



36° Stormo Virtuale

DCS: KA-50 BLACK SHARK 2

Aerodinamica del Rotore Coassiale

SOMMARIO

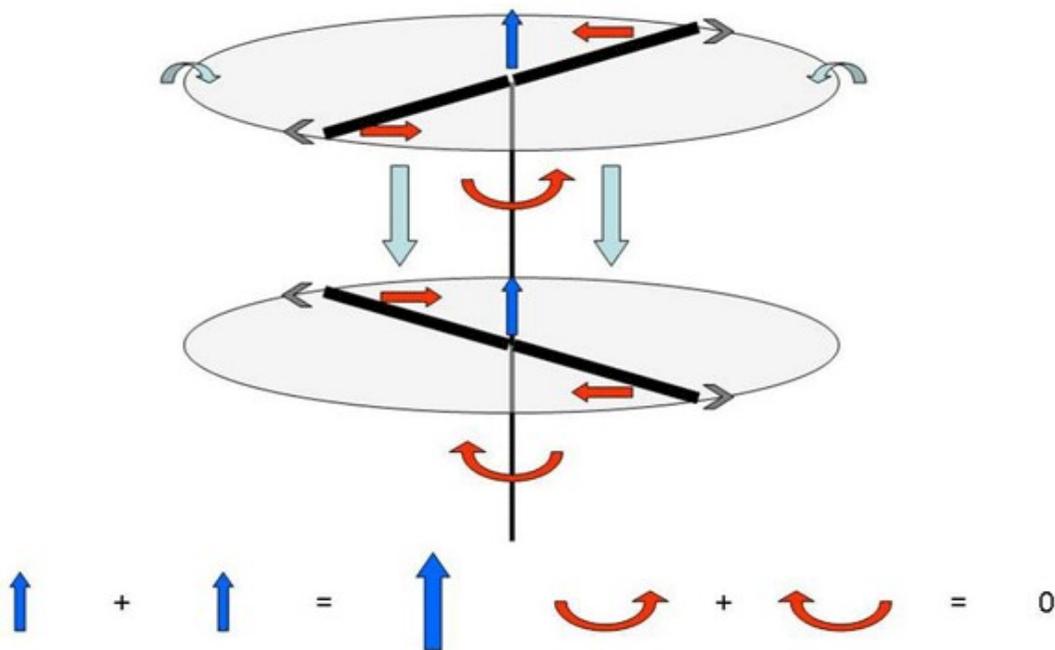
1. Fondamenti.....	3
2. Il Pericolo Dietro l'Angolo... D'Inclinazione delle Pale.....	6
Ringraziamenti:.....	8

1. Fondamenti



In Hovering i due dischi rotorici del Ka-50 sono progettati in modo da produrre la stessa quantità di torque ma in verso opposto. Da progetto le pale inferiori hanno un angolo di passo di circa 1.25 gradi maggiore rispetto alle pale superiori di modo che la produzione di torque si equivalga in hovering (a livello del mare in aria standard).

Forze e momenti nell'Hovering

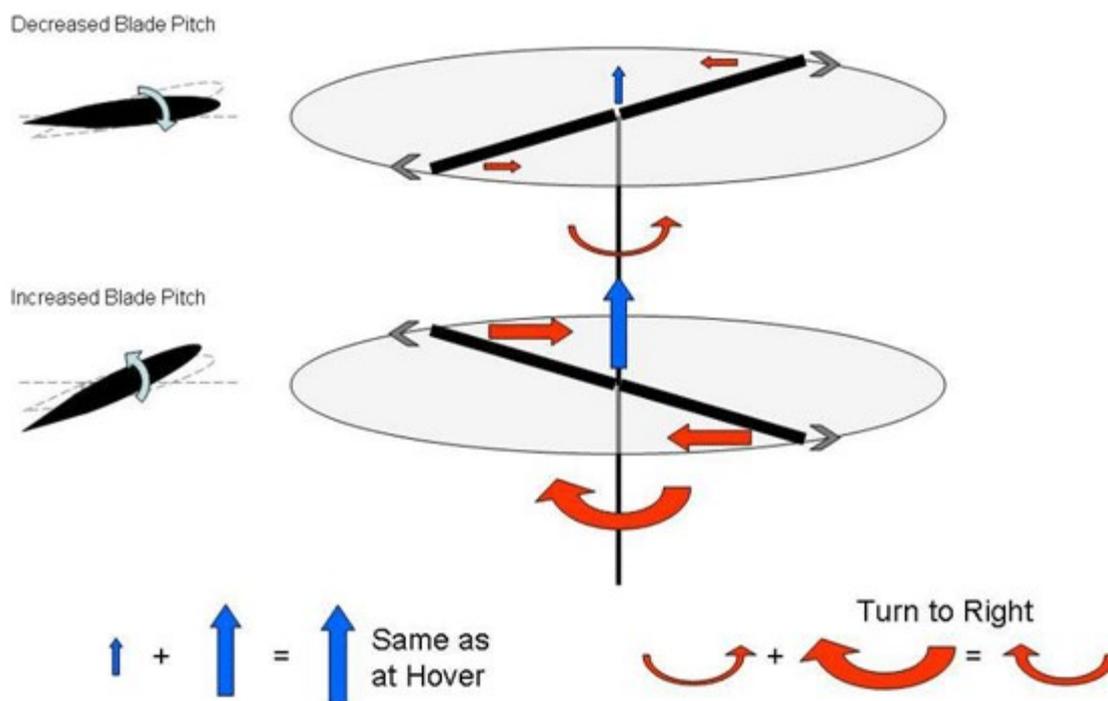


Durante il volo traslato in avanti, a causa della portanza di traslazione e del fatto che il rotore inferiore lavora all'interno del flusso d'aria del rotore superiore, il rotore superiore genera maggior torque del rotore inferiore. Il torque agisce in senso opposto al quello di rotazione delle pale e il rotore superiore ruota in senso orario, così la coppia di reazione che agisce sull'elicottero è antioraria, ne risulta una tendenza ad imbarcare a sinistra sull'asse dello yaw. Questa tendenza, se non corretta, si tradurrà in un volo scoordinato (la pallina nell'indicatore di imbardata scivola su un lato). Il volo scoordinato è caotico, quindi un buon pilota deve puntare il muso nella direzione di avanzamento.

In un elicottero "standard" l'orientamento del muso è comandato dall'azione sulla pedaliera, questa varia il passo delle pale del rotore di coda; quindi spingendo più o meno sui pedali la spinta generata dal rotore di coda fa ruotare il muso. Ma il Ka-50 non ha il rotore di coda. I progettisti del Ka-50 conoscevano questo problema e adottarono una soluzione ingegnosa.

Nel progetto dell'elicottero coassiale Kamov, l'imbardata viene controllata variando il passo delle pale dei due dischi rotorici. Per imbarcare a destra viene diminuito il passo delle pale del rotore superiore, ciò diminuisce la portanza, quindi abbassa la resistenza e perciò si abbassa anche la coppia di reazione in senso antiorario. Se non venisse fatto altro, l'elicottero imbarderebbe a destra come voluto (a causa della coppia maggiore generata dal disco inferiore del rotore), ma inizierebbe anche a scendere a causa della perdita di portanza totale. Per neutralizzare questo effetto il passo delle pale del rotore inferiore viene aumentato simultaneamente, incrementando portanza, resistenza e perciò incrementando la coppia di reazione in senso orario. La portanza totale rimane così invariata mentre la coppia totale è verso destra. Il processo opposto avviene per l'imbardata a sinistra. Tutto ciò viene effettuato automaticamente dai sistemi di controllo dell'elicottero quando il pilota spinge sulla pedaliera. Figo vero?

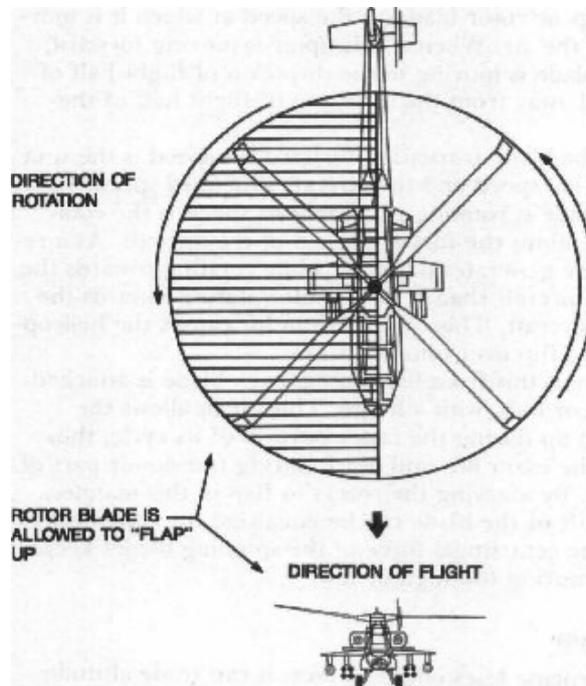
Cambio passo coordinato per variare la coppia sull'imbardata



Per mantenere un volo coordinato mentre si vola in avanti con un elicottero Kamov con rotore coassiale controrotante (come il Ka-50) il pilota deve applicare pedale destro. Purtroppo non finisce qui!

Le pale del rotore si inclinano verso l'alto quando producono portanza. Questo fa sì che il disco rotore, che è particolarmente piatto quando non produce portanza, diventi a forma conica, detto cono rotorico. Nel volo traslato in avanti questi coni pendono da un lato a causa di un fenomeno chiamato "dissimmetria di portanza". La dissimmetria di portanza è causata dal fatto che le pale del rotore in movimento nella stessa direzione dell'elicottero si muovono più velocemente attraverso l'aria, e quindi tenderebbero a generare più portanza delle pale sul lato opposto del disco, che si muovono in direzione opposta tendendo a generare meno portanza. La dissimmetria di portanza viene corretta grazie alle cerniere di flappeggio che se da un lato evitano il ribaltamento dell'elicottero, dall'altro consentono al cono rotorico di pendere di lato. Maggiore portanza equivale ad un cono più accentuato.

Dissimmetria di portanza



Il lato del cono che si inclina maggiormente è quello della pala avanzante, ciò produce un momento ribaltante (rollio). Nel rotore coassiale controrotante del Ka-50 la somma vettoriale dei momenti generati dai due rotori produce un momento ribaltante verso destra.

In aggiunta all'azione di pedale destro necessaria a causa della differente produzione di torque, nel volo traslato è anche richiesto ciclico a sinistra per mantenere un volo stabile e coordinato. Perciò continuiamo a mantenere il ciclico a sinistra e il pedale a destra. È naturale ed è corretto

2. Il Pericolo Dietro l'Angolo... D'Inclinazione delle Pale

Uno degli aspetti di questa configurazione è che i coni dei due dischi rotorici si inclinano in direzioni opposte: il rotore superiore si inclina a destra e il rotore inferiore si inclina a sinistra. Le pale si avvicinano tra loro su un lato e si allontanano sull'altro. Dato che il rotore inferiore lavora nel flusso del rotore superiore, questo ha un angolo di conicità maggiore rispetto al rotore superiore. Guardando attentamente durante il volo traslato in avanti (per esempio a 200km/h) il cono del rotore superiore è appena poggiato a destra mentre il cono del rotore inferiore è fortemente inclinato a sinistra. Nelle giuste (o sbagliate) condizioni, i due coni possono incrociarsi, il che è una pessima cosa...

Questo non è un aspetto imprevisto del progetto. Mr. Kamov non ha mica installato una spia di Allarme "IAS MAX" per aiutare i piloti ad evitare le multe: la spia è lì per aiutarli a prevenire l'incrocio fra i due coni. Le spie di Allarme e la segnalazione acustica dicono al pilota che i suoi due coni rotorici sono pericolosamente vicini tra loro. Un simbolo a forma di "V" lampeggia sull'HUD e sul monitor dello Shkval nel caso che il pilota sia sordo o abbia gli Scissor Sisters a tutto volume nell'iPod.

Maximum Airspeed Warning Indications



Il sistema tuttavia non limita al pilota la possibilità di aumentare il passo collettivo in questa pericolosa situazione. Incremento del passo collettivo = incremento del passo delle pale = incremento della portanza = incremento dell'angolo di conicità = Accensione spia di Allarme. Dare eccessivo piede destro incrementa ulteriormente la conicità del rotore inferiore, incrementando ulteriormente la probabilità di un incrocio fra i dischi. Oppure agire brutalmente sul comando ciclico a destra" et voilà", le pale si scontrano!

Making Rotor Blade Salad



La buona notizia è che evitare l'interferenza fra i coni rotorici è piuttosto semplice. Nel volo ad alta velocità (>250 km/h), non effettuare salite usando il passo collettivo ed evita forti variazioni di ciclico e pedaliera in tutte le direzioni. Se devi salire mentre voli ad alta velocità tira leggermente indietro il ciclico mantenendo costante il passo collettivo. L'elicottero solleverà il muso ed inizierà a salire mentre inizierà a ridurre la IAS, riducendo l'angolo di conicità. Quando la IAS inizia a diminuire puoi applicare passo collettivo per mantenere/incrementare il rateo di salita. Probabilmente ci sarà un grafico per aiutare i piloti a capire quale rateo di salita possono ottenere ad alte velocità prima che i due rotori interferiscano fra loro, ma trovo che posso tranquillamente salire e manovrare a 250 km/h, riservando le velocità superiori ai voli di crociera.

Ringraziamenti:

Autore Originale: Erik "EinsteinEP" Pierce

Traduzione e Revisione ed ampliamento a cura di: =36=Hypnos

36SV Format Designer: =36=Pigon

Adattamento e Pubblicazione: =36=Karma

Project Manager: =36=Karma