



Ministero Pubblica Istruzione
Dipartimento dell'Istruzione
Direzione Generale per gli Affari Internazionali
dell'Istruzione Scolastica - Uff. V

Istituto Tecnico Settore Tecnologico “ Giulio Cesare Falco ”



nuovo indirizzo in **Trasporti e Logistica**
articolazione **Costruzione del Mezzo**
opzione **Costruzioni Aeronautiche**

Studio dell' elica aeronautica – Parte 2

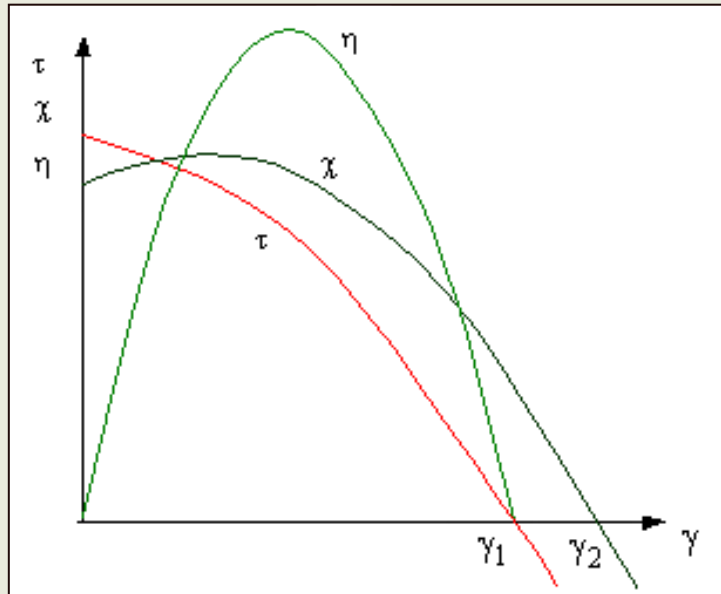
a cura del prof. Luigi MASCOLO

SEDE CENTRALE: Via G.C. Falco - 81043 CAPUA (CE)
Distretto Scolastico n. 17 – C.S.: CETF05000Q - C.F. :80113080610 - TEL. 0823622744
SEDE ASSOCIATA: Via Cesare Battisti 81046 GRAZZANISE (CE)
Distretto Scolastico n° 17--- C.S.: CETF05001R - TEL. 0823991697

Elica a passo fisso



L'angolo di calettamento delle pale è fissato costruttivamente e caratteristico dell'elica. Le pale dell'elica sono legate saldamente l'una alle altre, formando un unico pezzo che rendono impossibile la variazione dell'angolo di calettamento delle pale e di conseguenza il passo dell'elica.



I coefficienti di trazione τ e coppia χ ed il rendimento variano con il rapporto di funzionamento γ secondo l'andamento grafico riportato a lato (**curve caratteristiche dell'elica**) da cui si evince che per un elica a passo fisso si ottiene il $\eta_{\max}$ in corrispondenza di un solo valore di γ compreso tra 0 e γ_1 .

Esiste un solo angolo di incidenza effettiva e quindi del rapporto di funzionamento per il quale il rendimento è massimo, per cui sia l'elica che il motore non lavorano sempre nelle condizioni ottimali.

I campi di funzionamento dell'elica sono i seguenti:

Campi di funzionamento dell'elica

→ Elica punto fisso	$\gamma=0$	$T_{\max}, C$ $\eta=0$	Elica in movimento con velivolo fermo ($V=0$). Questa situazione si verifica quando il velivolo è fermo sulla pista durante la prova motore prima del decollo.
→ Elica propulsiva	$0 < \gamma < \gamma_1$	$T > 0$ $C, \eta_{\max}$	L'elica esercita trazione e assorbe potenza. E' questo il campo di normale impiego delle eliche.
→ Elica a trazione nulla	$\gamma = \gamma_1$	$C, T = \eta = 0$	L'elica non produce T , ma assorbe potenza e (quindi $\eta=0$). Questo caso potrebbe verificarsi nel volo in discesa.
→ Elica frenante	$\gamma_1 < \gamma < \gamma_2$	$T < 0$	In questo la trazione risulta negativa e si oppone al moto. Questo caso può verificarsi, ad esempio, nel volo in picchiata, l'elica frena il velivolo impedendogli di raggiungere la massima velocità di progetto strutturale.
→ Elica a coppia nulla (girandola)	$\gamma = \gamma_2$	$T < 0, C = 0$	L'elica frena, ma la coppia assorbita è nulla; se non vi fossero attriti sull'albero l'elica ruoterebbe senza richiedere né erogare potenza.
→ Elica autorotante (funzionamento a mulinello)	$\gamma > \gamma_2$	$T < 0, C < 0$	L'elica si comporta come un generatore eolico: assorbe potenza dal vento relativo e la fornisce all'albero; inoltre, inevitabilmente, frena. Questo caso si presenta, ad es. quando il motore è in avaria e l'elica tende a trascinare in rotazione il motore, con possibili gravi conseguenze per lo stesso, oltre a produrre una pericolosa forza imbardante.

Considerazioni sul funzionamento di un elica a passo fisso

1) Appare evidente che su di un velivolo l'elica deve funzionare, al massimo, fino al campo di utilizzo di elica frenante (limitato al solo caso del volo in picchiata) e pertanto il progettista dovrà scegliere l'elica più opportuna che si adatta al motore e alle prestazioni richieste al velivolo. Ovvero qualora si debba equipaggiare un aereo con un'elica a passo fisso, si sceglierà il passo in modo tale che l'elica abbia il miglior rendimento, in corrispondenza della velocità di volo più consona alle caratteristiche da conferire all'aereo.

2) Per aerei acrobatici o a decollo corto, per i quali è necessario avere il massimo rendimento durante le salite e alle basse velocità, si sceglieranno eliche a passo corto il cui rendimento massimo si trova vicino alla velocità minima di sostentamento. Per aerei destinati principalmente a voli di trasferimento, si sceglieranno eliche a passo lungo il cui rendimento massimo si trova vicino alla velocità di crociera.

3) Nel caso di eliche a passo fisso, la potenza dell'elica e la velocità dell'aereo sono variabili al variare dei numeri di giri del motore e quindi controllabili esclusivamente intervenendo sulla manetta del motore.

4) Un'elica a passo fisso costituisce solo un compromesso alle diverse esigenze di volo, dato che al decollo serve un passo corto (piccolo angolo di calettamento), per la salita serve un passo un po' più lungo e per la crociera un passo molto più lungo. Il problema viene risolto impiegando eliche a passo variabile che sono in grado di aumentare il campo di funzionamento dell'elica propulsiva e soprattutto di mantenere il massimo rendimento propulsivo

ELICA A PASSO VARIABILE



Agli inizi si variava il passo delle eliche manualmente e solo a terra: le pale, indipendenti l'una dalle altre, potevano essere montate con un diverso angolo di calettamento sul mozzo, scegliendo quello più idoneo alla particolare condizione di funzionamento ma, una volta in volo, esse si comportavano come un'elica a passo fisso. La successiva evoluzione ha portato alla costruzione di eliche a calettamento variabile in volo attraverso una leva del passo dell'elica (Prop Lever). Inizialmente aveva due sole posizioni, la MAX per il volo veloce, la MIN per quello lento. Il calettamento minimo e il passo minimo corrispondono a spingere tutta in avanti la Prop Lever. In tale posizione si sfrutta tutta la potenza del motore che gira al massimo dei giri (configurazione tipica del decollo). L'ultimo sviluppo delle eliche a calettamento variabile è stato quello delle moderne eliche a passo variabile e a giri costanti.

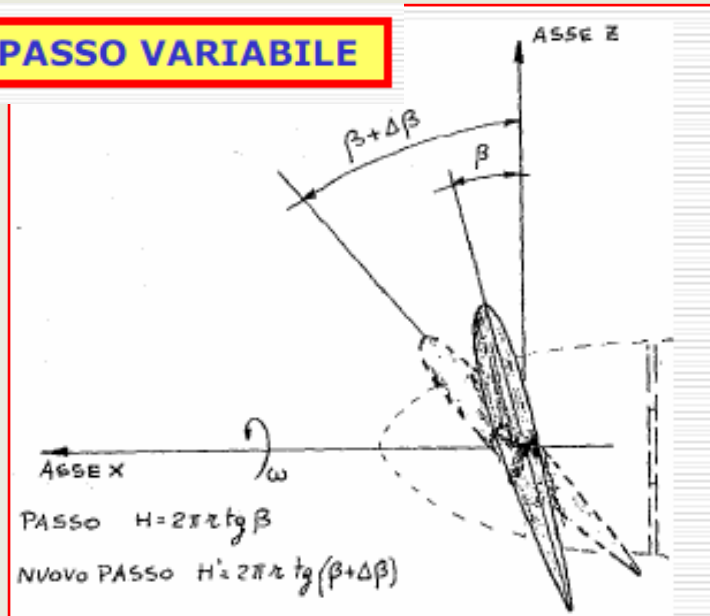
Principio di funzionamento e considerazioni:

Maggiore è il calettamento delle pale, maggiore è la capacità dell'elica di “mordere” l'aria, maggiore sarà il passo dell'elica, maggiore sarà il flusso d'aria sospinta dall'elica. Nelle eliche a passo variabile è possibile avere a disposizione una potenza che può variare:

- modificando solo la potenza all'albero tramite la variazione del numero di giri e quindi della manetta;
- modificando l'angolo di calettamento, variandone quindi il passo;
- mettendo in atto contemporanee variazioni, sia della potenza all'albero, sia del passo dell'elica.

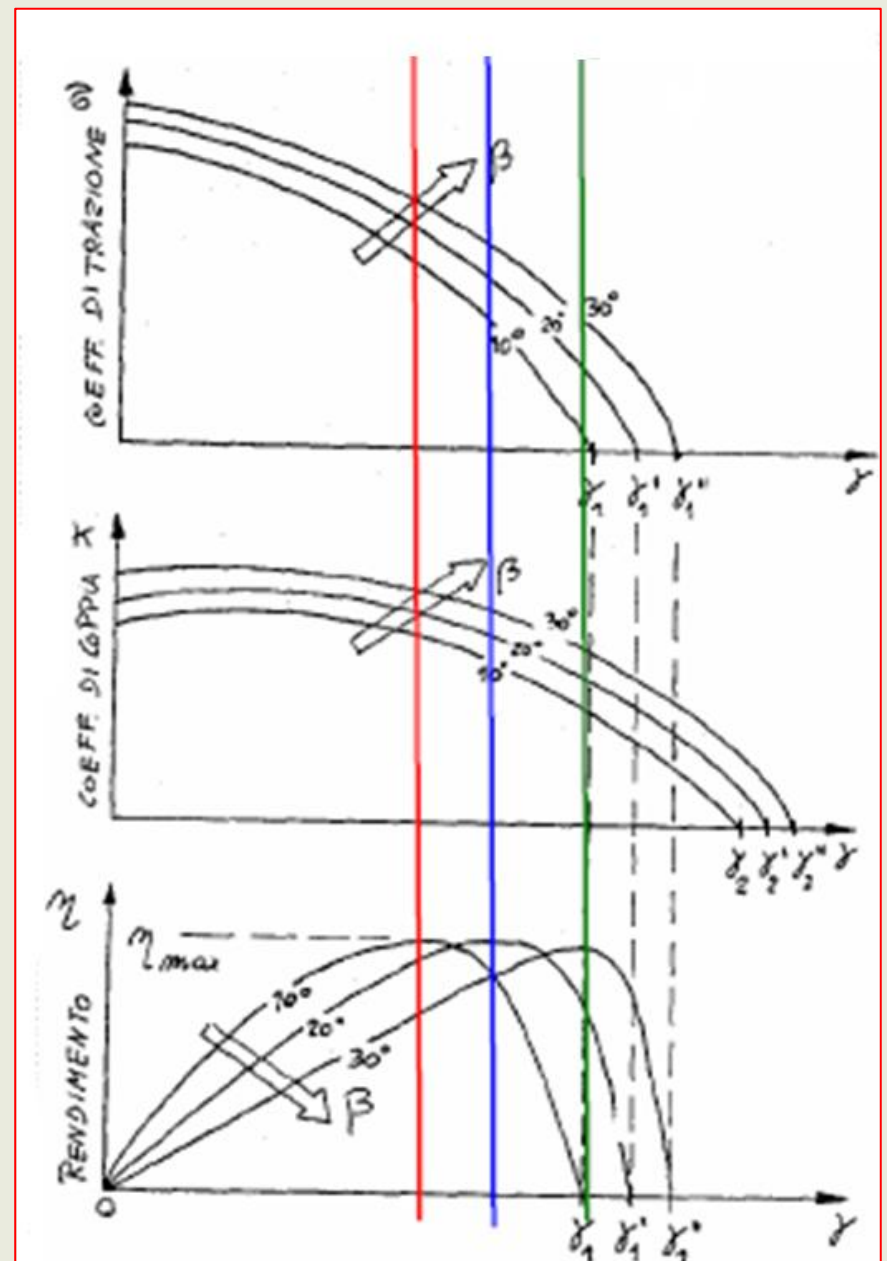
In particolare, con le eliche a passo variabile le piccole variazioni di potenza si possono ottenere semplicemente variando il passo e mantenendo il numero di giri costante; ciò permette di mantenere il motore sempre nelle stesse condizioni di funzionamento, quindi lo stesso rendimento e consumo.

ELICA A PASSO VARIABILE

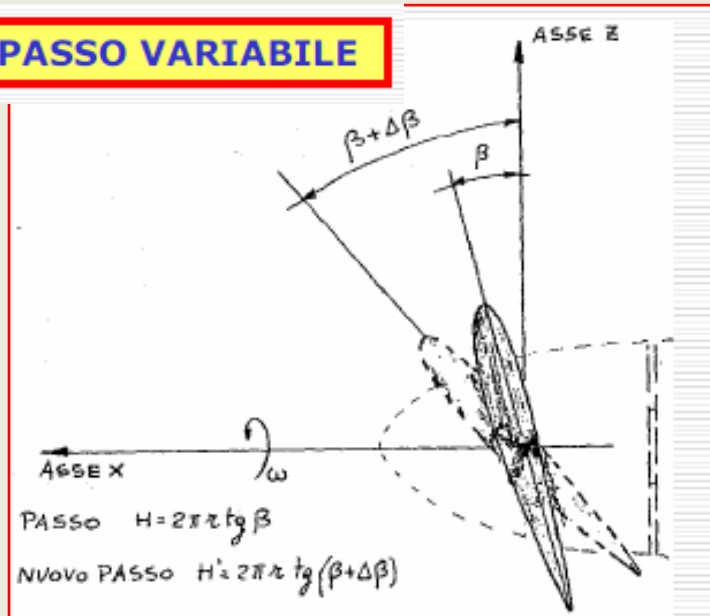


Nelle eliche a passo variabile le pale possono ruotare attorno all'asse Y, variando l'angolo di calettamento, e quindi il passo, in modo da mantenere l'angolo di incidenza al valore ottimale qualsiasi sia la velocità di volo. I vantaggi ottenuti con questo tipo di elica sono:

- 1) Possibilità di aumentare il campo di funzionamento dell'elica propulsiva [intervallo $0-\gamma_1$]
- 2) Ottenimento del massimo rendimento in quasi tutto il campo di funzionamento;
- 3) Mantenendo i giri costanti, attraverso un regolatore, si può variare la trazione variando il passo.

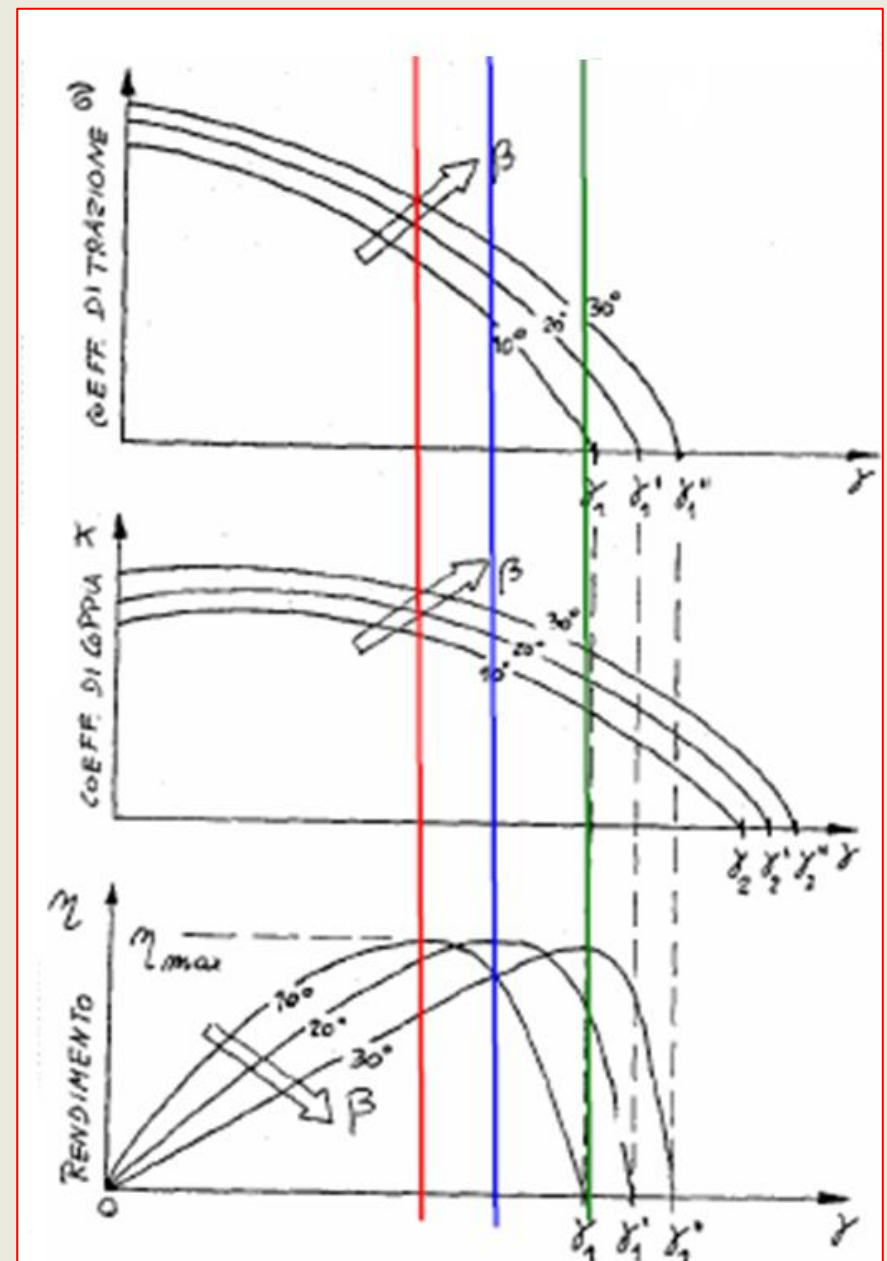


ELICA A PASSO VARIABILE

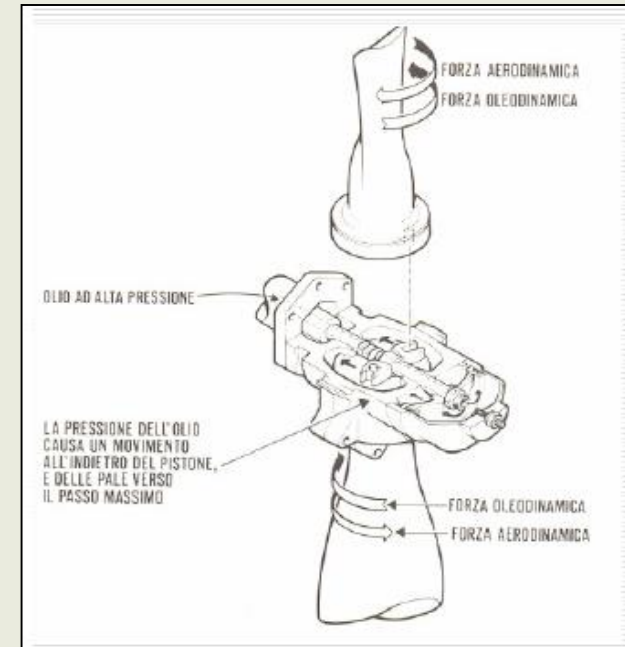


Nelle eliche a passo variabile le pale possono ruotare attorno all'asse Y, variando l'angolo di calettamento, e quindi il passo, in modo da mantenere l'angolo di incidenza al valore ottimale qualsiasi sia la velocità di volo. I vantaggi ottenuti con questo tipo di elica sono:

- 1) Possibilità di aumentare il campo di funzionamento dell'elica propulsiva [intervallo $0-\gamma_1$]
- 2) Ottenimento del massimo rendimento in quasi tutto il campo di funzionamento;
- 3) Mantenendo i giri costanti, attraverso un regolatore, si può variare la trazione variando il passo.



Il funzionamento delle **eliche a passo variabile e giri costanti** è ottenuto tramite un regolatore di giri, che aziona un meccanismo idraulico atto a far variare il calettamento alle pale dell'elica e di conseguenza il passo dell'elica. Il regolatore è accoppiato all'albero sul quale è montata l'elica, così da "sentirne" la velocità di rotazione, ed è collegato al comando del passo dell'elica posto in cabina, tramite il quale il pilota può comandarlo affinché esso mantenga il motore a un qualunque regime desiderato. Il meccanismo per la variazione del passo è montato sul mozzo dell'elica, nella parte anteriore normalmente ricoperta dall'ogiva. Quando i giri tendono ad aumentare e superare il valore per il quale il regolatore è stato predisposto dal pilota (tendenza che può essere indotta sia da un aumento della velocità di volo, sia da un aumento della potenza erogata dal motore), questo aziona il meccanismo di variazione del passo in modo da far aumentare l'angolo di calettamento delle pale. L'aumento del passo si traduce in un aumento dell'angolo di incidenza, il quale fa aumentare il carico aerodinamico dell'elica. Aumentano quindi trazione e la coppia assorbita e di conseguenza si ha una riduzione dei giri, che si riportano al valore fissato dal regolatore. Quando invece i giri tendono a diminuire succede l'inverso, cioè il regolatore diminuisce il passo, la C la T diminuiscono ed i giri aumentano fino al valore desiderato.



Eliche con passo a bandiera (Full Feathering)

La possibilità di disporre di eliche a passo variabile in volo consente al pilota di porre le pale, in caso di necessità, con un angolo di calettamento di 90° . In tale posizione le pale sono dette a bandiera, cioè di taglio rispetto alla corrente. In queste condizioni l'elica si ferma e presenta la minima resistenza all'avanzamento. Questa soluzione viene utilizzata in caso di arresto del motore e conseguente planata o, nel caso di plurimotori e avaria ad uno dei essi, per evitare che la resistenza offerta dall'elica vada ad incrementare il momento imbardante dovuto all'eccentricità della trazione complessiva.



Eliche a passo reversibile (Reversible)

Un ulteriore vantaggio delle eliche a passo variabile deriva dalla circostanza che esse possano assumere calettamenti negativi. In queste condizioni di funzionamento si ha la possibilità di invertire il passo dell'elica, quindi, la direzione della trazione, esercitando così un'azione frenante. L'inversione della spinta permette di utilizzare le eliche come freni aerodinamici, particolarmente utili durante il rullaggio al suolo in fase di atterraggio, nonché nelle manovre a terra degli aerei commerciali o degli idrovolanti in mare.

Tale procedimento viene adottato anche negli aerei Turbo Fan dove l'inversione di spinta viene realizzata tramite la variazione del calettamento delle pale dell'elica intubata nel motore, denominata FAN o Ventola.



Materiali impiegati

Le pale delle eliche possono essere composte da diversi materiali:

- in lega d'alluminio;
- in legno;
- in acciaio;
- in materia plastica rinforzata;

In genere le eliche a **passo fisso** possono essere a 2 o 3 pale e sono generalmente in legno o metallo.

In legno, sono prodotte assemblando conci radiali di legno laminato. Sono impiegati da 5 a 9 conci di legno dello spessore di 3/4 di pollice.

In metallo, sono generalmente in lega leggera di alluminio, e sono ottenute forgiando una singola barra; sono in generale più sottili di quelle in legno e vengono impiegate per dimensioni e velocità maggiori.

L'elica può essere cava, in quest'ultimo caso può essere dotata di dispositivi antighiaccio, e deve essere bilanciata in modo assai accurato, sia staticamente sia dinamicamente.

Se, ad esempio, in un'elica bipala si attaccasse un peso di 80 grammi a metà di una pala e un peso di 40 grammi all'estremità dell'altra pala, l'elica sarebbe bilanciata staticamente, ma non sarebbe bilanciata dinamicamente e comincerebbe a vibrare se fosse fatta ruotare ad alta velocità.

