, RILEVATA DA UN PITOT DEDICATO.

LA LIMITAZIONE VIENE RIDOTTA PROGRESSIVAMENTE FINO A CIRCA 300 NODI, CUI CORRISPONDONO CIRCA 3° DI ESCURSIONE.

IL TIMONE E' DOTATO DI **SMORZATORE**.

- STABILIZZATORE ORIZZONTALE

IL MOVIMENTO DELLO STABILIZZATORE AVVIENE MEDIANTE UN MOTORE ELETTRICO PRIMARIO O UNO SECONDARIO.

IL COMANDO PUO' ESSERE DATO DA DUE MANIGLIE POSTE SULLA PIANTANA CENTRALE O CON DUE INTERRUTTORI POSTI SUI VOLANTINI.

SI HANNO DOPPI COMANDI, IN QUANTO UNO SBLOCCA IL FRENO E L'ALTRO FORNISCE IL COMANDO.

IL MOTORE ELETTRICO ALTERNATO E' IN GENERE USATO DALL'AUTOPILOTA, MA IN EMERGENZA E' COMANDABILE DALLA PIANTANA TRAMITE APPOSITE LEVE.

I DUE MOTORI AGISCONO TRAMITE RIDUTTORI SU UN MARTINETTO A VITE, CHE MUOVE LO STABILIZZATORE, SU CUI AGISCE ANCHE IL FRENO.

I PULSANTI POSTI SUI VOLANTINI COMANDANO DEI RELAYS, MENTRE IL COMANDO DELLE MANIGLIE, TRAMITE CAVI, SPOSTA DIRETTAMENTE I CONTATTORI DEI RELAYS STESSI.

UN **SISTEMA DI INDICAZIONE** FORNISCE LA POSIZIONE DELLO STABILIZZATORE PER COMANDARE LA SELEZIONE.

- SPOILERS

SU QUESTO AEROMOBILE SI HANNO TRE PANNELLI SPOILERS PER SEMIALA.

I DUE ESTERNI SONO **SPOILERS DI VOLO** MENTRE QUELLO INTERNO E' SOLO **SPOILER DI TERRA**.

IL MOVIMENTO DI QUESTI SEI PANNELLI AVVIENE MEDIANTE MARTINETTI IDRAULICI E LE LORO VALVOLE SONO COMANDATE IN MODO DA REALIZZARE VARIE FUNZIONALITA'.

INFATTI GLI SPOILERS DI VOLO POSSONO SIA ESSERE DI AIUTO AGLI ALETONI (IN QUESTO CASO SI ALZANO SOLO SU UNA SEMIALA) SIA AVERE UNA FUNZIONE DI AEROFRENI (SPEED BRAKES).

UN RUOLO **FONDAMENTALE** E' SVOLTO DAL MECCANISMO **MIXER**, ATTRAVERSO IL QUALE TRANSITANO I CAVI DI COMANDO DELLE SERVOALETTE ALETONI.

IL SUPPORTO AGLI ALETONI SI HA QUANDO I VOLANTINI RUOTANO OLTRE 17° ED E' PROGRESSIVO.

SE INVECE VIENE ATTIVATA TRAMITE APPOSITA LEVA LA **FUNZIONE SPEED BRAKE**, IL COMANDO TRANSITA ATTRAVERSO IL MIXER E SI SOMMA ALGEBRICAMENTE A QUELLO DEGLI ALETONI.

LA STESSA LEVA DELLA FUNZIONE SPEED BRAKE PUO' ESSERE USATA COME COMANDO PER ESTENDERE TUTTI GLI SPOILERS A TERRA COME AEROFRENI ED IN QUESTO CASO SI DOVRA' AVERE LA CONFERMA SE L'AEROMOBILE E' REALMENTE IN CONDIZIONI DI TERRA.

UN DISPOSITIVO CHE "SENTE" LE RUOTE CARRELLO PRINCIPALE IN ROTAZIONE INVIA IL COMANDO AD UN ATTUATORE ELETTRICO, CHE PREDISPONE IL MIXER A COMANDARE LE VALVOLE DI TUTTI GLI SPOILERS (SE IL COMANDO SPOILER DI TERRA E' STATO ARMATO).

- *FLAPS*

L'AEROMOBILE E' DOTATO DI FLAPS AZIONATI IDRAULICAMENTE E SONO COSTRUTTIVAMENTE REALIZZATI IN DUE SEZIONI PER SEMIALA, TRA LORO COLLEGATE DA **GIUNTI SNODATI**.

OGNI SEZIONE E' AZIONATA DA DUE MARTINETTI IDRAULICI.

LE DUE SEZIONI INTERNE SI MUOVONO SCORRENDO IN APPOSITE ROTAIE, MENTRE QUELLI ESTERNI RUOTANO SU SUPPORTI A COMPASSO.

I FLAPS DELLE DUE SEMIALI, PER EVITARE ASIMMETRIE, SONO COLLEGATI CON **CAVI DI INTERCONNESSIONE**, AI QUALI E' ANCHE ASSEGNATA LA FUNZIONE DI ATTIVARE GLI SLATS.

IL **COMANDO** VIENE DATO IN CABINA PILOTI CON APPOSITA LEVA CHE AZIONA LA VALVOLA DI ALIMENTAZIONE A DUE VELOCITA': DA 0° A 20° LENTA, DA 21° A 40° VELOCE.

UN SISTEMA DI **CAVI DI INSEGUIMENTO** REALIZZA IL **FEEDBACK DELLA VALVOLA** ED AZIONA DUE **TRASMETTITORI DI POSIZIONE**.

- *SLAT*

GLI SLATS CONSENTONO DI *AUMENTARE LA PORTANZA* DURANTE DECOLLO/ATTERRAGGIO E DI *ELEVARE L'ANGOLO DI STALLO*.

GLI SLATS SONO REALIZZATI TRAMITE PIU' ELEMENTI, CHE POSSONO SCORRERE IN APPOSITE ROTAIE.

IL LORO MOVIMENTO E' REALIZZATO DA UN SISTEMA DI CAVI CHE SCORRONO IN APPOSITE PULEGGE, GRAZIE ALL'AZIONE DI DUE MARTINETTI IDRAULICI.

IL COMANDO VIENE DATO TRAMITE LA LEVA FLAP/SLAT CHE AGISCE SULLE RISPETTIVE VALVOLE DI COMANDO.

GLI SLATS POSSONO ANCHE AGIRE COME PROTEZIONE RISPETTO ALLE CONDIZIONI DI **STALLO**.

IN QUESTO CASO IL SEGNALE PROVENIENTE DA UN **CALCOLATORE AVVISO STALLO**, METTE IN AZIONE UN ATTUATORE ELETTRICO, CHE AGISCE SULLA STESSA VALVOLA COMANDO SLAT.