

Alianti elettrici categoria F5B

L'evoluzione degli ultimi anni

Con la presente desidero riassumere l'evoluzione che hanno avuto gli alianti elettrici della categoria FAI F5B negli ultimi anni e le attività di sviluppo che abbiamo portato avanti in questo campo.

Elenco punti trattati

1. Regolamento di gara e specifiche del modello
2. Breve cenno sulla concorrenza
3. Il team Italiano
4. Analisi delle parti che compongono il modello e loro integrazione
5. Sviluppo del primo software di simulazione gara
6. Introduzione dei motori brushless e dei riduttori epicicloidali (Angelo Silvagni)
7. Banco prova motori (Angelo Silvagni)
8. Ali – Struttura e tecnica costruttiva
9. Sviluppo dei profili tramite XFOIL (Eduardo Molfino)
10. Secondo software di simulazione gara (Eduardo Molfino)
11. Eliche – Introduzione di XROTOR - Dal progetto alla realizzazione del modello in tecnica stereolitografica e alla realizzazione dello stampo (Mossa-Molfino-Mario Silvagni)
12. Batterie – Pushing, selezione computerizzata delle celle, del pacco cablato e tecniche di utilizzo (Marie e Angelo Silvagni)
13. Sogni nel cassetto
14. Modifiche al regolamento che entrerà in vigore nel 2001

e-mail mossa@cefriel.it

REGOLAMENTO DI GARA E SPECIFICHE DEL MODELLO

Il lancio di gara è suddiviso in 4 fasi:

- **DISTANZA:** consiste in 3 minuti di volo fra le basi A e B. La base è ritenuta valida se interamente percorsa a motore spento. Una base vale 10 punti.
- **LIMBO:** Allo scadere del 3° minuto (DISTANZA) bisogna effettuare un passaggio sulla base A a 3 metri di altezza massima da terra. Da questo passaggio parte la prova di durata.
- **DURATA:** consiste in 5 minuti di volo planato con atterraggio di precisione. Ogni secondo di motore vale un punto di penalità. Nell'atterraggio ogni secondo in anticipo o in ritardo sui 5 minuti vale un punto di penalità.
- **ATTERRAGGIO:** consiste di due centri concentrici di diametro 15 e 30 metri. Rispettivamente valgono 30 e 15 punti.

E' obbligatorio l'uso di batterie NiCd collegate in serie, peso massimo del pacco 1100gr., massima tensione a vuoto misurata dopo il lancio 42V.
Il modello non deve superare il carico FAI di 75gr./dmq.
Per il concorrente sono previsti un massimo di due aiutanti.

Esempio del punteggio di un lancio di gara:

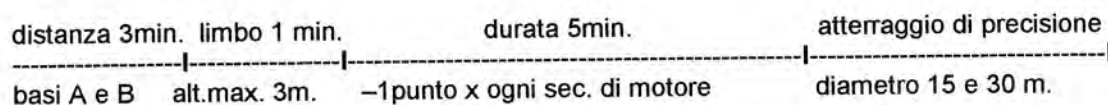
35 basi = 350 punti

LIMBO = valido

durata 5 min. motore 5 sec. = 300 sec. - 5 sec. = 295 punti

atterraggio centro piccolo 15m. = 30 punti

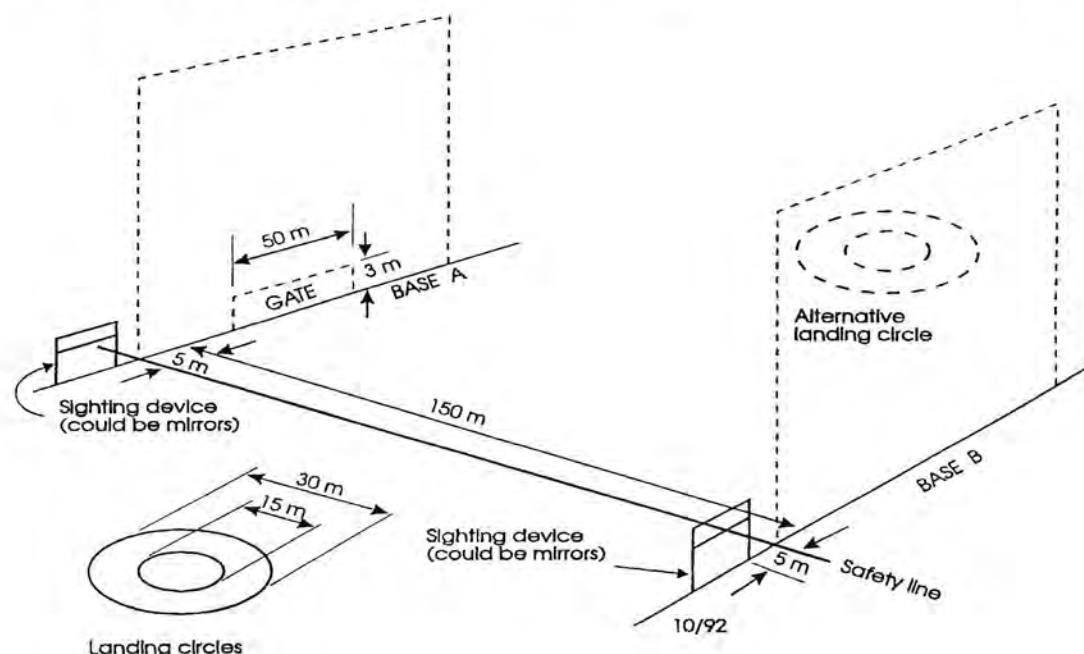
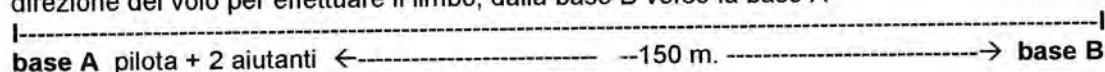
TOTALE LANCIO = 675 punti



CAMPO DI VOLO

il limbo va eseguito sulla base A

direzione del volo per effettuare il limbo, dalla base B verso la base A



BREVE CENNO SULLA CONCORRENZA

I team più forti sono:

- **USA**

sponsor AVEOX per i motori/regolatori, batterie pushate e selezionate da loro stessi.

Hanno introdotto le innovazioni più significative in termini di conduzione di gara e apparentemente hanno sempre avuto il modello molto curato dal punto di vista della pulizia aerodinamica.

Nel '94 adottarono la salita da 4 basi mentre tutti facevano 6 basi, utilizzarono per la prima volta i motori brushless in diretta. Vinsero i mondiali.

Nel '96 adottarono la tecnica della salita da 2 basi mentre tutti facevano le 4 basi utilizzando ancora il motore brushless in diretta. Non vinsero i mondiali perchè svelarono la tecnica delle 2 basi durante le prove. I tedeschi, vedendo il vantaggio, adottarono immediatamente la stessa tecnica vincendo di poco in quanto avevano a disposizione modelli più performanti dal punto di vista motoristico (motore brushless + riduttore)

Nel '98 non siamo riusciti a capire perchè hanno vinto! Il modello era apparentemente semplice, molto curata come al solito l'interferenza ala fusoliera ed elica fusoliera.

Utilizzarono il brushless + riduttore. Una differenza osservata è stata quella della salita ottimizzata per fare 4 base come tutti ma la quota dalla quale partivano era decisamente più bassa della quota media di tutti gli altri. Circa 100-120 metri contro i 200.

- **GERMANIA**

sponsor KONTRONIK per i motori/regolatori e GMRACING per le batterie.

Hanno sempre introdotto grosse innovazioni nella tecnica progettuale e nella tecnologia costruttiva del modello.

XFOIL per lo studio dei profili, XROTOR per la progettazione delle eliche, stampi e anime di polistirolo per le ali realizzate a CNC, riduttori 5.1/1 e 6.75/1, estremità alari molto sciabolate all'indietro per ridurre perdite in virata, batterie pushate (+10/15% potenza).

- **AUSTRIA**

sponsor PLETTEMBERG-SCHULZE per i motori/regolatori e ORION per le batterie.

Il pluri campione del mondo è sempre riuscito ad imporsi con un perfetto pilotaggio fino a quando la tecnologia costruttiva per i modelli e l'adozione dei motori brushless ridotti non sono più stati alla sua portata. Plettember-Schulze e la Orion saranno più competitivi dai prossimi mondiali in quanto dovrebbero recuperare il divario tecnologico subito dopo l'introduzione dei brushless.

- **SVIZERA**

Sponsor vari – ROBBE, AVEOX, KONTRONIK, ORION

La squadra è sempre stata composta da più o meno le stesse persone che hanno potuto usufruire nei diversi anni di ottimi sponsor quali Robbe in un primo momento, Aveox poi e attualmente Kontronik.

Leodolter ha vinto gli ultimi due Europei e si è sempre piazzato molto bene ai mondiali.

IL TEAM ITALIANO

Pur non esistendo un vero e proprio team, per lo sviluppo tecnologico e realizzativo, nel corso degli ultimi anni la squadra nazionale ha potuto avere mezzi paragonabili alla concorrenza grazie al lavoro "nascosto" di diverse persone che hanno apportato un'enorme contributo allo sviluppo di tutte le parti del modello.

In ordine alfabetico:

Molfino Eduardo.

- Sviluppo di profili per ali, timoni ed eliche tramite XFOIL.
- Sviluppo di un software di simulazione del volo di distanza.
- Progetto eliche.
- Studio del TUTTALA F5B.

Mossa Alessandro.

- sfortunatamente per i membri del team, sono il "Pilota" e il "Rompipalle" !!!

Rossani Sergio.

- Realizzazione di riduttori epicicloidali 3,71/1,
- cassa del motore in carbonio e assemblaggio con il riduttore,
- stampi per eliche e delle relative eliche,
- ogive e mozzi in carbonio,
- particolari meccanici di alta precisione di ogni tipo e genere.

Silvagni Angelo.

- Realizzazione dei due banchi prova motori,
- dei riduttori 3,7/1 impieganti ingranaggi Robbe o MEB,
- del banco per il pushing delle batterie,
- del carico elettronico per test pacco batterie,
- del motore brushless diretto, progettato dal Poli di Torino (Villata-Padovano)

Silvagni Mario.

- Progettazione e realizzazione delle schede elettroniche + software per il carico elettronico test pacco batterie,
- per il pushatore batterie e
- per il banco prova motori.
- Realizzazione su CAD 3D dei disegni per la realizzazione degli originali delle eliche in tecnica stereolitografica.

Surace Eduardo. "ciccio"

- Taglio CNC di tutte le parti in polistirolo per la realizzazione delle ali.
- Sviluppo della tecnologia costruttiva delle ali.
- Sviluppo e progetto della struttura alare.
- Supporto teorico.

Surace Pino. "padre"

- Sviluppo di software per la simulazione del lancio di gara.
- Sviluppo di software per progetto eliche.
- Supporto teorico.

Usoni Germano.

- Sostenitore e guffatore di gara.

ANALISI DELLE PARTI CHE COMPONGONO IL MODELLO E LORO INTEGRAZIONE

Di seguito proverò ad elencare le varie parti del modello e quali sono i parametri più importanti da tenere presente per una buona ottimizzazione del sistema.

Elica – è importante ottenere un buon compromesso nel range di funzionamento fra la velocità di uscita dall'ultima base e la velocità di entrata nelle basi. Attualmente il range di funzionamento, a meno del momento del decollo, va dai 35 ai 65 m/s.

Riduttore - resistente meccanicamente quanto basta, massima efficienza e minor peso possibile

Motore - massima efficienza (a parità di Pin) e minor peso

Regolatore – massima affidabilità ed efficienza con il minor peso possibile

Batterie – max Pout per il tempo di scarica scelto.

Impianto radio – minor peso possibile compatibilmente con la min. potenza dei servi necessaria al comando degli alettoni (1,4Kg/cm.) e del profondità (1Kg/cm.)

Cellula – deve essere resistente quanto basta e leggera il più possibile, in particolare:

Ala – partendo dal presupposto di usare profili di ultima generazione, deve essere assolutamente rigidità a flessione e torsione, finitura più che perfetta soprattutto sul bordo d'entrata e sui primi centimetri della corda alare, il tutto con il minor peso possibile.

Fusoliera – resistente quanto basta, perfettamente rigida, molto curata dal punto di vista aerodinamico e leggera il più possibile.

Per dare un'idea delle resistenze aerodinamiche e delle loro proporzioni, abbiamo calcolato che approssimativamente nel volo rettilineo le resistenze dell'ala sono uguali a tutte le altre resistenze del modello, e quindi di fondamentale importanza minimizzare anche l'effetto di:

Fusoliera

Interferenza elica ripiegata fusoliere

Interferenza ala fusoliera

Interferenza quota fusoliera

Ovviamente è tutt'altro che facile identificare come le parti che concorrono a generare queste resistenze, debbano essere fatte per minimizzarne l'effetto.

Tutti i concorrenti adottano soluzioni leggermente diverse tra loro, difficile quindi dire quale di queste sia la soluzione più giusta.

La fusoliera che si discosta dalle più tradizionali e comuni soluzioni adottate è quella degli americani. La caratteristica principale è quella di essere un perfetto fuso con l'ala inserita appena sopra la sua mezzeria, questo teoricamente dovrebbe generare poche resistenze aerodinamiche d'interferenza ala fusoliera, ma condiziona la forma del pacco batterie, la forma del regolatore e la forma della mezzeria interna dell'ala. Difficile dire quanto la loro ottima performance sia dovuta da questo particolare.

Un altro particolare di non poco conto è la soluzione adottata dagli americani riguardo l'accoppiamento della pala dell'elica ripiegata sulla fusoliera.

Hanno messo a punto un mozzo "storto" dove la pala aperta assume la corretta posizione durante il funzionamento, quando si ripiega sulla fusoliera subisce una rotazione rispetto al suo asse che la fa accoppiare molto bene alla fusoliera.

La vista frontale appare molto pulita rispetto alla soluzione tradizionale.

Un'altra soluzione sull'argomento, che più o meno stanno adottando Austriaci e Tedeschi, è di far combaciare perfettamente il bordo d'uscita della pala alla fusoliera.

L'ultima evoluzione vista sull'argomento la propongono gli Svizzeri. Hanno sviluppato un mozzo con doppio snodo che dà la possibilità di accoppiare molto bene la pala alla fusoliera usando comunque pale "con mozzo standard" e quindi non storte.

Quale sarà la soluzione ottimale lo saprà solo

Riassumo sotto forma di commenti, informazioni, numeri, pesi o quant'altro caratterizzi in maniera significativa ogni singola parte del modello.

Elica	A meno del decollo, il range di funzionamento varia da un minimo di 30 ad un massimo di 70m/s	eff. teorica nel punto di design 90%. Più o meno risultano essere delle 15"x16"
Riduttore	peso 40-60gr. 30-50-80 KRPM input 9-11KRPM out. rid. 3,71 - 4,5 - 5,1 - 6,75	eff. misurata sempre > 95%
Motore	brushless 4-6-8 poli- pesi medi 150-160 gr. senza regolatore e riduttore	eff. misurata >80% reg+mot+rid
Regolatore	brushless, deve funzionare senza l'ausilio di sensori magnetici od ottici sul motore. Correnti gestite dai 65A ai 110A, dai 20 a 27Volt	pesi medi 50gr. hanno 72-96-108 mosfet in SO8. Case produttrici Kontronik-Schulze-Aveox
Batterie	E' ormai rimasto il punto più critico dove ci si fa la guerra. E' fondamentale essere sponsorizzati da una ditta che pusha e seleziona le celle migliori ricavate da grossi volumi.	ITA – Pout media 1650W max GER – Pout media 1900W
Radio	3 servi 9gr. cad. + 4 celle 50mAh + RX PCM senza scatola + interruttore	tot. 70gr. max
Ala	Se ne vedono di tutti i colori. Profili usati dal 6,5% al 8,5% camber da 1,2 a 1,8	+ o – senza servi non deve pesare più di 9 gr/dmq
Fusoliera	Costruite con pre impregnati in autoclave ad alta pressione ed alta temperatura. Negli ultimi ns. modelli (Russi) pesava ----> nei nuovi peserà ----->	75gr. extra robusta 45gr. sempre più che resistente
Quota	Negli ultimi ns. modelli (Russi) è a V	2,5 dmq. 16-18 gr. extra robusto
Modello in ordine di volo	L'ultimo Russo che dovremmo usare nei prossimi mondiali avrà la particolarità di essere estremamente leggero e molto piccolo.	22,53 dmq totali per un Peso max. 1690 gr. 57-60 m/s velocità media di salita stimata.

SVILUPPO DEL PRIMO SOFTWARE DI SIMULAZIONE GARA

Il software è stato sviluppato da Pino Surace.

Si è ritenuto necessario lo sviluppo di questo soft in quanto i parametri determinanti la performance del modello F5B sono molti e tutti interagiscono al performance totale.

La caratteristica principale che contraddistingue questo programma e che è basato sull'ipotesi di volare a velocità costante.

Per semplicità credo sia sufficiente elencare i dati di input e di output per comprendere che cosa si può valutare.

In questo primo software l'input delle polari dei profili usati veniva fatto con dei parametri caratterizzanti la polare ed il programma ne estrapolava la polare. Ovviamente questa approssimazione introduceva un errore nel calcolo delle resistenze dell'ala, approssimazione che è stata eliminata con lo sviluppo di una nuova parte del programma che prima di simulare il volo, calcola in un range significativo per la simulazione, il comportamento dell'ala a tutte le incidenze.

Il software è stato aggiornato anche per tutto quello che riguarda il calcolo delle resistenze generate dalla fusoliera nei vari assetti.

Per ora la versione attuale considera la salita a velocità costante, cosa non del tutto vera nella realtà.

Dati di INPUT:

- Polari effettive date per due numeri di Re significativi per la simulazione.
- Sezione della fusoliera sia frontale che in pianta.
- Incidenza ala fusoliera.
- Velocità media di salita o potenza utile media per la salita.
- Tempo operativo.
- Velocità massima modello nelle basi.
- Peso modello.
- Carico alare.
- Corda media.
- Coefficiente di forma della pianta dell'ala.
- Sezione equivalente resistenze passive.
- Lunghezza base.
- Altezza utile.
- Tempo utile.
- Raggio massimo di virata.
- Raggio minimo di virata.

Dati OUTPUT di planata alla velocità min. di discesa e alla max efficienza di volo:

- Efficienza.
- Velocità di volo.
- Velocità di discesa.
- Coefficiente di portanza.
- Coefficienti di resistenza profilo, indotta, parassita.

Dati OUTPUT durante le basi:

- Numero massimo di basi al variare del raggio di virata
- Diversi dati caratterizzanti il volo del modello nella prova di velocità sia in rettilineo che durante la virata.

Dall'analisi dei dati di output "crediamo" di essere stati in grado di valutare l'influenza dei seguenti parametri:

- Velocità di salita,
- Carico alare,
- Allungamento,
- Peso del modello,
- lunghezza del percorso,
- Influenza del profilo
- Influenza della fusoliera

In breve, quello che probabilmente siamo riusciti a capire dall'analisi dei dati di output è:

- La lunghezza della base modifica pesantemente il numero di basi.
- All'aumentare della velocità di salita aumenta sensibilmente il numero delle basi.
- Il profilo alare apparentemente non influenza in modo significativo la performance.
- L'allungamento aumenta il numero delle basi ma compromette la rigidità dell'ala.
- Le resistenze di fusoliera pesano molto e quindi penalizzano il numero di basi.
- Il raggio di virata non è molto influente ma tendenzialmente, quanto più è stretto tanto più sono le basi.

Un risultato in contraddizione con l'esperienza pratica si riscontra sul tempo speso nella salita. Dal programma si evince che fare quota paga comunque mentre in realtà verifichiamo che ogni modello (inteso come insieme di tutte le parti che lo compongono) ha una sua quota ottimale dalla quale fa il suo numero massimo di basi.

In conclusione, questi software ci hanno dato l'idea di quanto pesa cambiare i parametri del modello o quanto pesino uno rispetto all'altro, ma attualmente non siamo riusciti a ricavarne la migliore strategia da seguire per la gestione del lancio.

Uno dei prossimi passi sarà quello di migliorare la parte del software che dovrebbe tenere conto della salita sotto motore, che attualmente viene considerata a velocità costante.

INTRODUZIONE DEI MOTORI BRUSHLESS E DEI RIDUTTORI EPICICLOIDALI

Il gruppo motopropulsore deve avere a parità di potenza di ingresso, l'efficienza massima con il minor peso possibile.

La storia dei motori:

- Motori DC a spazzole da 700gr. tipo Keller100 e Keller200 impiegati fino al 1990
- Motori DC a spazzole da 550gr. tipo Plettember 355/37 evolution. In questi tipi di motori l'efficienza non era mai più dell'80% e c'era una discreta incostanza di rendimento dovuto alle spazzole. RPM out circa 13-15K, quindi eliche tendenzialmente piccole con rapporto passo diametro sicuramente non ottimizzato 13x11. Questo tipo di motori sono stati usati fino al 1993
- Piccoli motori DC a spazzole abbinati a riduttori epicicloidali tipo ROBBE planeta 525. Circa 450gr. ma con grossi problemi di commutazione sul collettore dovuti agli alti RPM ed alti Amper. Questo tipo di motore segnò l'introduzione dei riduttori epicicloidali abbinati a motori piccoli e quindi ad alti RPM/Volt. 1300 Winput e rotazioni di 35 KRPM. Il peso del sistema era inferiore del 20% rispetto alla soluzione diretta e permetteva di utilizzare delle eliche ottimizzate a giri più bassi, 9-10 KRPM, quindi eliche più grandi con rapporto passo diametro vicino a 1, quindi decisamente più efficienti rispetto alle precedenti. Questo tipo di motore non è entrato nel mercato ma è rimasto solo a livello prototipale. E' stato usato nel 1994.
- Apparizione dei primi motori brushless (Aveox) in diretta. Avevano un'efficienza decisamente più alta rispetto ai tradizionali motori a spazzole (90%) e pesano meno (circa400gr.) Sono stati usati dagli americani nel mondiale del 1994.
- Connubio del motore brushless con il riduttore epicicloidale. Con questo tipo di motore ci fu un vero salto generazionale. Peso del motore basso perchè progettato per avere un alto rapporto RPM/Volt. Nessun problema di commutazione perchè senza spazzole. Giri all'elica relativamente bassi per via del riduttore. Alta affidabilità e resa costante nel tempo. Sono motori praticamente indistruttibili. In una prima fase ci sono state delle difficoltà ad avere regolatori piccoli ed affidabili. Oggi i migliori regolatori funzionano senza l'ausilio dei segnali provenienti dai sensori di hall del motore e sono estremamente leggeri ed affidabili. In un peso che si aggira intorno ai 35-50gr. esistono riduttori epicicloidali con rapporti 3,71 – 4,5 – 5,1 – 6,75 , quindi c'è la possibilità di realizzare quello che si vuole e come conseguenza avere eliche che raggiungono efficienze anche del 90% teorico.

Di seguito troverete quanto ha fatto Angelo Silvagni con i riduttori.

IL RIDUTTORE

Il motore elettrico adatto alla propulsione di un modello F5B deve avere caratteristiche che, con l'evoluzione della formula, sono sempre più esasperate.

Peso ridotto, potenza massica elevata W/kg, coppia elevata in grado di far girare grosse eliche e, ovviamente, giri ridotti per non far raggiungere all'estremità delle pale velocità critiche, sono le caratteristiche indispensabili per un propulsore ideale.

Analizzando i motori commerciali, anche di elevatissime prestazioni, non è rintracciabile niente di adatto alle caratteristiche sopra citate.

In effetti, gli ultimi motori brushless utilizzati hanno una potenza massica che raggiunge e supera (per brevi periodi di funzionamento) i 10 kW/kg.

Questa elevatissima potenza si raggiunge con una velocità di rotazione molto alta, da 35.000 a 70.000 giri al minuto.

La coppia fornita da questi motori è tendenzialmente bassa, data la scelta costruttiva.

E' bene ricordare che la potenza fornita da un motore è data dal prodotto della sua velocità di rotazione per la coppia prodotta; perciò, a parità di potenza erogata, più i giri sono elevati,

più la coppia è bassa, e viceversa. Per avere grosse coppie a bassi giri, i motori devono essere più grandi e perciò più pesanti, all'opposto dei motori veloci a bassa coppia. Fatte queste considerazioni, risulta chiara l'impossibilità di trovare il motore adatto a far girare eliche "grandi" con rendimenti elevati.

Fino a qualche anno fa si usavano solo motori a spazzole in grado di far girare eliche non molto grandi con rendimenti accettabili, ma avevano pesi elevati e potenza massica intorno a 3 kW/kg.

E' stata quindi una scelta obbligatoria quella di adottare motori piccoli, velocissimi e potenti abbinati ad un riduttore.

Tale riduttore deve essere piccolo e leggero per non influire troppo sul peso totale del propulsore, deve avere ingombro ridotto per adattarsi a fusoliere con superficie frontale bassissima, grande affidabilità, facile manutenzione ed elevato rendimento.

L'unico riduttore in grado di garantire queste caratteristiche è il riduttore epicicloidale ad ingranaggi.



Evoluzione geometrica e tecnologica dei riduttori epicicloidali

Esso è costituito essenzialmente da una cassa fissata al motore dal lato anteriore.

Al suo interno vi è fissata, in modo stabile, una corona a dentatura interna concentrica all'asse di rotazione del motore e del riduttore. La sua parte anteriore, forata ed alesata, porta i cuscinetti o la bronzina dell'albero dell'elica.

L'albero è formato da una parte cilindrica che si adatta al mozzo porta elica e da un piattello concentrico all'albero stesso, che porta, piantati a 120°, tre perni sui quali vengono montati folli gli ingranaggi "satelliti".

Il moto che giunge dal motore viene trasmesso, tramite un ingranaggio "pignone", ai tre satelliti, i quali, ruotando, rotolano ingranando sulla corona, e trascinano nella rotazione il piattello e, quindi, l'albero.

La riduzione dei giri e l'aumento di coppia trasmessa all'elica è in proporzione diretta al rapporto di trasmissione I , che si calcola sommando i denti del pignone Z_p a quelli della corona Z_c e dividendo il risultato per Z_p

I rapporti di riduzione devono permettere di ottenere regimi di rotazione dell'elica tra gli 8.000 e i 10.000 giri al minuto e, pertanto, sono necessari valori di I da 3,7 a 7.

$$I = \frac{Z_p}{Z_p} + \frac{Z_c}{Z_p} = 1 + \frac{Z_c}{Z_p}$$

L'uscita dell'albero dell'elica è in asse con l'albero del motore, a tutto vantaggio dell'ingombro frontale, che rimane uguale o addirittura inferiore a quello del motore. Il senso di rotazione rimane invariato rispetto a quello del motore.



Vista dei particolari interni di un riduttore epicicloidale

La manutenzione si riduce a ingrassaggi periodici, che si possono effettuare semplicemente smontando la cassa anteriore del riduttore.

Il rendimento di questo tipo di riduttore si aggira intorno al 95% e l'affidabilità è elevata, visto che nessuno ha mai lamentato problemi derivanti da tale componente.

Il peso degli ultimi riduttori si aggira intorno ai 40/60 gr, a seconda delle tecniche costruttive.

BANCO PROVA MOTORI

Quando si introdusse l'impiego dei motori brushless con riduttore, fu chiara la necessità di avere un banco prova motori per misurarne le caratteristiche elettriche e meccaniche.

Per misurare i parametri necessari, serve un voltmetro ed un amperometro per la potenza di ingresso e un contagiri e un misuratore di coppia per la potenza di uscita.

Tutto apparentemente molto semplice ma.....

Per la misurazione della coppia abbiamo dovuto realizzare una meccanica di precisione per minimizzare gli attriti, abbiamo trovato grossi problemi nel misurare motori con piccole coppie ed alti giri, per esempio misurare il motore senza riduttore che gira a non meno di 40KRPM (alte vibrazioni sulla cella di carico) e coppie molto piccole (imprecisione nella lettura).

Per avere una cella di carico lineare e precisa è stata scelta una cella di carico con piccole variazioni di tensione di uscita in funzione del carico applicato, quindi abbiamo dovuto amplificare molto il segnale.

E' stato quindi necessario usare amplificatori molto sofisticati, lineari e precisi.

Per alimentare i motori si sono resi necessari dei potentissimi alimentatori della HP 1-40V 100A

Per la misura di tensione, corrente, giri e coppia tutti gli strumenti che sono stati impiegati sono di tipo digitale con funzione di memoria.

Come freno abbiamo impiegato un mulinello (elica regolabile)

E' in preparazione un secondo banco dove è stata migliorata la meccanica.

Come freno viene usata una dinamo e l'acquisizione dei dati misurati avviene tramite schede A/D collegate a PC.

Questo banco ci permetterà di misurare più velocemente il motore e poterlo caratterizzare meglio.

Il banco prova è stato di fondamentale importanza perchè ci ha permesso di:

Tarare l'anticipo dei motori e quindi essere sicuri al 100% della massima potenza di uscita.
Capire l'efficienza dei riduttori e quindi poterli migliorare fino a raggiungere efficienze del 96-97% (materiali, giochi, tipo di ingranaggi, grassi)

Misura e quindi comparazione motori

Comparazione regolatori

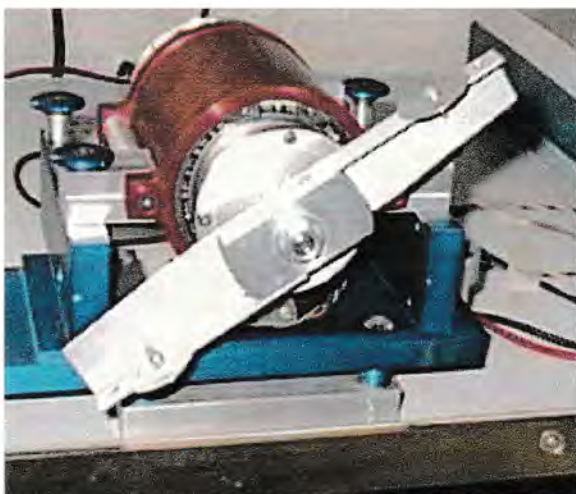
I banchi prova sono stati costruiti da Angelo e Mario Silvagni che gentilmente mi hanno dato anche il loro punto di vista sull'argomento.

La necessità di conoscere con precisione le caratteristiche dei motori elettrici ha reso indispensabile la costruzione e l'utilizzazione di banchi prova in grado di fornire i dati utili a tale scopo.

Attualmente i banchi disponibili sono di due tipi: uno utilizza come elemento frenante un'elica o un mulinello, l'altro un alternatore.



Vista complessiva del banco a mulinello



Particolare della culla oscillante e del mulinello

Il banco con mulinello, che sfrutta l'effetto frenante dell'aria sull'elica o sul mulinello, è costituito da una struttura sulla quale è montata una culla oscillante porta motore (diametro max 55 mm.), libera di ruotare con il minimo attrito. La culla è collegata, tramite un braccio di lunghezza nota, ad una cella di carico in grado di rilevare le forze generate dalla coppia di reazione del motore in rotazione. Un sensore all'infrarosso rileva i passaggi dell'elica o del mulinello che attraversano un fascio di luce puntato sullo stesso. Il segnale viene trattato ed inviato ad un frequenzimetro che conta tali passaggi, e quindi a meno di una costante, i giri. La tensione di alimentazione e l'intensità di corrente vengono misurati a monte del motore o del regolatore e, dopo aver trattato i segnali (molto sporchi, in particolare quello della corrente), questi vengono inviati agli strumenti.

Tutti i dati raccolti in quel determinato punto di funzionamento vengono poi elaborati per ricavare: la potenza entrante (W_i), la potenza uscente (W_u) ed, infine, il rendimento (W_u/W_i). E' possibile variare i parametri di funzionamento del motore agendo sulla tensione di alimentazione (da 0 a 40 V) e/o modificando l'elica o il mulinello.

Attualmente la memorizzazione dei dati raccolti avviene su strumenti gestiti da PC e l'elaborazione viene eseguita successivamente, inserendo i dati su di un foglio di calcolo o in manuale, perché non è ancora stato possibile far calcolare al computer i dati acquisiti da schede, a causa dei notevoli disturbi sui segnali che si generano durante le prove.

Le prove così effettuate garantiscono un margine di errore minore dell'1 %.
Per uniformare i dati raccolti, in condizioni di densità dell'aria diverse da quelle standard (1013,25 mBar e 15°C), è necessario eseguire dei calcoli per ritornare alle condizioni di aria tipo.



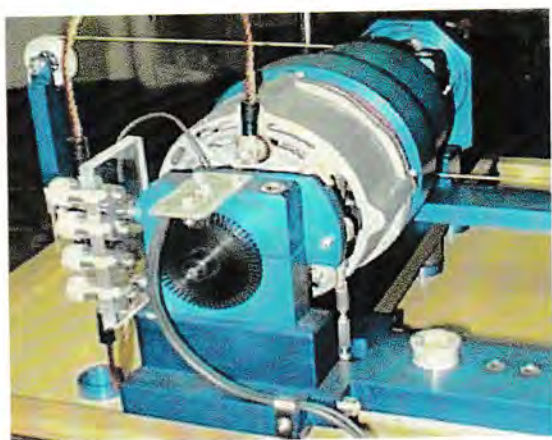
Vista d'insieme del banco ad alternatore

Il banco con alternatore utilizza, come elemento frenante, un alternatore automobilistico montato su supporti oscillanti a basso attrito, con l'avvolgimento di eccitazione collegato ad un alimentatore a corrente costante regolabile e con l'avvolgimento di potenza collegato ad un carico elettrico resistivo od elettronico variabile.

Il motore sottoposto a test viene montato su di un supporto rigido scorrevole e in grado di adattare i vari motori al banco. L'unione motore/alternatore è ottenuta mediante un giunto elastico, che assorbe in parte le vibrazioni del collegamento e l'eventuale disallineamento. Tra la presa di moto e l'alternatore è posta una ruota libera, che permette la trasmissione del moto solo dal motore all'alternatore.

Il rotore dell'alternatore, quando viene fatto girare, trascina l'avvolgimento di potenza, che, essendo calettato alla cassa esterna, tende a farla ruotare.

Un braccio di lunghezza nota, collegato da un lato alla cassa dell'alternatore e dall'altro ad una cella di carico, fa in modo che si possa rilevare la forza che agisce sulla cella stessa e quindi calcolare la coppia di reazione agente sull'alternatore. I giri del motore vengono misurati tramite un encoder formato da una ruota con intagli e un rilevatore a infrarossi Led-fotodiode



Particolare dell'encoder del banco ad alternatore

La tensione di alimentazione del motore viene fornita da alimentatori D.C. o da adatta batteria; i valori di tensione e corrente vengono misurati a monte del motore o del regolatore.

Questo tipo di freno ha, rispetto a quello prima descritto, il vantaggio di poter variare la frenatura del motore in modo continuo, modificando il carico e/o l'eccitazione, che agiscono sull'alternatore.

In questo modo diventa più agevole ricavare i vari punti di funzionamento del motore in prova. La rumorosità e la pericolosità dovuta all'elica o al mulinello in rotazione del primo banco, vengono nel secondo annullati. Il calcolo dei dati raccolti per ora non avviene ancora in automatico via PC, ma sono in corso prove per, non solo acquisire in automatico i dati, ma anche per gestire via software tutte le prove, controllando in automatico i parametri sottoposti al test. La precisione dei dati è simile a quella ottenibile con l'altro banco, ma con il vantaggio di non dover apportare correzioni ai risultati a causa della variazione della densità dell'aria.

Nella tabella sono riportati, a titolo di confronto, i principali valori dei parametri meccanici dei due banchi precedentemente illustrati.

Caratteristica	Mulinello	Alternatore
Giri al minuto	0 - 40.000	500 - 12.000
Coppia	5 Nm	2,5 Nm
Diametro max motore	55 mm	100 mm ca
Diametro max elica	0,45 m	--
Potenza misurabile	3KW	3KW

Comparazione caratteristiche meccaniche dei banchi

Esempi di risultati ottenuti

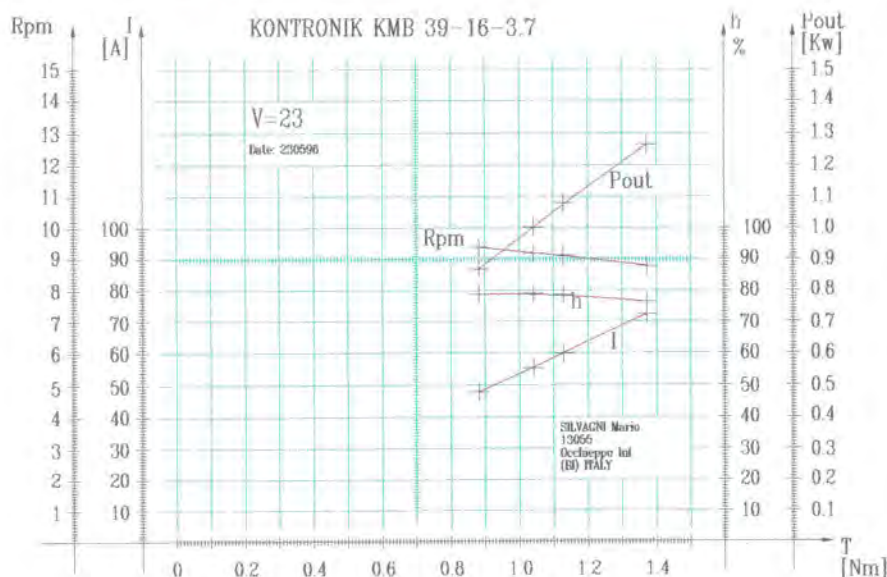


Diagramma caratteristico di un motore brushless

Tensione [V]	Corrente [A]	Coppia [Nm]	Rpm	Wi [W]	Wu [W]	η
23.02	47.86	0.8825	9391	1102	868	78.76%
22.98	55.35	1.0413	9197	1272	1003	78.87%
22.98	59.83	1.1298	9122	1375	1079	78.47%
22.93	72.30	1.3732	8792	1658	1264	76.25%

Prestazioni di un motore brushless

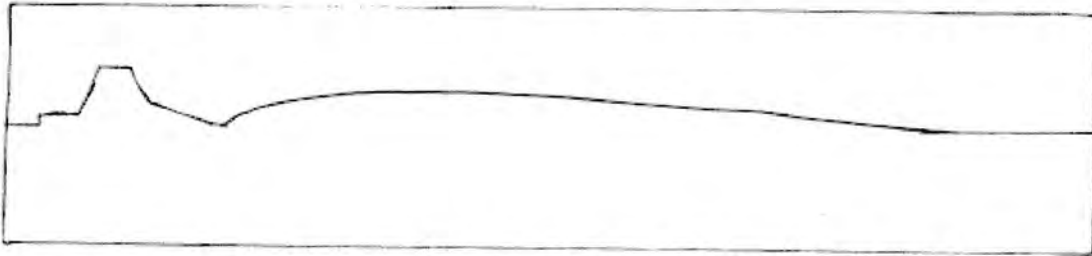
ALI – STRUTTURA E TECNICA COSTRUTTIVA

L'ala è sempre stata e sempre sarà una delle parti fondamentali del modello. Considerando il background che avevamo in merito (=0!), decisi fosse vincente la scelta di adottare una tecnologia che ci permettesse di cambiare rapidamente e a bassi costi sia il profilo alare che la geometria, avendo comunque la sicurezza di realizzare il profilo come da coordinate teoriche.

La scelta quindi cadde su ali costruite con il polistirolo estruso "BLU" da 27kg/m^3 tagliato con la macchina CNC costruita da Eduaro Surace & C.

Il taglio del polistirolo CNC con tecnica "NON A CONTATTO", abbinato alla tecnologia costruttiva dell'ala, ci ha garantito la precisione realizzativa dell'ala.

VEDI DISEGNI PER LA PROCEDURA COSTRUTTIVA

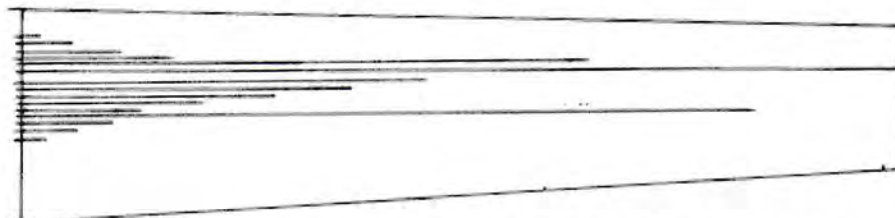
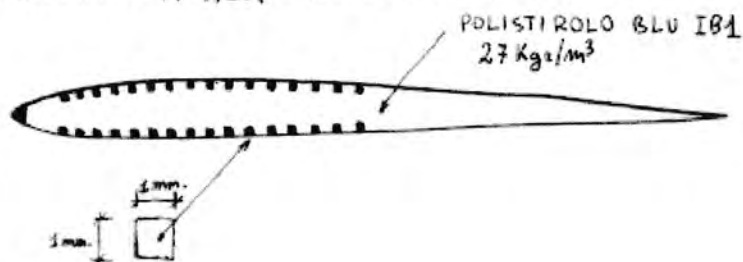


Primo taglio di polistirolo per la realizzazione dell'originale e dello stampo flessibile. La stessa procedura viene seguita per il ventre dell'ala.



Dopo aver stratificato uno strato di tessuto sul maschio e averlo liscio a specchio, si realizza lo stampo flessibile (linea verde). Per la loro realizzazione vengono impiegati uno strato di tessuto di vetro da 80gr/mq e due da 160 o uno da 400 gr/mq .

La stessa procedura viene seguita per il ventre dell'ala.



A questo punto si realizzano gli scassi per i longheroni sul dorso dell'ala. Gli scassi del ventre verranno effettuati quando si andrà a costruire il ventre.



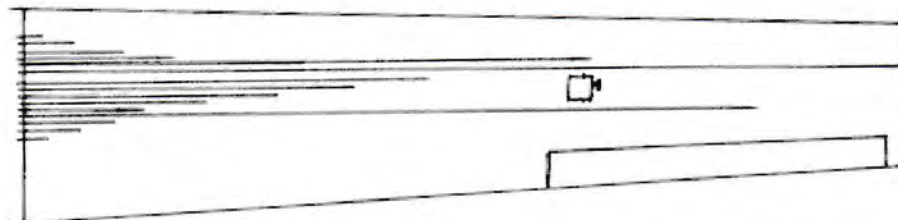
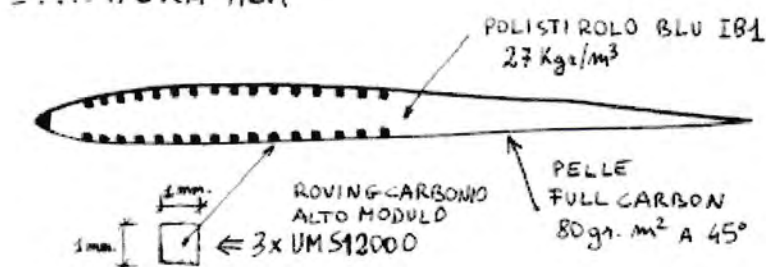
Questo è il primo step di polimerizzazione sottovuoto.

Si applicano i roving impregnati dentro gli scassi precedentemente realizzati, ti impregna il tessuto per il dorso e si fa polimerizzare in sottovuoto l'intera ala con il dorso rivolto verso il basso come nel disegno.

A polimerizzazione avvenuta si eseguono gli scassi sul ventre dell'ala, si impregnano ed applicano i roving, si impregna il tessuto per il ventre e si fa polimerizzare il tutto sottovuoto.



Le linee verdi marcate rappresentano lo stampo flessibile.



Questa sarà la struttura finale dell'ala.

Per la pelle di ricopertura normalmente viene impiegato del carbonio da 80gr/mq posizionato con le fibre a 45°. Per ridurre ulteriormente i pesi abbiamo usato del tessuto di carbonio da 58gr/mq. ottenendo sempre degli ottimi risultati dal punto di vista della rigidità.

Con questa procedura costruttiva ed usando gli stessi gusci di fibra, abbiamo potuto costruire ali leggermente diverse fra loro nel camber nello spessore e nella corda, mantenendo un'ottima precisione nella realizzazione.

Non è da dimenticare o sottovalutare che un'ala costruita tramite uno stampo non può essere modificata a meno di rifare lo stampo. Con la nostra tecnica costruttiva siamo riusciti a sperimentare molte varianti in breve tempo e a costi non paragonabili alle tecniche tradizionali.

Negli anni abbiamo sperimentato diverse soluzioni in termini di longherone e di ricopertura superficiale.

Sfortunatamente nei primi anni di attività non siamo mai riusciti a costruire ali competitive tanto quanto quelle della concorrenza.

Dopo diverse ipotesi siamo arrivati alla conclusione che quello che ci suggerivano i "big" durante le gare internazionali forse aveva un fondo di verità.

Fondamentalmente le nostre ali non erano sufficientemente rigide a flessione ed a torsione, intendiamoci, le nostre ali non si sono mai rotte in volo durante la virata o nel cancello, semplicemente flettevano troppo durante le virate.

Pare, e dico pare perchè nessuno fino ad oggi è stato in grado di spiegare il perchè, che un'ala che flette in virata non è veloce tanto quanto una che non flette.

Queste dicerie da campo di gara sono state clamorosamente confermate dall'esperienza fatta, infatti dal momento che abbiamo messo appunto una struttura alare che garantisse la massima rigidità a flessione e torsione, abbiamo incrementato del 20% il numero delle basi. Abbiamo anche notato che a parità di rigidità, cambiare il profilo non porta variazioni di risultato significative e questo viene confermato anche dalle simulazioni fatte con i diversi programmi.

In conclusione, per costruire un'ala abbastanza competitiva e sufficiente utilizzare un profilo di "ultima generazione" ma è indispensabile costruire una struttura estremamente rigida e curata nei minimi particolari.

Le ultime ali che abbiamo costruito sono state studiate con l'obiettivo di ottenere la massima rigidità.

La decisione fu quella di studiare un profilo relativamente spesso 9%, da usare all'attacco e di assottigliarlo progressivamente fino all'8% nell'estremità.

Nel capitolo XFOIL vi spiegheremo quali sono stati i criteri per lo sviluppo di questa famiglia di profili.

La struttura:

Merita due parole la scelta strutturale innovativa adottata per la costruzione.

Le ali "super-rigide" collaudate, NON HANNO longherone, quanto meno nel senso tradizionale del termine. Questo significa che l'anima in polistirolo blu non ha nessuna interruzione, pertanto il lavoro resistente alle deformazioni si ottiene tramite la pelle in carbonio, rinforzata da un numero variabile lungo l'apertura di longheroncini distribuiti sull'estradosso e sul intradosso del profilo, non vincolati verticalmente fra di loro per niente altro che non sia l'anima in polistirolo. Questo tipo di struttura è stato battezzato MSS, cioè "Multi Surface Spar". La pelle in carbonio con le fibre a 45° regge lo sforzo torsionale, e accompagna gli sforzi di flessione insieme ai longheroncini. Gli sforzi di taglio e di compressione sono retti dall'anima in polistirolo, configurando una struttura "FULL SANDWICH", che ha consentito un ottimo rapporto peso-resistenza.

In conclusione, elenco i pro e i contro della tecnologia adottata e i risultati ottenuti.

PRO.

- A meno dei primi millimetri di bordo d'entrata, perfetta realizzazione di tutto il profilo.
- Possibilità di costruire strutture estremamente resistenti e rigide.
- Bassi costi.
- Pesi estremamente competitivi, forse i migliori valutando il rapporto peso/rigidità.
- Facilità di realizzazione.
- Processo produttivo stabile e ripetibile (a meno del bordo d'entrata).
- Possibilità di sperimentare varianti sul profilo con semplicità e a costo zero.

CONTRO.

- Non è possibile realizzare ali con rastremazioni sciabolate.
- L'estremità alare deve essere sempre applicata alla fine come parte separata all'ala.
- E' molto difficile realizzare bordi di entrata perfetti e comunque vanno ripresi a realizzazione completata tramite tampone e dima.

I tagli di polistirolo e di tutte le controsagome sono state fatte da Eduardo Surace.

La tecnica costruttiva e la realizzazione delle ali sono state portate avanti da Eduardo Surace e dal sottoscritto.

SVILUPPO DEI PROFILI PER F5B TRAMITE XFOIL

Obiettivo iniziale:

Migliorare le prestazioni dei modelli F5B, particolarmente nella prova di distanza-velocità.

Fronti di ricerca:

- 1) Ricerca della massima velocità migliorando il profilo
- 2) realizzazione di una simulazione del task per valutare i risultati ottenuti sui profili, e studiare percorsi alternativi.
- 3) verifica dei risultati teorici realizzando e collaudando ali con i profili oggetto della ricerca.

Prendendo come punto di partenza le polari Xfoil di profili già collaudati, ho cercato di generare profili migliori, o quanto meno migliori in alcune zone delle polari

Lo scopo fu quello di abbattere l'attrito di profilo intorno a $Cl=0$ a Re nel range da 400.000 a 600.000, senza perdere di vista le caratteristiche di portanza massima e attrito a numero di re 100.000 con Cl intorno a 0.6.

Vi furono certe limitazioni strutturali, basate sulle esperienze di modelli esistenti ma non valutate chiaramente dal punto di vista teorico. Per questo lo spessore relativo dei profili cercati fu non inferiore all' 8%.

La strada di questa ricerca fu lunga, in termini di ore di lavoro al PC (si parla di parecchie centinaia), ma servì a sviluppare certi componenti software per velocizzare lo studio dei profili. Inizialmente fu interessante la sperimentazione sul comportamento di Xfoil nell'analisi dei profili. Abbiamo riscontrato per esempio, un'estrema sensibilità nel tracciato delle coordinate, specie sul bordo d'entrata.

Confrontando alcuni risultati sui profili collaudati anche in galleria del vento, abbiamo verificato che le polari calcolate non si discostavano molto dalle polari misurate in galleria. Abbiamo potuto constatare anche che profili con polari diverse in galleria ed in teoria, presentavano su XFOIL un risultato paragonabile a quello della galleria o per lo meno presentavano le stesse tendenze. Per questo motivo abbiamo concluso che indipendentemente dai valori assoluti teorici, potevamo stabilire delle comparazioni fra profili, scegliendo quelli che si avvicinassero di più agli obiettivi prefissati.

Strada facendo abbiamo verificato certe "vox populi" sulle modifiche ai profili e il loro riflesso sulle polari:

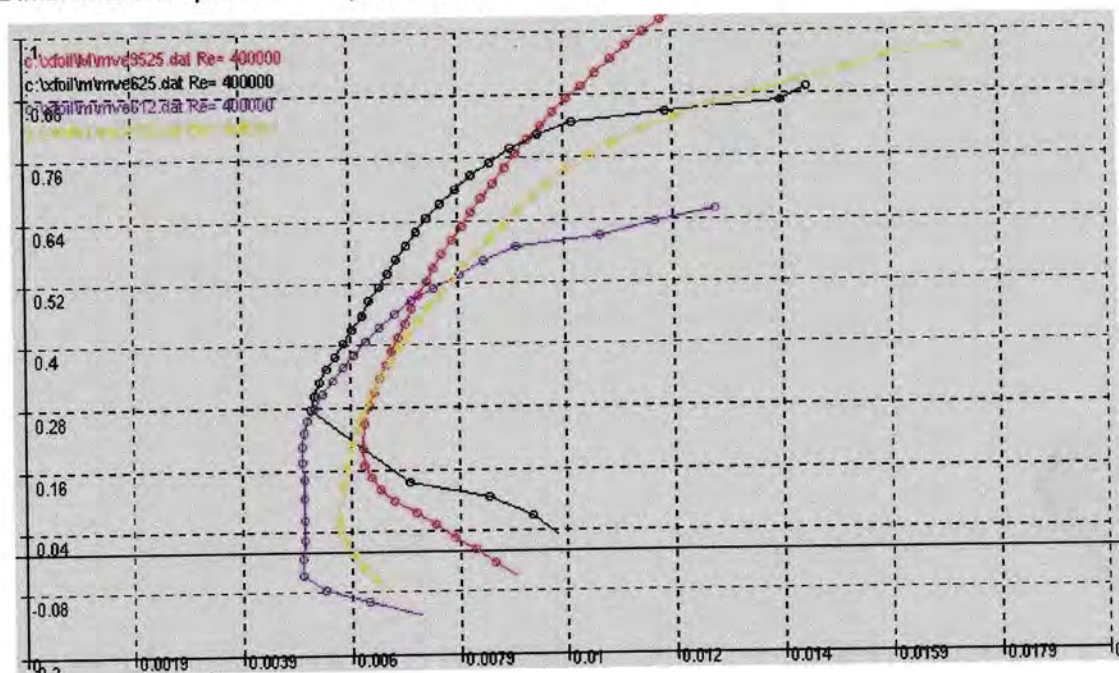
Incremento del camber => spostamento "in alto" della polare. (miglioramento ad alti Cl)

Decremento del camber => spostamento "in basso" della polare. (miglioramento a Cl Bassi)

Incremento di spessore => spostamento "a destra" della polare. (aumento dell'attrito)

Aumento di camber => aumento di C_m (aumento del valore del momento "a picchiare")

Diminuzione di spessore => spostamento "a sinistra" della polare



Per capire meglio: il nome dei profili e delle loro polari è più o meno codificato in questo modo:

MVE : nome della famiglia di profili

9525: 9.5% spessore relativo, 2.5% camber relativo

Quindi:

MVE625: famiglia MVE, spessore 6%, camber 2.5%

MVE612: famiglia MVE, spessore 6% camber 1.2%

MVE912: famiglia MVE, spessore 9%, camber 1.2%

Il numero addizionale nei nomi dei file delle polari è quasi sempre il numero di Re diviso 100000, quindi il grafico sopra rappresenta le polari di una famiglia di profili a $Re=400000$. In alcuni profili sono state calcolate anche dei flap a diversi angoli, che hanno aggiunto una "f" seguita dall'angolo di flap in gradi sia sul nome del profilo che sul nome delle polari.

Per la creazione di ogni famiglia ho utilizzato molti criteri diversi, che elenco:

- 1) Modifiche in camber e spessore di profili esistenti (esempio: famiglie RG, HD, HQ, SD, ecc.)
- 2) Miscelazioni di estradosso di un profilo con intradosso di un altro*
- 3) Miscelazioni di "body" (profilo simmetrico) di un profilo con tracciato "camber" di un altro*
- 4) Variazioni del raggio del naso del profilo
- 5) Modifiche sulla distribuzione delle velocità lungo la corda (routine MDES di xfoil)
- 6) Smorzamento di "picchi" sulla distribuzione di velocità (mdes)
- 7) Spostamento di punto di spessore massimo lungo la corda*
- 8) Spostamento di punto di camber massimo lungo la corda*
- 9) Profili ottenuti come interpolazione lineare (transizione) fra altri due*
- 10) Profili con tracciati camber creati manualmente*
- 11) Profili modificati con criteri NACA

Con questi criteri ho creato molte famiglie di profili e calcolato con Xfoil le corrispondenti polari.

Purtroppo i passi seguiti nelle diverse trasformazioni delle famiglie non è stato documentato. Mi sono fatto guidare dal "fiuto" e dalla esperienza acquisita confrontando i risultati.

Per velocizzare il confronto fra tracciati di profili e le loro polari, ho sviluppato un soft ad hoc chiamato Polar Browser 4 (PB4). E' un ottimo complemento di Xfoil, perché oltre il confronto diretto fra profili e polari, consente di creare task automatici per Xfoil, visualizzare sovrapposizioni di profili e polari, e include alcune routine sviluppate per "smanettare" i profili a volontà (come quelle segnate con gli asterischi). Il suo utilizzo è molto didattico, anche se ha ancora alcuni "bugs".

Accumulando i risultati, si è ottenuto un insieme d'informazioni non indifferente, da dove sono estratti i risultati pubblicati nel nostro sito:

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/5187/airfoil.htm>

Le polari calcolate sono per la maggior parte dei casi a Re di 100000, 200000, 300000, 400000, 600000 ed alcune anche a 800000 o più. Alcune poche polari sono a $Re < 100000$, con lo scopo di studiare profili per HLG e volo libero.

Sperimentazione dei profili ottenuti:

Alcuni di questi profili sono stati collaudati seguendo diversi criteri costruttivi e di valutazione. Questo è il punto più dolente di tutta la ricerca, già che cercando di ripetere lo stesso profilo in più ali diverse, abbiamo osservato importanti differenze sul comportamento.

Per cercare d'imparare dai nostri errori, abbiamo campionato i profili su ali teoricamente uguali (fatte dalla stessa persona con lo stesso metodo costruttivo), ma con performance osservata diversa.

I punti salienti del confronto in volo furono:

- a) Circa due basi di differenza (7%).
- b) Planata equivalente

I punti salienti del confronto delle campionature:

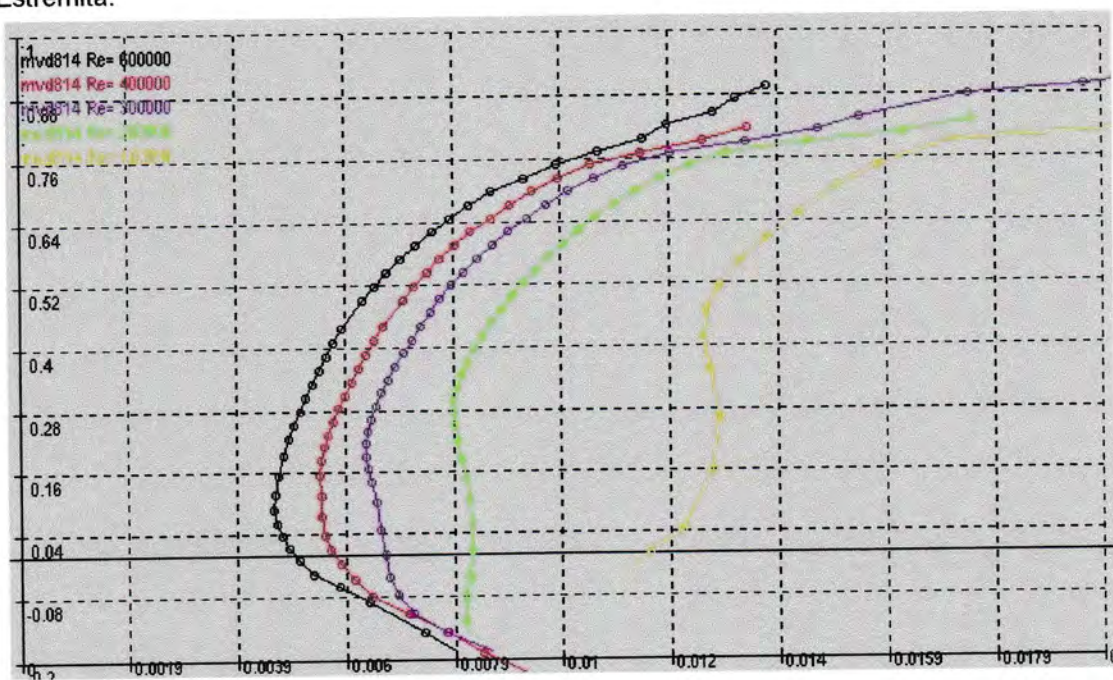
Piccole differenze sul tracciato del bordo d'entrata

Piccolo "dente" sul bordo d'entrata (associato ad una chiusura non perfetta dei semi gusci flessibili). L'entità del dente misurata fu di circa 0.3 mm, praticamente invisibile

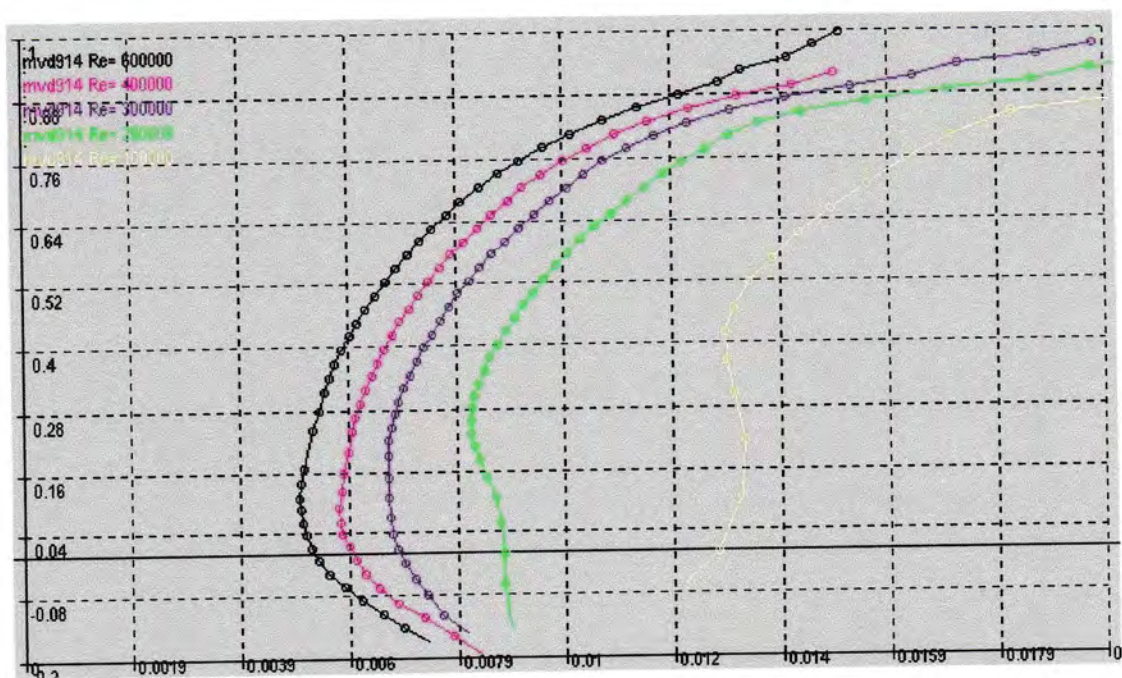
Per "collaudare" Xfoil abbiamo ricreato le polari partendo dai profili campionati, e i risultati sono stati completamente diversi a quelli originali (spostamenti "a destra" notevoli).

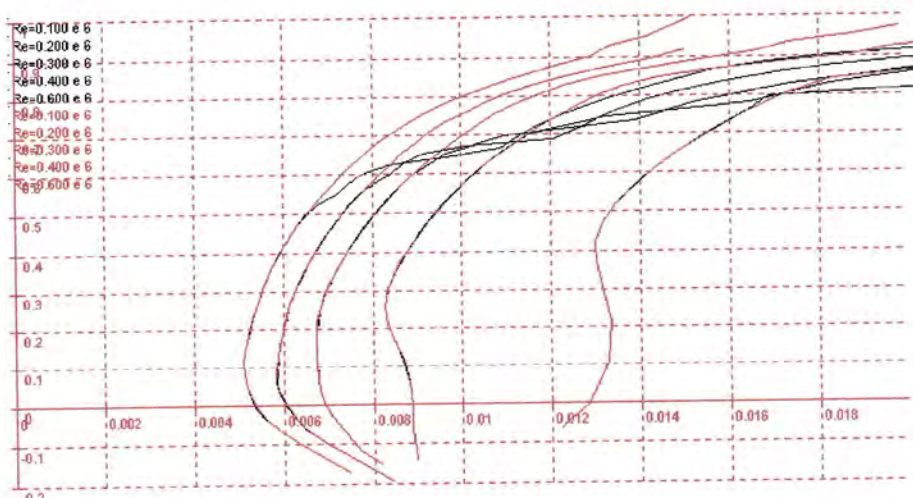
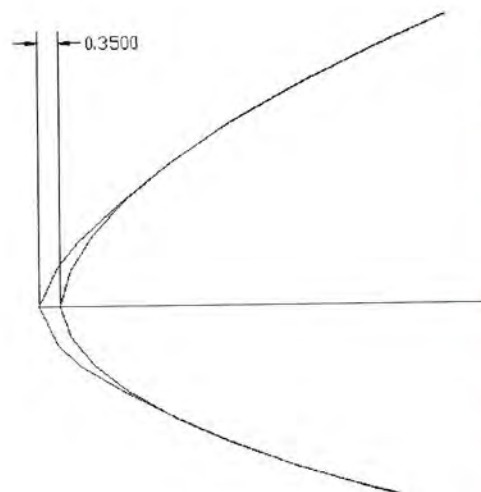
Confrontando le polari Xfoil fra le campionature dell'ala "buona" e quella "cattiva" esistevano differenze che introdotte nel simulatore giustificavano le osservazioni fatte in pratica.

Polari dei profili utilizzati:
Estremità:

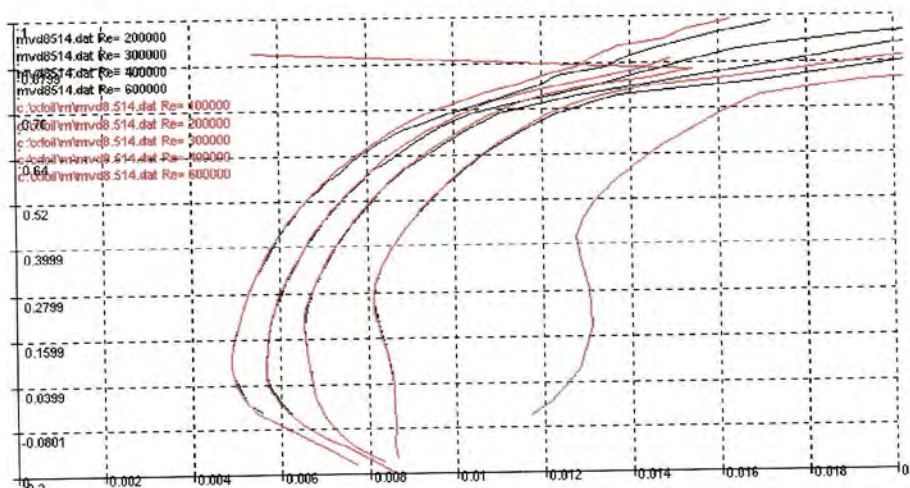
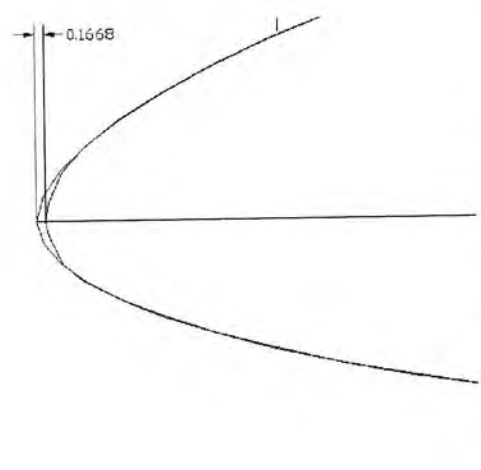


Attacco:





**Polare tracciata con xfoil sul profilo campionato da un'ala lenta.
Errore rilevato circa 0,35mm. mancanti sul naso.**



**Polare tracciata con xfoil per verificare il massimo errore accettabile sul naso per non
avere differenze significative sulla polare.**

Conclusioni sull'esperienza.

Anche se può non essere condivisa dal resto del team, considero che i risultati Xfoil siano attendibili. Vi sono, purtroppo, fattori costruttivi che possono falsare i risultati teorici. Il problema radica nel fatto che questi fattori costruttivi sfuggono facilmente ai controlli "modellistici", e hanno un effetto negativo notevole sui risultati finali.

L'esempio delle imperfezioni sul bordo d'entrata sopra descritto credo sia solo la punta del iceberg. Risolti quei problemi si dovrebbe iniziare a parlare della finitura superficiale (non valutata da Xfoil).

Abbiamo fatto delle esperienze sul campo che considero molto importanti.

Racconterò la più notevole di tutte: Una delle 4 ali gemelle costruite per i mondiali'98 aveva una resa notevolmente più bassa delle altre (più lenta). Confrontandola con la migliore si vedeva che il bordo d'entrata era più appuntito (raggio minore). Abbiamo modificato "sul campo" con carta vetrata e tampone il bordo d'entrata in due fasi. La prima fase "arrotondando" il bordo d'entrata sull'estradosso, con leggero miglioramento di velocità. La seconda fase arrotondando la parte inferiore, con notevole miglioramento di velocità.

A casa, valutai con Xfoil su quel profilo gli effetti dei bordi d'entrata "appuntiti" e "arrotondati".

Gli effetti negativi segnalati da Xfoil risultarono coerenti con quanto osservato sul campo.

Il profilo "arrotondato" troppo si comportava meglio del profilo "appuntito", ma entrambi peggio di quello originale.

Curiosamente l'effetto negativo più forte non era ai bassi CI, ma bensì agli alti CI (virate).

Riassumendo: la ricerca teorica dell'ottimizzazione dei profili utilizzando Xfoil é valida, ma deve essere accompagnata da tecniche costruttive in grado di garantire altissima precisione.

Eduardo Molfino

SECONDO SOFTWARE DI SIMULAZIONE GARA

Desidero riassumere la storia che mi ha portato allo sviluppo del secondo software per la simulazione della prova di distanza.

Partiamo dal punto fermo che avevamo sviluppato e costruito ali al meglio che potevamo. Chiarisco che il grado qualità ottenuto ha diversi livelli a seconda di cosa si sta considerando. Dal punto di vista strutturale, i risultati sono stati ottimi, avendo avuto le ali più rigide in assoluto di tutto il mondiale.

Dal punto di vista aerodinamico, abbiamo raggiunto un notevole grado di precisione nella costruzione del profilo alare in termini di curve e continuità, ma non è stato raggiunto lo scopo di avere una finitura speculare nelle superfici a contatto con l'aria ed un bordo d'entrata perfetto.

Devo chiarire che non ci eravamo mai messi troppo chiaramente questo obiettivo, ma in qualche modo diventa evidente che era necessario anche questo.

Credevamo di aver capito, dicevo credevamo, quali fossero le caratteristiche necessarie per avere un buon profilo da F5B.

In qualche modo abbiamo cercato di approfondire la strada intrapresa dai tedeschi, che era quella di ridurre al massimo possibile il drag nelle vicinanze di $Cl=0$ per $Re=400000$, mantenendoci vincolati a certi spessori relativi dei profili per non perdere di vista lo scopo di "RIGIDITA TOTALE" dell'ala.

Gli americani avevano fatto a loro modo qualcosa di simile, e cioè usare un profilo di spessore non troppo sottile.

Qui devo segnalare una differenza notevole, anche se i profili si assomigliavano abbastanza, gli americani avevano un camber di 1.8, noi e i tedeschi di 1.4

In parole povere questo significa che le polari erano comunque diverse fra di loro. Mentre i nostri profili davano più importanza ad avere un drag basso intorno a $Cl=0$, e con il drag minimo quasi coincidente su $Cl=0$, i loro profili avevano probabilmente, un drag teorico a $Cl=0$ maggiore del nostro, ma un drag minimo spostato verso $Cl=0.1$ a 0.3 equivalente al nostro drag minimo.

Cercando di capire meglio queste scelte "diverse", nacque la necessità di fare una simulazione per valutare gli effetti della scelta del profilo.

Questa simulazione era già stata sviluppata dal Ing. Surace, ed avevano condotto a certi risultati, abbastanza attendibili da certi punti di vista. Il punto di questa analisi, era che stabiliti i parametri geometrici del modello, le sue masse, polari di profilo, ecc, la simulazione cercava i percorsi ottimali da realizzare a **velocità costante** per avere il massimo possibile delle basi. E venuto fuori dalla simulazione che l'aumentare della quota disponibile faceva aumentare il numero di basi. Questo francamente non si riscontra in pratica e ovviamente nessuno sa il perchè reale!!!

Decisi quindi di affrontare il problema della simulazione in un altro modo.

La seconda simulazione sviluppata, aveva come punto di partenza una analisi di percorsi stabiliti dall'utente, calcolando la velocità in diversi punti del percorso, in base alle energie in entrata al sistema (potenza effettiva impiegata) e alle energie dissipate calcolate con i soliti parametri del modello (polari dei profili, geometria, ecc.)

Per semplificare lo sviluppo, la simulazione fu sviluppata in Excel, nei giorni successivi al ritorno dal mondiale, con i "percorsi" osservati ben freschi in testa, così come le differenze fra i modelli.

Il risultato fu abbastanza sbalorditivo per me, perché usando diversi parametri ben conosciuti dal punto di vista teorico, e che chiaramente si potevano distinguere nelle caratteristiche dei modelli, la simulazione si aggiustava perfettamente a quanto osservato in gara.

Devo chiarire a questo punto, che alcuni parametri nella simulazione sono controversi perché non abbiamo un'analisi in galleria del vento per i modelli interi, o per le fusoliere. A punto questo parametro (il drag della fusoliera) è stato utilizzato come variabile di aggiustamento per capire la sua influenza. Concretamente si può interpretare questo parametro in diversi modi, ma le mie conclusioni basate sull'esperienza di vedere volare i modelli con un base teorica non indifferente furono molto chiare, e verificate tramite la simulazione con i dati che possediamo.

Mi sento di poter concludere quanto segue:

- 1) Sono tanto importanti la finitura generale del modello, i raccordi fra le superfici, la distribuzione dell'area frontale della fusoliera e la sua entità, quanto la scelta di un buon profilo alare.
- 2) Le caratteristiche del profilo non hanno influenza molto pesante sul numero di basi (quanto possono perdere in rettilineo lo possono riguadagnare in curva e viceversa), a patto che siano degli ottimi profili d'ultima generazione.

Vi	Vf	t=	r=	h=	laps	time	weight	wing load	Cdo	ar	margin	airf	thickness	camber
43,9	59,0	4,39	18,88	143	38	179,14	1,85	75	0,005	10	3	p2HD54_	7	1,4
44,2	59,0	4,40	19,80	143	38	179,34	1,85	75	0,005	10	3	p5hd45	7,5	1,4
43,5	58,8	4,40	18,90	143	37	176,43	1,85	75	0,005	10	3	p3MVD8514	8,5	1,4
42,4	58,2	4,23	18,68	135	37	176,53	1,85	75	0,005	10	3	p5Esu2	8,76	1,7
43,3	58,8	4,41	18,90	143	37	176,87	1,85	75	0,005	10	3	p1MVE8513	8,5	1,3
42,3	58,4	4,29	19,19	137	37	177,70	1,85	75	0,005	10	3	p4MH30	7,73	1,8
42,9	58,3	4,44	19,59	142	37	178,63	1,85	75	0,005	10	3	p7hq-915	9	1,5
41,1	57,8	4,20	18,90	132	37	179,97	1,85	75	0,005	10	3	p6sergey	7,5	1,8

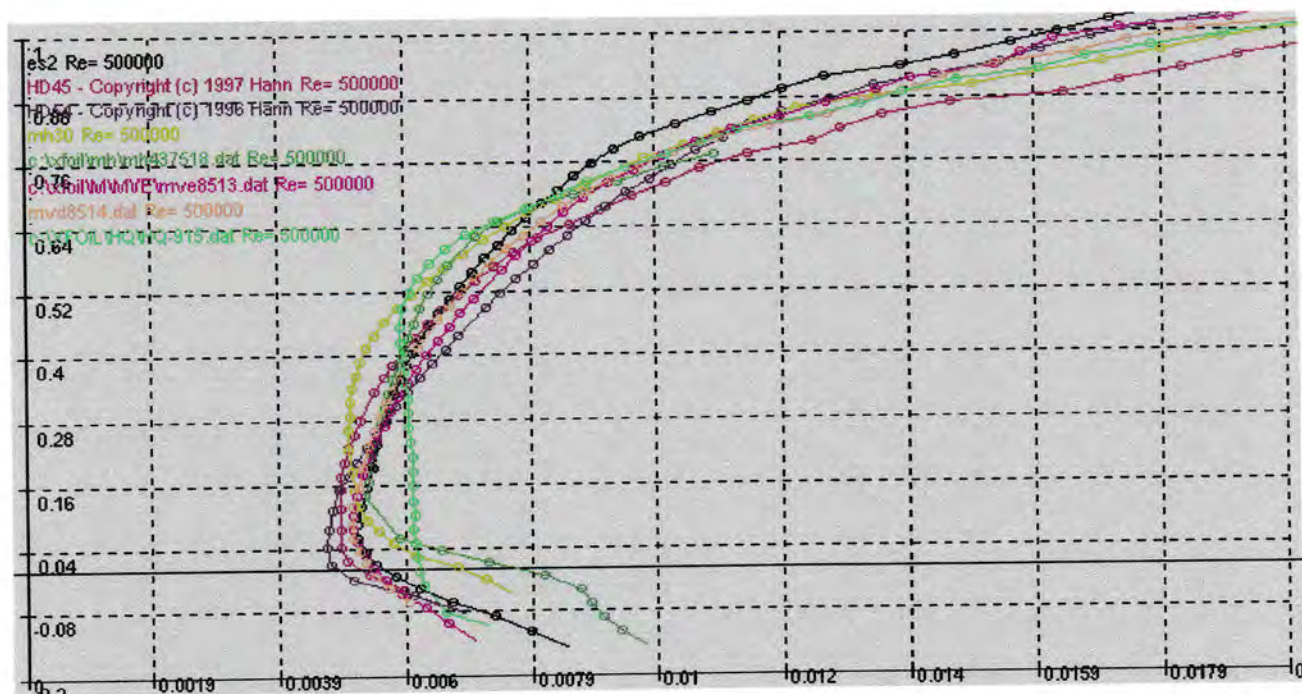
Dati elica

Velocità Trazione

68,6 13,212

37 31,54

53 22,26



- 3) Esiste un percorso ottimale per ogni modello, associato alle sue caratteristiche di drag e alla potenza impiegata.
- 4) E fondamentale che lo stile di pilotaggio sia in accordo alle caratteristiche del modello, e che i percorsi ottimali siano rispettati più di una religione.

Come conclusione ho sentito che l'enorme ricerca fatta con Xfoil non era stata giustificata dal punto di vista di garantirci risultati tramite il miglioramento dei profili alari.

Ho capito, invece, quanto possa significare una fusoliera nella vita di un F5B, e come sapete, stiamo cercando di toglierci la fusoliera dai piedi...ma questo fa parte dei sogni nel cassetto....

E' doveroso comunque evidenziare che nel mio primo simulatore vi sono 3 punti dove i calcoli sono approssimativi:

- 1) Non viene calcolato l'incremento del drag della fusoliera durante la virata.
- 2) Si considera che l'ala sia ellittica senza correzione di pianta (è comunque un errore quotato).
- 3) Si considera che i tratti percorsi fra i punti di controllo si fanno a velocità costante, uguale alla media fra la velocità di entrata e velocità di uscita, senza tenere conto delle accelerazioni. Anche questo è un errore molto quotato, dato che l'entità di variazioni di velocità osservate in pratica non fa pensare a grossi errori nel calcolo.

Miglioramenti del soft, introdotti ultimamente.

Nelle ultime settimane ho ripreso il simulatore per aggiungere una simulazione accurata del percorso di salita.

L'idea fu quella di capire se esistesse oltre ad una quota ottimale anche un percorso di salita ottimale.

Nel frattempo ho raffinato i calcoli del drag di profilo tenendo conto in modo preciso della variazione del drag con il Numero di Re, le variazioni di trazione e potenza con la velocità, del drag variabile del modello lungo il percorso di salita.

Quindi sono state aggiunte diverse caratteristiche:

- 1) Possibilità d'inserimento manuale dei dati teorici di trazione dell'elica in diverse situazioni di velocità e potenza
- 2) Possibilità di creazione di un percorso di salita
- 3) Simulazione separata della salita iniziale con partenza da fermo
- 4) Procedura automatica di ottimizzazione del raggio di virata
- 5) Procedura automatica di ottimizzazione della quota seguendo il percorso stabilito

Abbiamo studiato anche la possibilità di fare smottorate "piatte".

I risultati sembrano molto attendibili, e ci aiutano molto per affinare la progettazione di un'elica ottimale per il compito.

Per riassumere gli ultimi risultati:

- 1) Per ogni modello esiste un range di quote ottimali
 - a) La quota ottimale varia a seconda del percorso di salita scelto
 - b) Esiste un percorso ottimale di salita
- 2) Per ogni quota è associato un range di raggi di virata ottimali
 - a) Il raggio ottimale di virata dipende dal profilo scelto e dall'allungamento alare
- 3) L'insieme motore - batteria - elica - modello deve essere accuratamente sintonizzato per il percorso

Alla luce di questi risultati ritorniamo su qualcosa di molto intuitivo: ottimizzato l'insieme dei componenti, il pilotaggio preciso è un fattore decisivo per i risultati.

Il livello raggiunto nella categoria non consente che una "trovata" dal punto di vista progettuale possa mascherare "mancanze" nel pilotaggio, e viceversa, cioè un modello "mancato" dal punto di vista progettuale non consente ad un pilota "dotato" di fare miracoli...

Eduardo Molfino

ELICHE – Introduzione di XROTOR - Dal progetto alla realizzazione del modello in tecnica stereolitografica e alla realizzazione dello stampo

Per non ripetere quanto spiegato da Molfino nel capitolo del secondo software di simulazione, di seguito elenco semplicemente la storia dello sviluppo delle eliche e i passi progettuali che portano alla realizzazione finale dell'elica.

Innanzitutto bisogna dire che era ormai diventata chiara la necessità di poter progettare l'elica in modo molto preciso, poterne simulare il comportamento al di fuori del suo punto di disegno e di avere la sicurezza assoluta della sua realizzazione come da progetto.

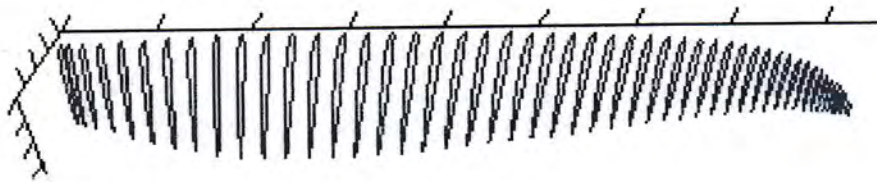
Lo scopo di questo lavoro è sviluppare un metodo analitico-pratico per la progettazione e la costruzione delle eliche degli aeromodelli in modo tale che siano ottimizzate; ovviamente definendo l'obiettivo che ci si vuole prefiggere (in poche parole l'aeromodello che deve utilizzare l'elica) si può utilizzare la procedura per progettare e costruire un'ampia gamma di eliche (sono state già sviluppate eliche sia per la categoria F5B che per i Pylon). Avendo definito il risultato che si voleva ottenere, dopo una lunga ricerca sono venuto in possesso di un software "fratello" di Xfoil, XROTOR, che desse la possibilità di progettare eliche specificandone per esempio i profili lungo la pala. Un'altra caratteristica utile è la simulazione del funzionamento in un punto diverso da quello di disegno, quindi il poter simulare l'elica in sovraccarico o a velocità più elevata rispetto al punto di disegno.

Il software Xrotor fornisce una sequenza di profili identificati da un nome, e per ciascuno di essi, il raggio al quale si trovano l'angolo di rotazione (ovvero il passo della sezione della pala) e la corda del profilo (ovvero la larghezza della pala in tale sezione); si è poi preferito aggiungere un ulteriore parametro (gestibile in maniera semi-empirica) che indicasse l'andamento nello spazio del bordo d'attacco della pala, in modo da migliorare l'adattamento della pala alla fusoliera.

Avendo a disposizione le tabelle normalizzate dei profili da utilizzare (nella forma in cui si è soliti vederli sui comuni libri di aeromodellismo) si deve procedere alla costruzione del modello vero e proprio.

Questa operazione consiste principalmente in tre fasi.

Nella prima fase occorre passare dalla conoscenza dei dati geometrici (il risultato di Xrotor) ad un insieme di dati formattati in modo da poterli inserire in un programma CAD. Per far questo si è sviluppato un software in ambiente Matlab che, conoscendo i parametri di ogni singola sezione, opera una serie di calcoli (traslazioni, rotazioni e scalatura del profilo) fornendo in uscita una serie di file che rappresentano le sezioni della pala in un sistema di riferimento globale. Avendo ora a disposizione una rappresentazione tridimensionale della pala occorre produrre il disegno vero e proprio della pala stessa.



Rappresentazione dei risultati del programma in ambiente Matlab.

La figura rappresenta il risultato del programma di calcolo, come si vede non è altro che un insieme di sezioni già posizionate e ruotate nel modo in cui ha suggerito Xrotot.

Il passo successivo (seconda fase) è quello di generare un modello solido.

Per far questo si è utilizzato un CAD-3D denominato SolidWorks.

Importando nel disegno CAD le sequenze di punti che erano stati elaborati con il software in ambiente Matlab, è possibile generare una superficie che unisca tutti i punti in modo da creare un vero e proprio corpo solido rispecchiante le caratteristiche geometriche della pala che si vuole costruire.

Questo software permette la visualizzazione istantanea tridimensionale del lavoro compiuto in diverse modalità; è così possibile vedere effettivamente come sarà la pala definitiva.



Rappresentazione in Render della pala disegnata.

Lo scopo della costruzione del modello CAD con SolidWork non è solo la presentazione, per quanto suggestiva, della pala come in figura ma bensì quella di permettere la creazione di un file in formato steleolitografico.

Questa particolare caratteristica permette di procedere con la terza fase, ovvero quella della produzione del modello vero e proprio della pala.

Il formato steleolitografico è comunemente utilizzato dalle macchine di prototipazione rapida, ovvero da una tipologia di macchinari, tecnologicamente all'avanguardia, che permettono la creazione di prototipi in breve tempo e con prezzi contenuti.

Ritengo opportuno aprire una digressione su questa tecnologia, comparata con quella più conosciuta delle macchine utensili a controllo numerico.

Le macchine utensili a controllo numerico lavorano per asportazione di truciolo e, sebbene utilizzabili, presentano un "piccolo" inconveniente. Per operare mediante asportazione di truciolo si esercita necessariamente una forza sul pezzo, ed essendo la nostra pala alquanto sottile sarebbe stato assai difficile "crearla" con questa metodologia. Inoltre, la geometria complessa avrebbe richiesto tempi di lavorazione molto elevati e quindi costi esorbitanti (questo è fondamentalmente il vero motivo per cui si è scartata questa soluzione).

La prototipazione rapida si basa su un concetto completamente differente. Invece di lavorare il pezzo togliendo materiale "crea" il pezzo da una massa informe. Semplificando il processo si pensi ad una resina liquida contenuta in una vasca. In questa vasca viene focalizzato (in un punto ben preciso) un raggio laser il quale fa polimerizzare la resina (solo in quel punto). Muovendo opportunamente questo raggio su può indurire, a piacimento, tutte le porzioni che interessano della resina contenuta nella vasca.

Il processo utilizzato per costruire la nostra pala è proprio questo. Fornendo ad una ditta il file creato con il CAD è stata "creata" la pala polimerizzando nella vasca solo la resina che avrebbe generato la geometria da noi voluta.



Fotografia della pala costruita con tecnica steleolitografica

La figura rappresenta il risultato al quale si giunge con la tecnica precedentemente illustrata; si noti che alla pala manca ancora la parte terminale (collegamento al mozzo) e presenta nella parte esterna un forma un po' insolita. Per quanto riguarda il mozzo verrà aggiunto in seguito in modo da adattarla al meglio con la fusoliera, mentre la parte esterna (a raggio massimo) verrà raccordata.

A questo punto si può procedere utilizzando questa pala come modello per la costruzione dello stampo e quindi alla realizzazione delle pale in fibra di carbonio da utilizzare sull'aeromodello.

In conclusione si può affermare che il procedimento utilizzato è un valido strumento per la prototipazione delle pale, si basa un valido software di calcolo e simulazione, e mediante dei metodi tecnologicamente avanzati, permette di ottenere il modello e quindi, con lo stampo, la versione definitiva della pala in carbonio in tempi rapidi e contando, soprattutto, su una buona precisione dimensionale (cosa fondamentale viste le condizioni esasperate di utilizzo).

Le prove pratiche, ovvero la validazione in volo, hanno dimostrato che la procedura seguita fornisce un prodotto conforme alle specifiche imposte in sede di progetto, quindi si deve ritenere l'esperienza più che positiva.

Per concludere, la procedura che porta alla definizione di un'elica è la seguente:

- 1) Identificazione della curva di "REALE FUNZIONAMENTO" della potenza disponibile dal motore. Nei dati viene considerata anche la curva di scarica reale della batteria.
- 2) Continue iterazioni con il simulatore di Molino per trovare il punto di design dell'elica. L'iterazione comprende la simulazione dell'elica a diverse velocità, in particolare all'uscita dalla base, all'entrata in base e in alcuni punti intermedi della salita. Questa analisi di OFF-DESIGN tiene conto ovviamente della curva di potenza del motore a vari regimi di rotazione.
- 3) Trovato il punto di progetto si ha ormai il progetto definitivo dell'elica e cioè le informazioni che identificano le singole sezioni.
- 4) Trasferimento dei dati geometrici su un tabellone Excel in modo da renderli leggibili da un programma sviluppato in MATLAB fatto da Mario Silvagni che genera le coordinate di ogni singola sezione dell'elica.
- 5) Caricamento della tabella generata da MATLAB sul CAD3D SolidWorks.
- 6) Elaborazione delle sezioni e generazione del solido.
- 7) Generazione del file .stl, leggibile dalla macchina per la prototipazione rapida in tecnica stereo litografica.
- 8) Invio del file alla società che ci fornisce il servizio di stereolitografia.
- 9) In pochi giorni abbiamo il prototipo dell'elica.
- 10) Finitura e preparazione dell'originale che verrà impiegato per la costruzione dello stampo.
- 11) Costruzione dello stampo.
- 12) Costruzione dell'elica definitiva

I vari punti vengono seguiti da:

- 1 Mossa e Silvagni padre + figlio
- 2-3 da Molino
- 4 da Mossa
- 5-6-7-8 Silvagni Mario
- 9 PROMAU di Trento – contatto privilegiato trovato tramite Carletti
- 10-11-12 da Rossani

La catena è lunga ma si arriva ad un ottimo risultato.

In pratica poi, il risultato è più che garantito + o – al primo colpo, a meno ovviamente di errori fatti durante la valutazione della potenza effettiva disponibile.

Siamo a disposizione per eventuali chiarimenti ed approfondimenti della procedura da noi impiegata.

BATTERIE

Pushing, selezione computerizzata delle celle, del pacco cablato e tecniche di utilizzo

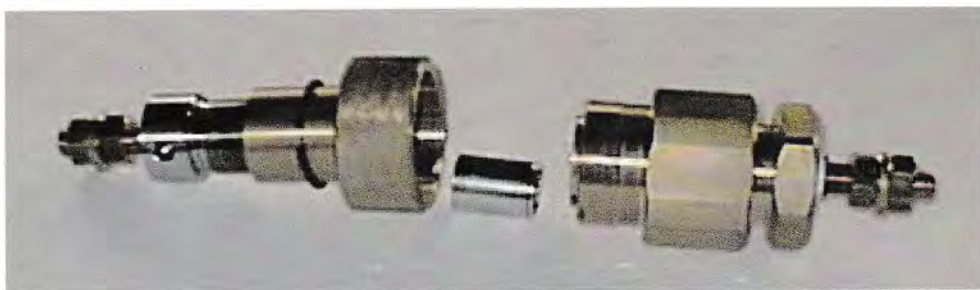
Da un attento esame delle problematiche legate alla propulsione si evince facilmente che la parte che influisce maggiormente sul risultato finale è senza dubbio il pacco di batterie; inoltre è fondamentale notare che è anche la parte che presenta i maggiori margini di miglioramento. Basti pensare che le batterie utilizzate da alcuni team pare abbiano circa il 15% in più di energia a disposizione rispetto agli altri.

Questo ci ha spinti a concentrare i nostri sforzi in questa direzione al fine di rimanere competitivi. Il nostro obiettivo finale è quindi "formare" un pacco di batterie con delle specifiche superiori a quelle mediamente reperibili in commercio.

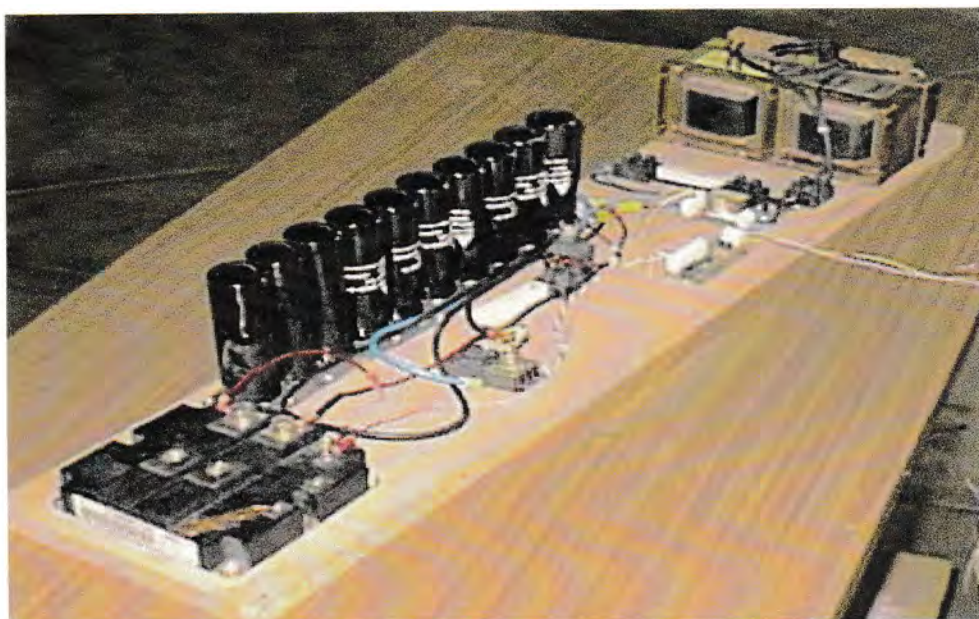
E' ormai risaputo che gli elementi in commercio, a parità di prodotto, non sono comunque tutti uguali e inoltre (benché la casa costruttrice neghi l'esistenza di tale fenomeno) sono suscettibili di particolare trattamenti volti ad aumentarne le caratteristiche. Occorre quindi sviluppare una tecnica volta a "migliorare" questi elementi e quindi una metodologia per verificare i risultati ottenuti che permetta la selezione dei soli elementi più performanti. Negli studi da noi condotti si parte da un'ipotesi semplificativa che porta a modellizzare la batteria come un generatore di tensione reale puramente resistivo. Questo equivale a dire che la batteria ha una sua resistenza interna. Il fatto che nel nostro utilizzo di sfrutti una corrente pulsante (il che richiederebbe l'analisi computando induttanza e capacità interne della cella) non è stata presa in considerazione.

Il primo passo da compiere quindi è quello di "ridurre" la resistenza interna della cella. Questo è possibile migliorando quelli che sono i contatti interni degli elementi. Per ottenere questo si utilizza un metodo che può sembrare alquanto brutale ed empirico ma che fornisce buoni risultati. Si tratta di compiere delle microsaldature all'interno dell'elemento in modo da migliorare quelle che sono le giunzioni dei vari particolari. Così facendo diminuiscono le resistenze di contatto con sensibile diminuzione della potenza dissipata internamente (in poche parole a parità di corrente più tensione e quindi più potenza). Naturalmente non è possibile intervenire meccanicamente sulle celle (non è permesso dal regolamento ed è anche praticamente inattuabile), si deve quindi compiere questa operazione dall'esterno. Il metodo che a noi sembra fisicamente più efficace è quello di far percorrere la cella da correnti elevatissime (alcune migliaia di Amper) per brevissimi istanti. Questo porta al surriscaldamento dei contatti interni i quali fondendo si saldano, senza che la struttura chimica della cella venga sensibilmente alterata. Questo processo prende il nome di "Pushing".

Per far questo è stato costruito un sistema che si basa sul seguente concetto: si carica una serie di grossi condensatori (ad una tensione di circa 100 V) e li si scarica ai capi della batteria, questo fa sì che passi una corrente elevata all'interno della cella. Tutto il sistema è controllato tramite PC il quale sequenzializza tutte le operazioni, l'utente deve occuparsi di posizionare la batteria e di attivare la procedura. E ora allo studio la possibilità di ripetere alcune volte l'operazione in modo da incrementare l'effetto.



Sistema di serraggio della cella per "pushatura" (versione definitiva)



Sistema elettronico per "pushatura" (prototipo)

Nella figura è rappresentato il prototipo del sistema di "pushatura", si deve notare che questa non è la versione definitiva e funzionante (con le specifiche desiderate) ma solo il "banco sperimentale" per studiarne la realizzazione: ha infatti cavi molto piccoli e un layout approssimativo.

E' già realizzato come si vede in figura, in versione definitiva il meccanismo che permette il serraggio meccanico della cella da trattare; questo sistema permette, tramite una pressa, anche la compressione della cella per verificare se un'eventuale azione meccanica possa migliorare ulteriormente il risultato.

A questo punto si hanno degli elementi "migliorati" che devono essere selezionati, in quanto la discrepanza iniziale dei vari elementi e il trattamento a cui sono state sottoposte (che in alcuni casi si rivela purtroppo distruttivo) portano a caratteristiche molto differenziate. Per far questo si è costruito un'apparecchiatura per la selezione. Il concetto di base è il seguente. Mediante un regolatore elettronico di potenza si caricano con una corrente impostata un set di 7 celle per volta (il numero è limitato dalle caratteristiche del sistema di acquisizione collegato ad un PC) fino a quando ciascuna cella non presenta il picco che palesa a fine carica, a questo punto ogni cella carica viene scollegata dall'alimentazione e rimane in attesa. Quando tutte le celle sono cariche si esegue una seconda carica (che da esperienza permette un incremento della resa della cella) con la stessa procedura (ovviamente questa volta il tempo di carica è molto limitato). In questo modo si è sicuri di caricare le celle al rispettivo "massimo". Si procede quindi con il collegamento della serie di batterie al un carico

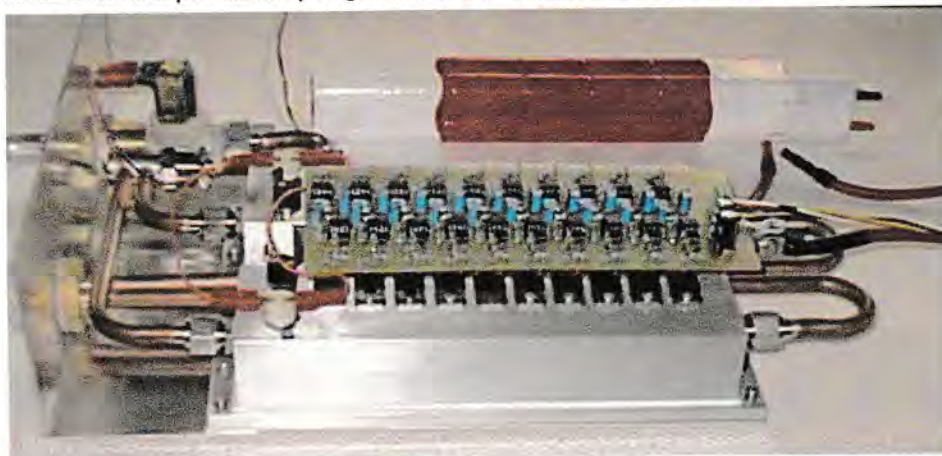
elettronico (che ha il compito di scaricare gli elementi) il quale simula perfettamente la scarica di gara (con la stessa tempistica e corrente). Così facendo si garantisce la compatibilità della selezione con le condizioni reali di funzionamento; le singole celle si scaricano e quando raggiungono singolarmente la fine scarica vengono disconnesse (per evitarne il danneggiamento) mentre le altre continuano la scarica. Tutto questo processo viene poi ripetuto 5 volte attendendo che gli elementi si raffreddino prima di iniziare la nuova carica. Il Computer, oltre a controllare il ciclo di carica-scarica, misura ad intervalli regolari (decine di misure al secondo) la tensione di ogni cella per tutta la durata della prova. Si hanno così a disposizione una serie significativa di dati che rappresentano, in maniera articolata, la tensione della cella nelle reali condizioni di utilizzo; interpretando questi dati si possono scegliere le "Celle Migliori", il criterio in forma semplificata è il seguente: la batterie che a parità di ciclo di lavoro mantiene una tensione più alta è la migliore (ha resistenza interna minore e fornisce più potenza).

Parametro	Valore	Note
Numero massimo di celle selezionabili per prova	7	
Massima corrente di carica	16A	Costante o regolabile in funzione del ciclo di carica
Massima corrente di scarica	300 A	Limitata da una potenza massima continuativa di 3kW
Precisione di misura e mantenimento della corrente	< 0.5 %	
Precisione della misura della tensione	<0.1%	
Numero di letture al secondo	>20	letture per cella

Dati caratteristici sistema di selezione celle.

Nella tabella sono raccolti i dati più significativi della apparecchiatura, è utile notare che i dati rappresentati sono solo quelli massimali, ma la caratteristica saliente del sistema è la versatilità di prova, che può essere adattata ai casi più generali, permettendo così la calibrazione della selezione mirata ad uno specifico utilizzo. (nel nostro caso si punta alla potenza massima, ma si potrebbe selezionare per ottenere la durata massima ad esempio).. A questo punto si è in grado di scegliere le batterie migliori per formare il pacco da gara. Si deve procedere quindi all'assemblaggio del pacco secondo le già ampiamente discusse tecniche di saldatura e disposizione. Il problema fondamentale ancora da risolvere resta quello di valutare se il pacco sia stato "costruito" bene (ovvero con buone saldature) ed eventualmente monitorarne lo stato durante il comune utilizzo. Per far questo si è implementato un ulteriore sistema in grado di testare l'intero pacco di batterie. La procedura rispecchia la prova di scarica del selezionatore. Mediante un carico elettronico gestito da un PC (lo stesso utilizzato nel selezionatore) si simula la scarica, nelle stesse condizioni di utilizzo (corrente e ciclo di utilizzazione) reale e si misura la tensione totale del pacco. Il pacco che garantisce una durata sufficiente e fornisce una tensione maggiore è il migliore. Con questa metodologia è possibile misurare i vari pacchi e valutare le loro caratteristiche dopo il loro utilizzo.

La figura mostra il particolare del carico elettronico, si può notare il raffreddamento ad acqua, soluzione indispensabile per garantire la dissipazione di potenze di 3kW.



Avendo a disposizione una notevole quantità di questi dati, si è pensato di valutare in quale modo è meglio utilizzare le batterie. Si è concluso, analizzando prove fatte in diversi giorni, che per ottenere il massimo delle prestazioni occorre utilizzare ogni singolo pacco di batterie costantemente ogni 2 massimo 3 giorni. Siccome questo non è sempre possibile si consiglia di utilizzare la batteria, dopo un periodo di riposo, per un volo in modo da "risvegliarla" e poi utilizzarla il giorno seguente, attendere un giorno e riutilizzarla, questo garantisce i risultati migliori. E' necessario puntualizzare che questi risultati sono da ritenersi validi solo per l'utilizzo in competizioni di categoria F5B con gli attuali standard di utilizzazione, in quanto variando l'uso questi parametri non sono più significativi. Inoltre il miglioramento che si ottiene da questo tipo di utilizzo non è facilmente rilevabile ed è molto sensibile alle condizioni al contorno, ovvero il miglioramento è così poco evidente che potrebbe essere facilmente annullato con una carica sbagliata od un utilizzo poco responsabile.

Concludendo si può affermare che, utilizzando questa complessa metodologia, si dovrebbe garantire la preparazione di un pacco di celle di ottima qualità, occorre però notare che, visto l'incredibile sviluppo delle celle negli ultimi tempi, questa procedura possa diventare obsoleta in poco tempo, quindi sarà necessario aggiornarla continuamente, cosa che i macchinari costruiti permettono agevolmente essendo tutte macchine molto flessibili.

Modifiche al regolamento che entreranno in vigore dal 2001

- 200 secondi di distanza anziché 180
- abolito il limbo
- 10 minuti di durata
- 10,20,30 metri per 30,20,10 punti per atterraggio
- peso minimo 2000 grammi

per le batterie si deciderà a Marzo 2000

aggiornamenti e decisioni finali si possono trovare anche sul sito

www.sinet.it/servizi/aexaeromodelli/

Sogni nel cassetto

Visitateci nel sito internet:

http://www.geocities.com/designer_ar/

oppure, per avere altre informazioni su di noi, curiosate nei siti:

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Hangar/9392/index.html>

<http://www.geocities.com/CapeCanaveral/Lab/5187/index.html>

altri siti utili:

<http://www.r-g.de/> (tessuti, kevlar 27gr.)

<http://www.emc-vega.de/> (tessuti, carbonio 58gr. Kevlar 27gr.)

<http://www.megamanagement.it/MM%20ricercawww.html> (motori di ricerca)

<http://beadec1.ea.bs.dlr.de/Airfoils/> (mailto:Martin.Hepperle@dlr.de)

<http://www.Carbon-Vertrieb.de/> (sito di Weigerber)

<http://www.fiberlay.com/products.htm> (fornitore USA materiali speciali)

<http://www.gm-racing.de/> (batterie)

<http://kontronik.com/> (motori brushless)

http://www.schulze-elektronik.com/index_uk.htm (carica batterie-regolatori)

http://www.hsa.lr.tudelft.nl/ac_intro.html (Aerodynamics TU-DELFT)

http://amber.aae.uiuc.edu/~m-selig/ads/coord_database.html#E (profili)

<http://www.italianmall.net/schaller.html> (Schaller)

<http://www.sinet.it/servizi/aexaeromodelli/> (Aeromodellisti Italiani Elettrico)

<http://www.delago.de/ariane/EHome.htm> (Team Arian – Germania)

<http://www.aveox.com/> (motori)

<http://www.competitionelectronics.com/rcracing.html> (batterie)

<http://www.teammaxtec.com/> (caricabatterie e batterie)

<http://www.hsa.lr.tudelft.nl/~frits/fletcht.txt.html> (F3B high performance mode)

<http://www.netjump.ch/magnetron/index.html> (driver per motori brushless)