

LE ELICHE e LE BATTERIE PER I MODELLI ELETTRICI DELLA CATEGORIA FAI F5B

In occasione del simposio 2000 abbiamo avuto l'opportunità di raccontare tutto quello che sta intorno ad un aliante elettrico della categoria F5B. Siamo partiti dal regolamento per arrivare a tutto quello che viene fatto, dalla progettazione alla realizzazione finale.

In occasione del simposio 2005 vogliamo concentrarci su due importanti aspetti dell'insieme.

L'elica e la batterie.

Negli ultimi anni queste due parti hanno avuto un grosso sviluppo tecnologico che ha portato novità ed innovazione alla categoria.

Batterie NiCd ed NiMh per F5B di Alessandro Mossa

Tecnica del pushing per ridurre la resistenza interna delle batterie.

Sistemi per selezionare le celle al NiCd o al NiMh

Nuova tecnica di selezione.

Nuova tecnica per la saldatura delle celle.

Carico elettronico per misurare il pacco batterie.

Tecnica del pushing per ridurre la resistenza interna delle batterie.

La tecnica del pushing per ridurre la resistenza interna delle batterie è una tecnologia sviluppata molti anni fa dai tedeschi.

Non si sa precisamente se scoperta per caso o per approccio scientifico, quello che però conta è che tramite questa tecnica si riesce a ridurre la resistenza interna delle celle in maniera significativa.

In passato sulle batterie NiCd si riusciva a ridurre la resistenza del 15%, sulle ultime NiMh l'effetto si è ridotto al 3-5% circa.

Francamente non si è ancora capito con certezza che cosa accade all'interno della cella, le due ipotesi più plausibili e sono il miglioramento della saldatura interna tra i collettori dei poli e i rispettivi catodi della batteria, la seconda un aumento della superficie di connessione tra i catodi dei poli ed il liquido che si trova tra essi grazie alla riduzione e/o eliminazione dei cristalli che si formano all'interno del liquido stesso.

Credo che affrontando l'argomento in maniera pragmatica, il risultato è quello che conta, quindi la pushatura conviene farla in tutte quelle applicazioni dove richiediamo forti correnti dalle nostre celle.

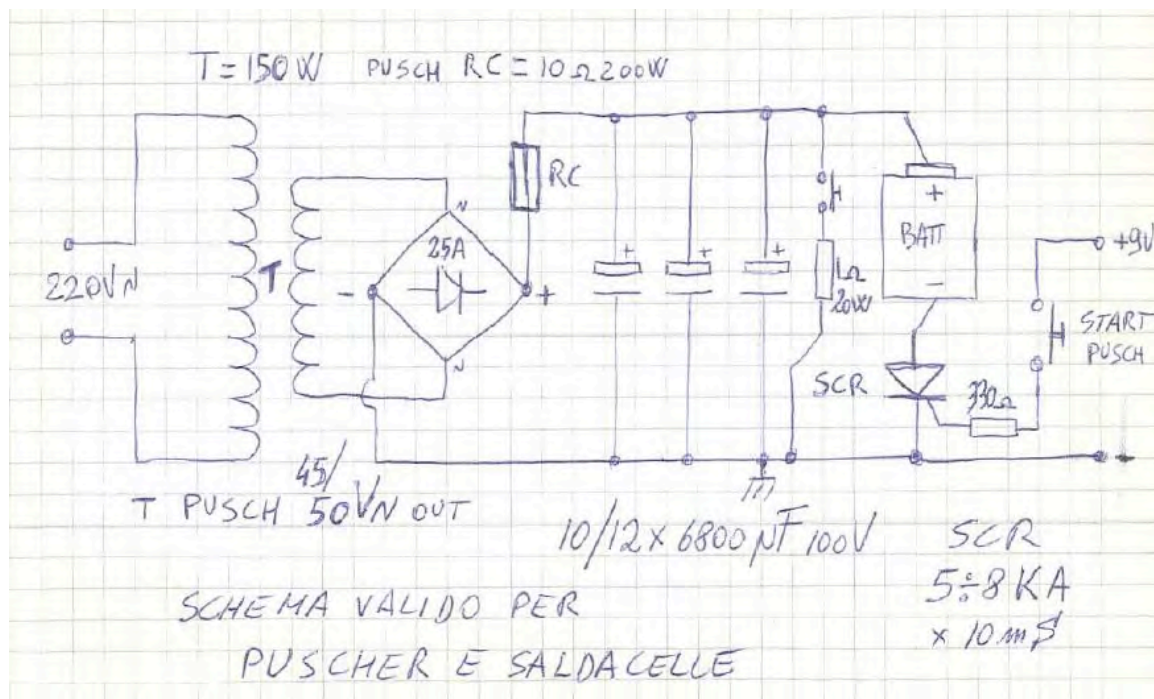
Per pushare una cella ricaricabile di tipo NiCd o NiMh bisogna disporre di una batteria di condensatori elettrolitici che raggiunga una capacità di circa 70000uF, la tensione di isolamento dei condensatori non deve essere inferiore ai 100V. Dopo aver collegato in parallelo e "bene" i condensatori di cui si dispone bisogna procurarsi un SCR di grosse dimensioni, deve sopportare per un tempo di circa 2-3ms una corrente di picco di circa 8000-10000A.

La procedura è relativamente semplice, si caricano i condensatori ad una tensione che ad esperienza si aggira intorno ai 65-70VDC e si scaricano i condensatori così caricati sulla cella attraverso l'utilizzo dell'SCR.

Questo provoca il passaggio di una corrente estremamente alta per un tempo di circa 2ms che migliora le caratteristiche interne della cella in termini di resistenza interna.

Il circuito deve ovviamente essere equipaggiato con cavi di sezione adeguata in modo tale che ai capi della cella ci siano effettivamente i 65-70V.

Ogni tanto nelle celle peggiori capita di bruciare internamente il conduttore che collega il catodo del polo positivo al rispettivo collettore.

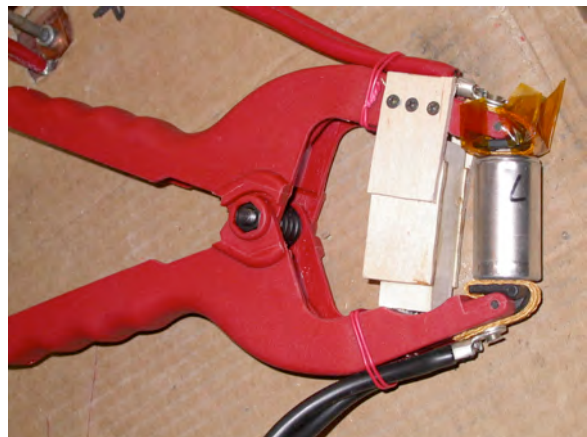


Alcuni consigli pratici per effettuare una buona pushatura sono:

- dare 2 o 3 pushate consecutive,
- pushare a cella carica e possibilmente calda quindi immediatamente dopo averla caricata,
- pushare con il polo positivo della cella collegato al polo positivo dei condensatori,
- la tensione deve essere la più alta possibile senza che questo comprometta la vita stessa della cella,
- non conviene aumentare la capacità della batteria a più di quanto già suggerito.

Non esistono altri segreti a riguardo di questa tecnica, consiglio solo di stare molto attenti perché si maneggiano tensioni elevate ed un corto circuito su una

batteria di condensatori da 70000uF genera una bel scintillone/esplosione abbastanza pericoloso se non si sa cosa si sta facendo.
MASSIMA ATTENZIONE QUINDI ;-))



Sistemi per selezionare le celle al NiCd o al NiMh Nuova tecnica di selezione.

La selezione delle celle è forse uno dei punti più importanti della categoria. Sembra assurdo e forse in prima approssimazione viene rifiutato o non capito dai non addetti ai lavori perché non strettamente attinente all'aeromodellismo ma nelle gare internazionali la selezione delle celle aiuta a fare la differenza fra chi vince e chi non vince !

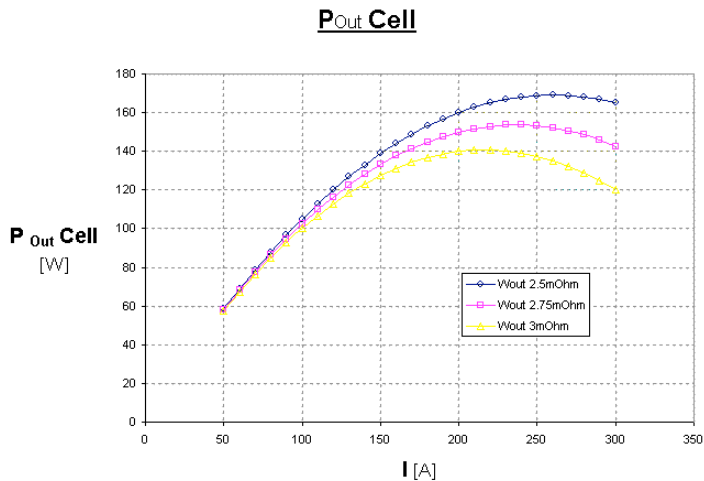
Dobbiamo considerare che normalmente è fatto salvo rare eccezioni, nei primi 5 posti di un campionato mondiale troviamo sempre dei piloti eccellenti con modelli costruiti allo stato dell'arte sostanzialmente equivalenti, mentre non è assolutamente detto che queste 5 persone abbiano delle celle della stessa qualità. E' molto semplice calcolare che variazioni minime di resistenza interna portino grosse variazioni di potenza resa, soprattutto se la corrente di esercizio è elevata. Sfortunatamente per chi non ha la possibilità di procurarsi delle buone celle, negli ultimi anni questa regola si è fatta sempre più importante perché le case produttrici hanno ridotto lo sviluppo delle celle di piccola capacità quali per esempio le 4/5, concentrandosi sul formato SUB-C tanto da rendere conveniente a parità di peso del pacco propulsore permesso (vedi regolamento fino al 2004 1100gr max) la combinazione di poche celle di alta capacità. Questo tipo di combinazione obbliga ovviamente correnti di esercizio molto alte che rendono inesorabilmente importante il lavoro sulla selezione delle celle.

Non contenti e soddisfatti di questo trend tecnologico, ad unanimità a meno degli Italiani a rigor di bandiera devo dire, il nuovo regolamento che prende esercizio dal 2005 ci obbliga ad usare 16 celle nel formato SUB-C che per la gioia di molti (case produttrici di celle selezionate quali Graupner/GMRacing ed Orion in prima fila) rende la selezione uno dei punti di forza di ogni pilota, visto che la corrente di esercizio supera i 200 A.

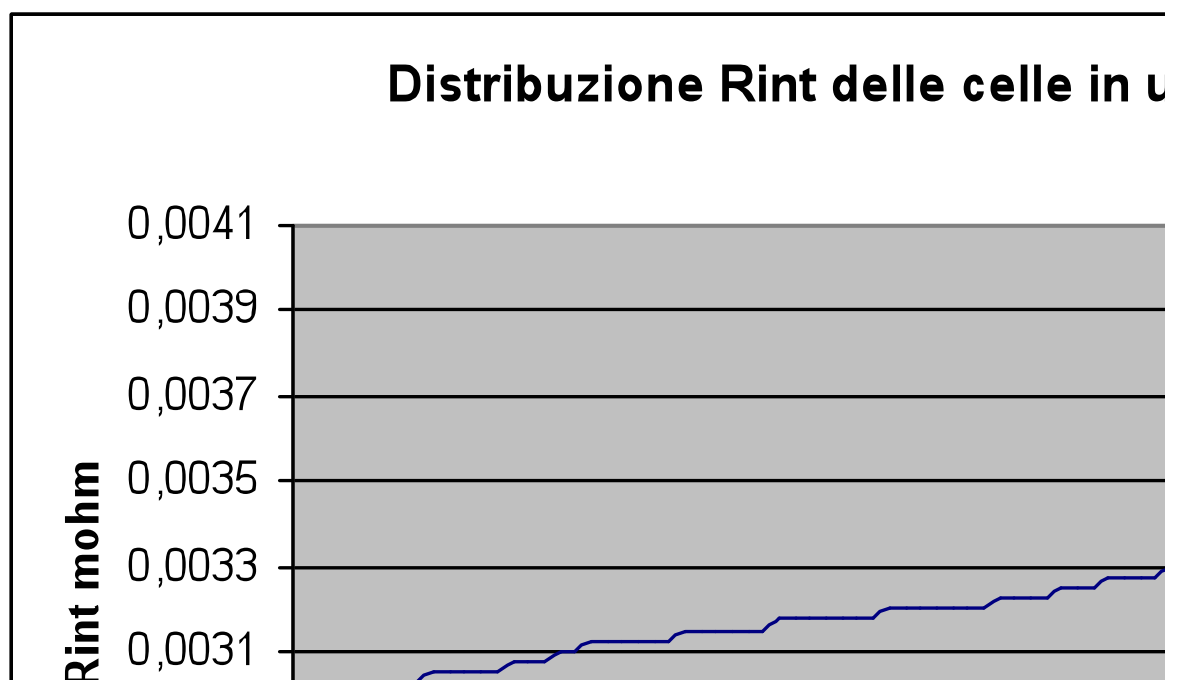
Come si può facilmente immaginare, le case produttrici di origine tedesca e svizzera favoriscono i team nazionali, quindi è praticamente impossibile ottenere delle celle equivalenti a quelle utilizzate dai team di madrepatria.

E' importante precisare anche che è ormai noto il numero di celle acquistate mensilmente dai due principali produttori che si aggira intorno alle 15000 unità nel formato SUB-C, nella marca e modello di nostro interesse (non dimentichiamo il mercato delle macchinine che utilizza le stesse celle).

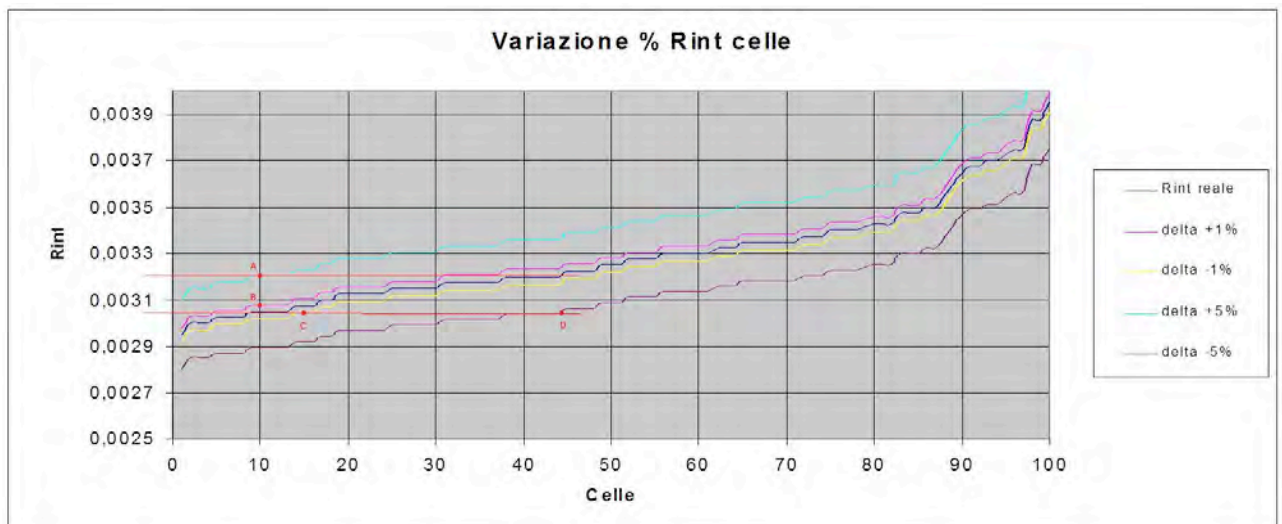
Su questa base abbiamo deciso già nel 2002 di attrezzarci per selezionarci le celle. Con questo non abbiamo mai avuto la presunzione di pensare che avremmo avuto delle celle migliori dei nostri concorrenti ma solo la certezza di non avere i loro scarti !



Per dare un ordine di grandezza alla selezione delle celle, di seguito evidenziamo un grafico che indica la distribuzione della resistenza interna in un lotto. Per avere un ottimo pacco dobbiamo identificare le migliori celle che rientrano nel primo 10% del lotto.



A questo punto bisogna trovare un sistema che ci garantisca di trovare realmente le celle migliori. Se riusciamo ad effettuare delle misure che abbiano una precisione non inferiore al $\pm 1\%$ possiamo affermare che se utilizziamo non più del 10% delle migliori celle, riusciamo ad assemblare dei pacchi ottimi.



Se analizziamo i punti A, B, C e D si può capire quanto sia importante effettuare un'ottima selezione per assemblare un ottimo pacco e sfruttare al meglio il lotto di celle che si ha a disposizione.

Ipotizzando di riuscire ad avere un sistema di misura che garantisca una precisione sulla lettura della resistenza interna delle celle dell'ordine del $\pm 1\%$ e paragoniamo questo livello di precisione con un $\pm 5\%$ possiamo affermare analizzando per esempio i punti sopra citati quanto segue:

A – precisione misura 5% - una cella che presenta una Rint. reale che rientra nel primo 10% delle celle risulta essere da scartare perché rientrerebbe nella classifica al 45% della qualità.

B – precisione 1% - una cella che presenta una Rint. reale che rientra nel primo 10% delle celle risulta appartenente nella classifica al 15% della qualità, quindi non verrebbe scartata ma usata comunque come ottima/buona cella come realmente comunque è.

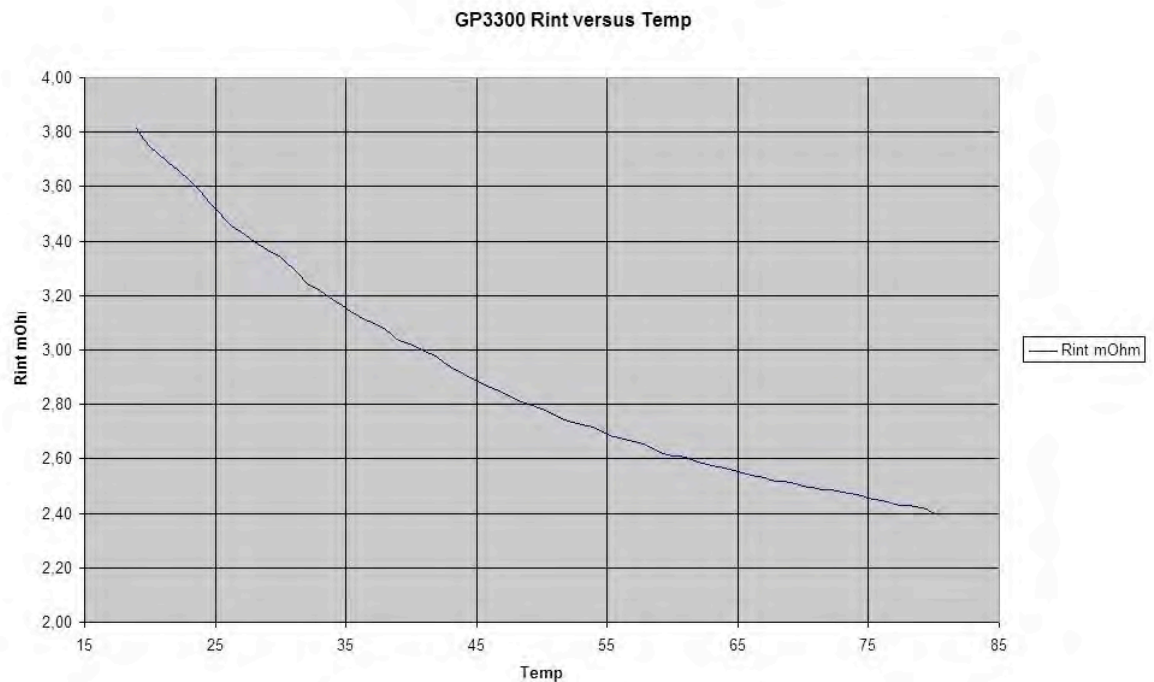
C – precisione 1% - una cella che presenta una Rint. reale che rientra nella classifica al 15% della qualità verrebbe invece inclusa nel lotto del primo 10%. Cosa non particolarmente grave perché si sta comunque parlando di un'ottima cella.

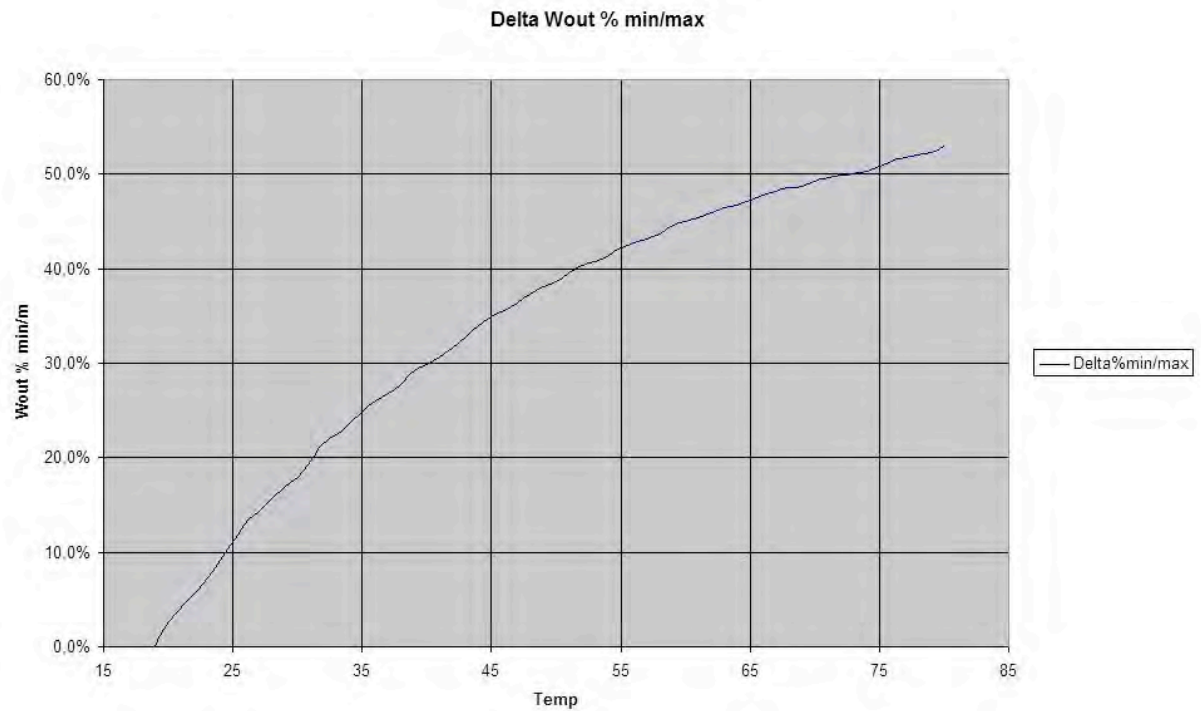
D – precisione misura 5% - una cella che presenta una Rint. reale che rientra nella classifica al 45% della qualità verrebbe invece inclusa nel lotto del primo 10%. Cosa particolarmente grave perché andremo ad assemblare pacchi non particolarmente buoni quindi non fruteremo al meglio il lotto di batterie in nostro possesso.

In conclusione, precisioni sulla misura della Rint. non particolarmente elevate portano a non sfruttare al meglio il lotto di batterie e comunque ci mettono nella condizione di non avere buoni pacchi.

La precisione della misura deve essere vista nel suo complesso, quindi dobbiamo utilizzare un sistema che nella sua procedura porti ad essere precisi.

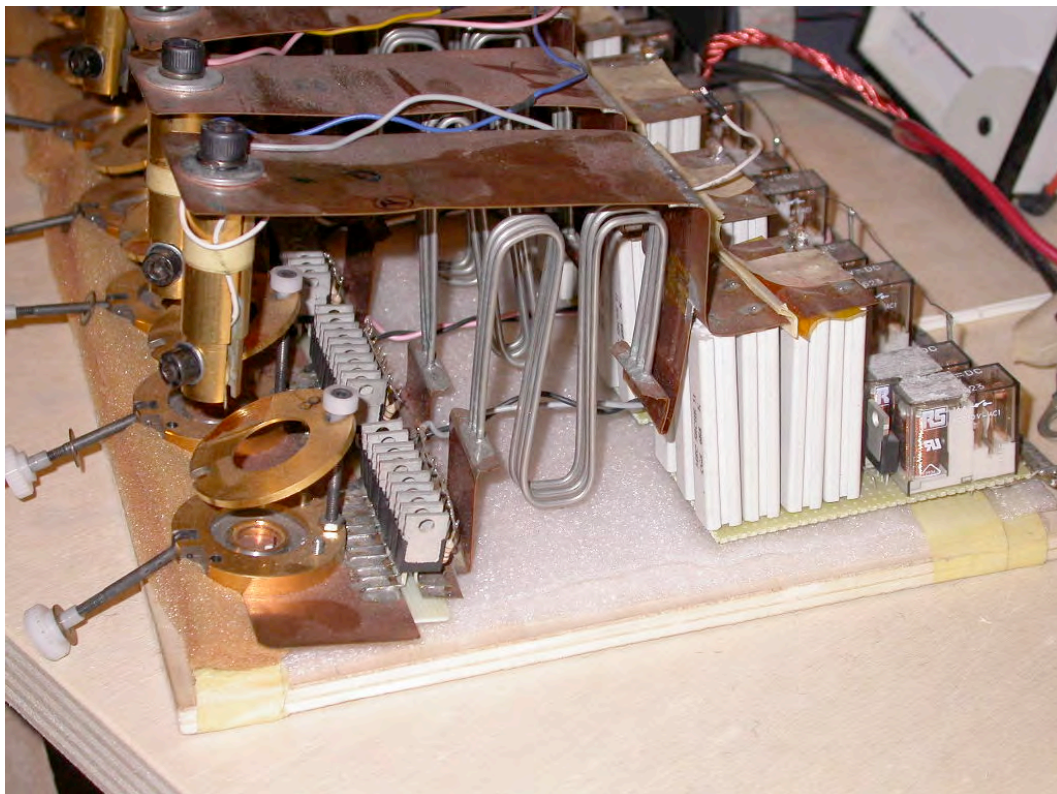
Una componente che introduce delle variazioni molto significative e generalmente più elevate del sistema elettronico impiegato sono la variazione di temperatura che si possono avere fra cella e cella durante il test. Un sistema che non garantisce che dalla prima all'ultima cella del lotto il test sia avvenuto per tutte le celle alla stessa temperatura, introduce errori sulla misura decisamente elevate.



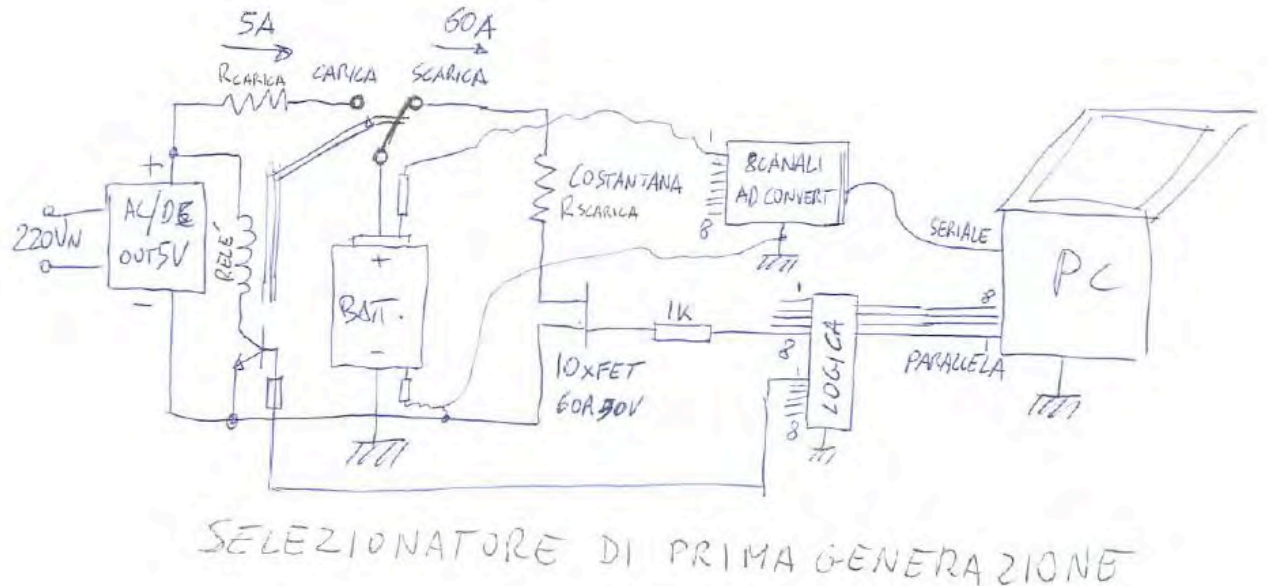


PRIMO METODO DI SELEZIONE

Il primo sistema che abbiamo sviluppato consisteva nel caricare singolarmente a corrente costante ogni cella, misurare il picco di fine carica e immediatamente dopo scaricare singolarmente su una resistenza calibrata di precisione in costantana ad una corrente di circa 60 A.



Acquisendo solo la tensione ai capi della cella si era in grado di identificare le celle migliori con una precisione accettabile. Questo sistema ha evidenziato i suoi punti deboli nella velocità di selezione e nel controllo della temperatura. In pratica un ciclo durava circa $\frac{1}{2}$ ora per cella da 1,6 Ah di capacità, potete immaginare il tempo necessario per celle da 3,7 Ah come quelle impiegate nel 2005.



Il primo selezionatore è stato costruito con 8 canali in parallelo quindi per selezionare per esempio 3000 celle (quantitativo minimo per partecipare ad un mondiale) da 1,6 Ah ed ipotizzando di lavorare mediamente 6 ore al giorno (equivalente a 100 celle/gg), bisognava prevedere un periodo di lavoro non inferiore a 30 giorni.



Questo sistema/metodo di selezione è il medesimo impiegato dalla Graupner/GMRacing e dalla Orion con la differenza che queste società riescono attraverso delle rastrelliere enormi a selezionare contemporaneamente centinaia di celle (potete immaginare l'energia ed il calore in gioco !!!).

Un problema di carattere tecnico che falsava leggermente ma comunque in modo sensibile per le nostre applicazioni il risultato della selezione era la temperatura. Le celle al NiCd meno quelle NiMh di più, risentono molto della temperatura, quindi se i test non vengono fatti a temperatura pressoché costante per tutte le celle i risultati saranno sbagliati. In un processo di selezione dove esiste una carica e una conseguente scarica è molto difficile ottenere il processo di scarica che abbia per tutte le celle selezionate la medesima temperatura, direi praticamente impossibile; non bisogna dimenticare che la temperatura influisce pesantemente nella variazione della resistenza interna della cella e conseguentemente influenza la precisione della misura e selezione.

SECONDO METODO DI SELEZIONE

In considerazione del fatto che per realizzare il migliore pacco bisogna essere sicuri di assemblare le migliori celle del lotto, quindi essere sicuri di selezionare veramente le migliori del lotto, conoscendo molto bene i limiti del sistema di selezione tradizionale (carica/scarica), i tedeschi svilupparono un sistema che potesse garantire un test veloce a temperatura costante.

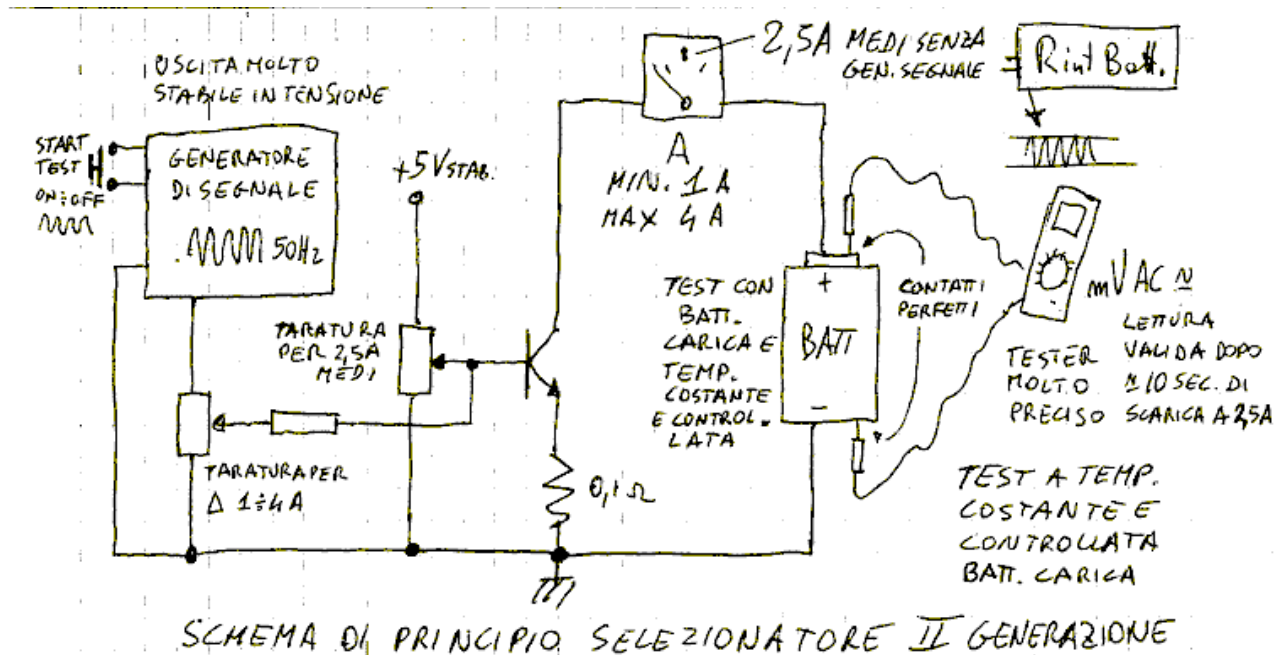
Il metodo consiste nel caricare le celle a corrente costante, per esempio si caricano 30 celle in serie.

Utilizzando per la carica un carica batterie automatico identico a quelli impiegati sul campo di volo, si otterranno (bisogna ottenere) a fine carica tutte le celle decisamente calde, orientativamente tutte a più di 40°C.

Se fissiamo per esempio la temperatura di selezione a 30-35°C e se ci costruiamo una rastrelliera che sia in grado di misurare singolarmente e contemporaneamente la temperatura di ogni cella sotto test, possiamo affermare con una discreta certezza che man mano che le celle si raffreddano raggiungono la temperatura di selezione abbastanza lentamente e non tutte insieme. Se a questo punto sviluppiamo un sistema di selezione rapido che ci permette di misurare a questo punto le celle alla stessa temperatura (sistema velocemente = grandi quantità) con poco sforzo abbiamo fatto centro.

Il sistema sviluppato per selezionare rapidamente le celle era concettualmente semplice ma relativamente critico nella sua precisione. In sostanza si prevedeva di scaricare per circa 10 secondi (tempo minimo per ottenere la stabilizzazione della lettura) la cella ad una corrente sinusoidale a 50 Hz che avesse come valore medio 2,5 A, valore minimo 1 A, valore massimo 4 A.

Andando a misurare con un voltmetro digitale di grande precisione il valore RMS della tensione ai capi della cella, legato essenzialmente al suo valore di resistenza interna, si può effettuare rapidamente la selezione a temperatura costante.



Questo sistema si è diffuso solo a livello di team o di singolo pilota perché è un processo difficile da tenere sotto controllo in quanto la precisione richiesta nella lettura della tensione ai capi della cella è molto elevata e comunque bisogna essere assolutamente sicuri di effettuare la lettura alla stessa temperatura per tutte le celle.

Un vantaggio è sicuramente la velocità di selezione perché per 3000 celle, a pari condizioni, sono sufficienti circa 8-9 giorni.

TERZO METODO DI SELEZIONE

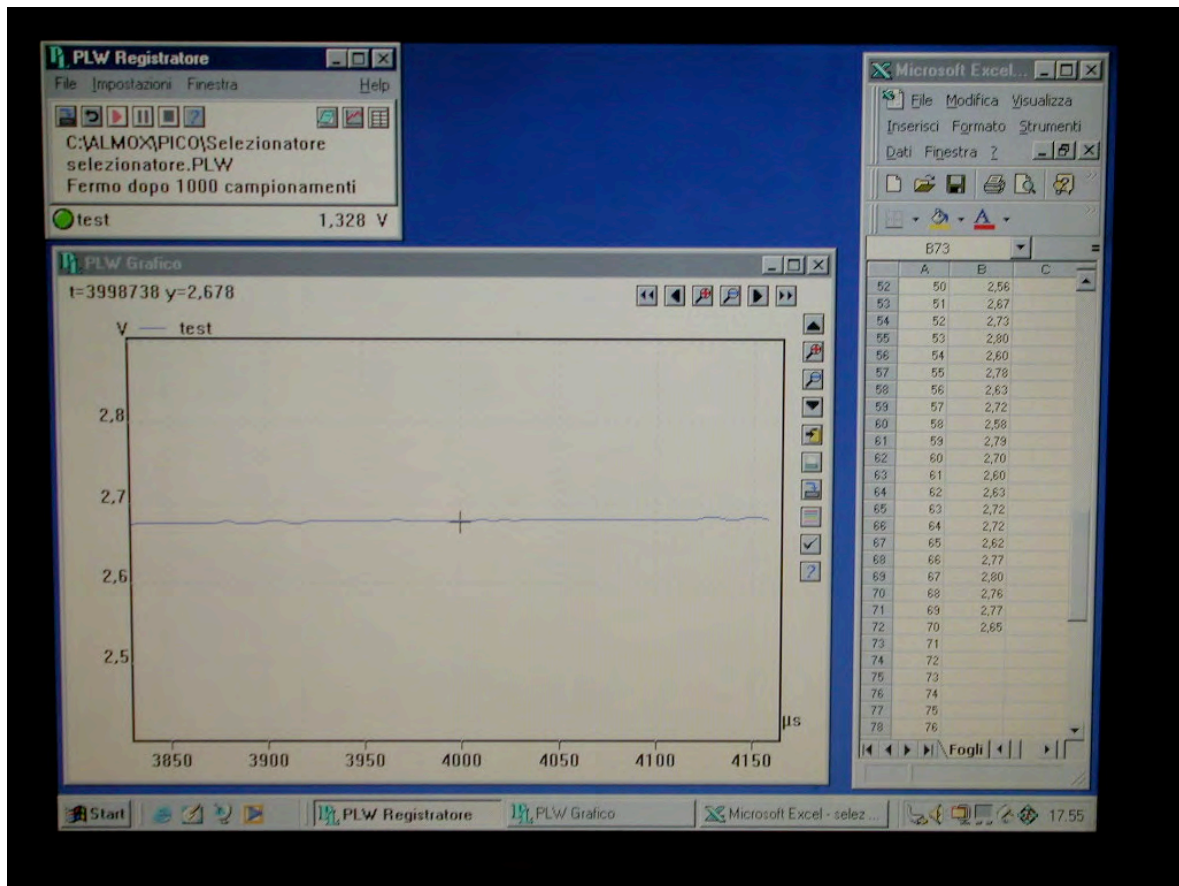
Reduce dall'esperienza fatta ed analizzando i pro e i contro dei sistemi conosciuti ho cercato di sviluppare un sistema che potesse migliorare di ogni metodo i vari difetti noti e/o riscontrati.

Del primo metodo il tempo e la temperatura erano i punti deboli, del secondo la criticità della lettura ed il controllo della temperatura.

Basandomi semplicemente sulla logica di misura del secondo metodo, ho pensato che si potesse fare la stessa cosa caricando la cella, da qui l'idea di applicare un impulso a corrente costante e vedere di quanto aumentava la tensioni ai capi della batteria. Fatti due conti per ottenere una discreta precisione nel leggere variazioni di resistenza interna molto piccoli sono arrivato alla conclusione che dando un impulso di 400 A si poteva vedere bene la differenza fra le celle. A una tensione più alta corrisponde una cella a resistenza interna alta.

Ho fatto qualche esperimento relativamente alla durata di questo impulso e ho notato che erano sufficienti 4mS per avere una lettura stabile e ripetibile.

Da qui ho cominciato una campagna di misure atte ad identificare la procedura di misura che desse dei risultati ripetibili e costanti nel tempo.



Per non annoiare chi legge, vado subito al sodo. La procedura migliore è:

- fare la misura a cella carica,
- se si vogliono comparare lotti di celle a distanza di tempo (mesi), bisogna pianificare le misure a temperatura costante per esempio 35 o 40 °C, costruendosi un forno che sia in grado di riscaldare le celle e di tirarle fuori, cella dopo cella, senza che le rimanenti da testare si raffreddino durante il test.



c) per una lettura stabile e confrontabile con altri test bisogna far riposare le celle dopo la loro carica, per un minimo di 3-4 giorni, meglio una settimana.

d) la lettura della tensione ai capi della cella, sottoposta all'impulso di 400 A, deve avvenire a 4mS dall'inizio dell'impulso (il circuito spegne i mosfet a 4,5mS). Questa tecnica mi ha permesso di valutare con estrema precisione la resistenza interna delle celle quindi poter fare degli studi per trovare il miglior metodo per pushare le celle, scoprire che le batterie NiMh sono degli splendidi sensori di temperatura perché variano la loro resistenza interna in funzione della temperatura, infatti si riduce con la temperatura (test fatti fino a circa 90 °C) con una funzione abbastanza lineare. Questa informazione è stata preziosa per l'utilizzo sul campo, informazione confermata soprattutto dalla pratica. Con questo sistema per misurare la resistenza interna delle celle, abbiamo raggiunto una precisione del $\pm 1\%$, target necessario per garantirci la qualità della selezione.

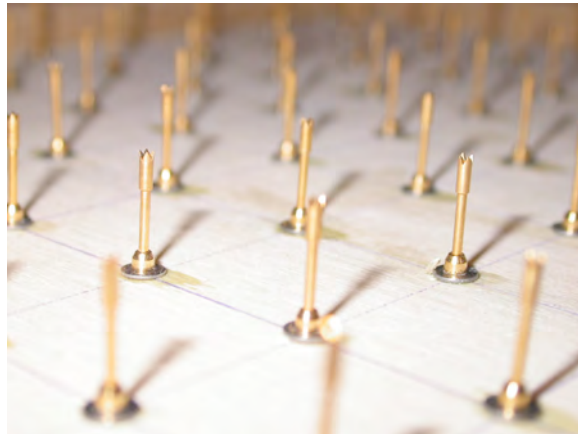
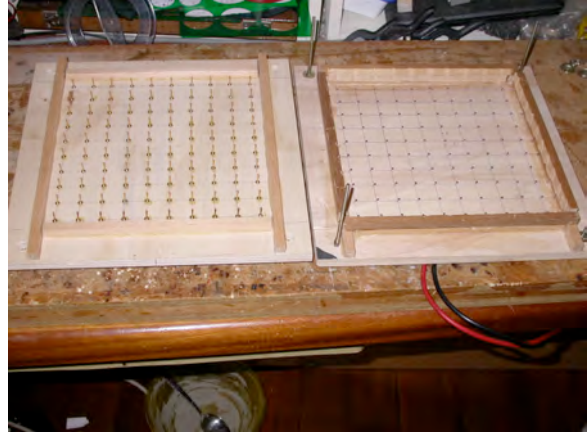
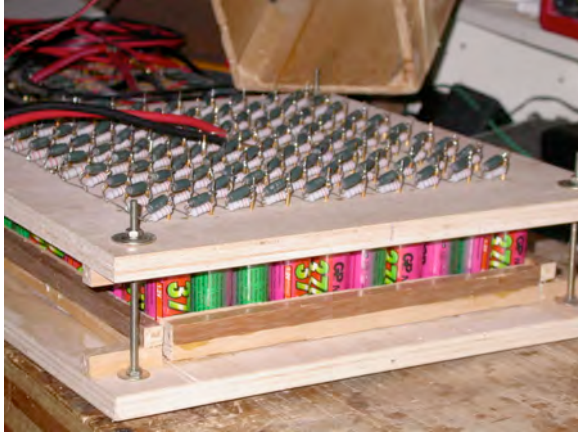
Le ultime celle NiMh hanno una resistenza interna di circa 2,5 mohm, l' 1% risulta quindi essere 0,025 mohm. Se facciamo passare nella cella una corrente di 400 A la variazione di tensione che genera l' 1% di variazione di resistenza interna risulta quindi essere di 10mV.

La scelta del data logger della Pico Technology ADC212 ci permette di leggere con facilità e precisione questa variazione di tensione perché con una risoluzione di 12 bit ed impostando il fondo scala del convertitore AD a 4V otteniamo una risoluzione di $\pm 1\text{mV}$, quindi 10 volte più piccola della risoluzione necessaria per discriminare variazioni di resistenza interna del 1%.

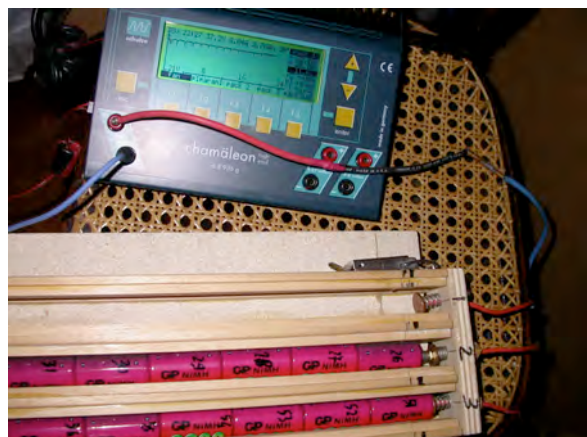
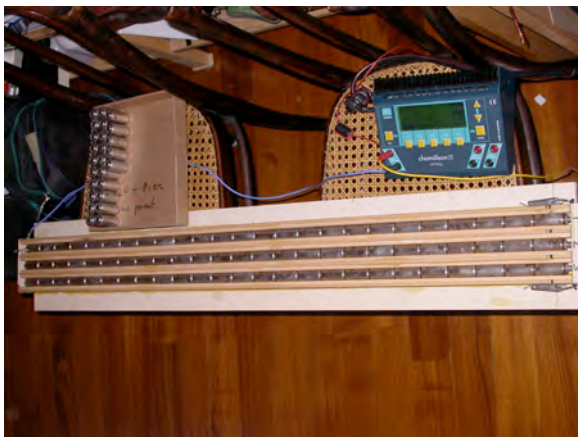


Un altro vantaggio non indifferente è la velocità con la quale si possono selezionare le celle. In pratica la procedura per la preparazione delle celle da gara è la seguente:

- a) Scaricare le celle nuove fino a zero Volt con una rastrelliera che contiene nel mio caso specifico 100 celle.



- b) Caricarle a gruppi di 25 celle per volta con un'altra rastrelliera ed un normale carica batterie tipo Shulze o similari, bisogna essere sicuri che le celle diventino calde a fine carica.



- c) Appena cariche, quindi calde, si passa alla fase di pushatura.
d) A questo punto si devono far riposare per un tot di giorni.

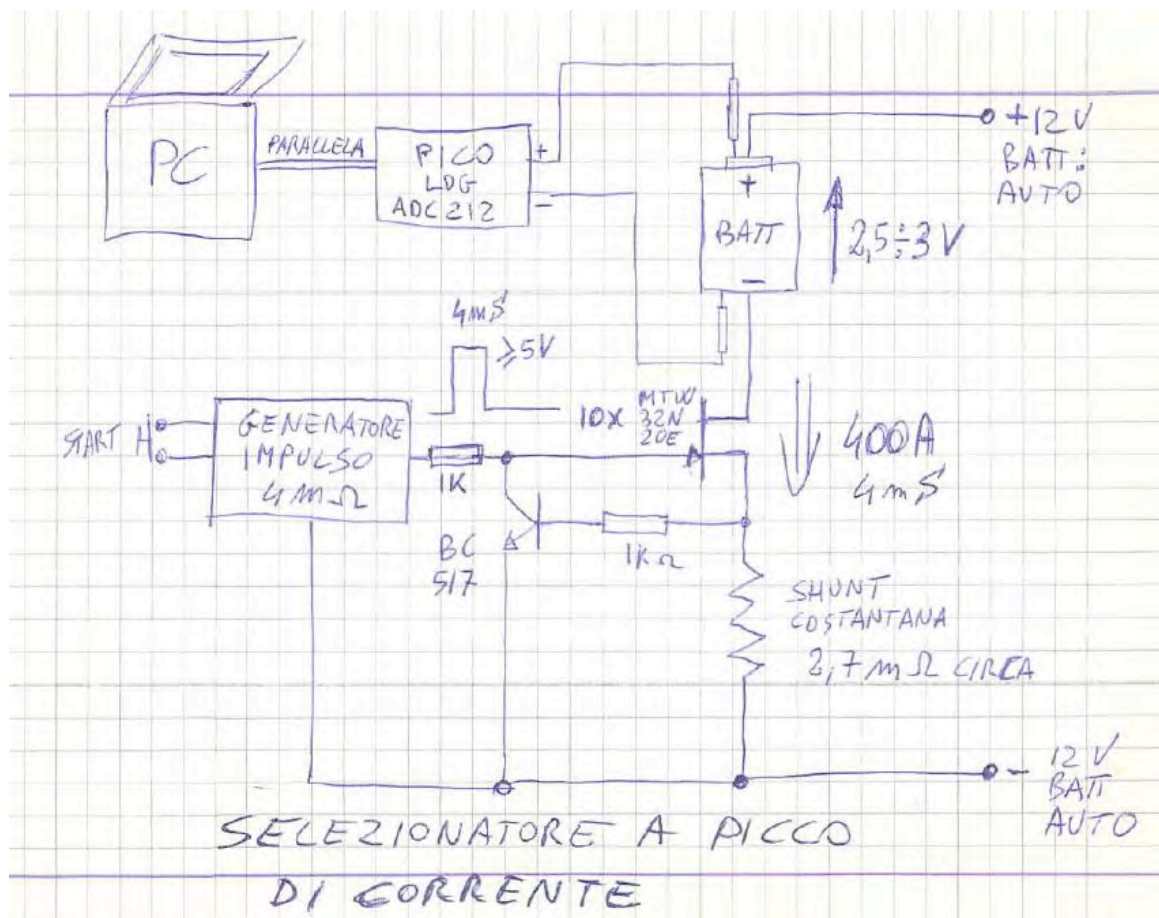
- e) Passati i giorni prestabiliti di “assoluto riposo” si passa alla fase di selezione che per 100 celle non dura più di 25 minuti.
- f) La capacità produttiva diventa di 1200 celle giorno (a pari parametri di ritmo di lavoro considerato per gli altri sistemi) quindi 3000 celle si possono preparare in 3 giorni (abbiamo dimezzato il tempo rispetto al secondo metodo). A questo tempo andrà aggiunto il tempo della pushatura che per 3000 celle è di circa 3 giorni, sempre a pari ritmi di lavoro.

Come precedentemente indicato, per l'acquisizione della tensione ai capi della cella ho usato un datalogger programmabile della Pico Technology

www.pitotech.com

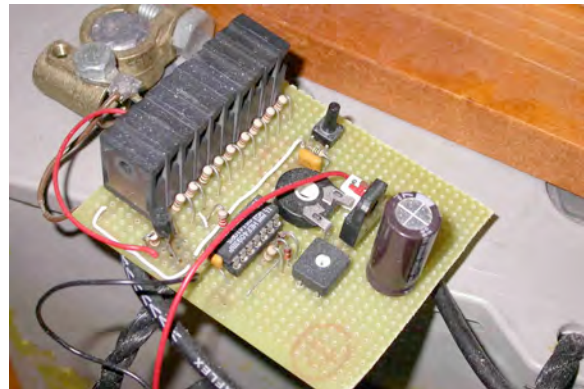
modello ADC212; è un oscilloscopio digitale da 20Mhz a due tracce che permette di acquisire segnali analogici con un convertitore a 12 bit. Questo prodotto costa relativamente poco è facile da usare e funziona molto bene.

Per realizzare le connessioni fra cella e circuito elettronico che genera l'impulso di corrente costante a 400 A ho realizzato una specie di morsa con degli ottimi contatti che garantiscano un eccellente passaggio di corrente. Vicino a questi contatti ho fissato dei probe a molla dorati che prelevano la tensione ai capi della cella per misurarne la tensione ai capi durante l'impulso.



Come circuito elettronico ho messo 10 mosfet in parallelo che lavorano come regolatore serie, quindi con uno shunt calibrato in costantana leggo la corrente e

conseguentemente piloto i gate dei mosfet in modo tale da ottenere sempre una corrente costante. A parte ho realizzato un piccolo generatore di impulsi per avere il segnale da 4mS che accendere i mosfet per il tempo necessario. Come tensione di alimentazione di tutto il sistema uso una batteria di automobile che mi garantisce una tensione non inferiore a 9V nel momento in cui assorbo i 400 A per l'impulso.

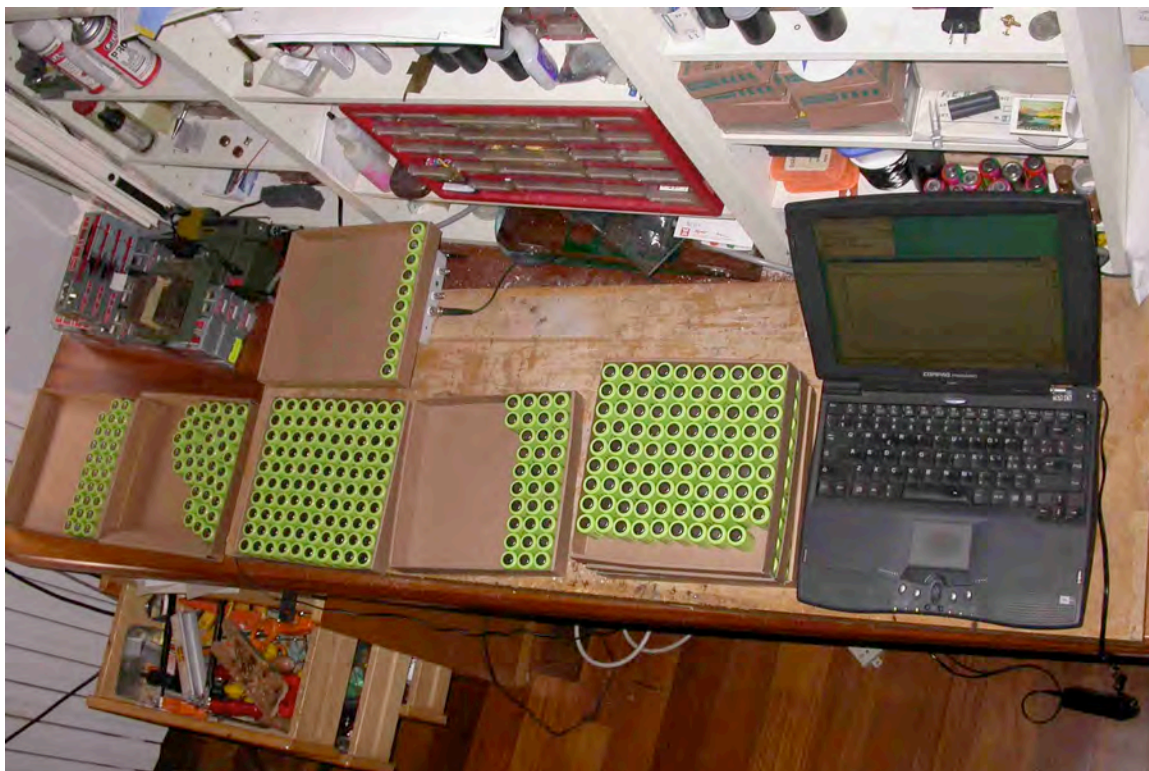


Le celle in SUB-C NiMh della GP3300SCHR e GP3700SCHR partono da una tensione a vuoto di 1,3 Volt e sottoposte al picco di 4ms arrivano a circa 2,5 volt, quindi si può dire che più o meno hanno una resistenza interna dell'ordine di

$$(2,5 - 1,3) / 400 = 0,003 \text{ ohm}$$

che è esattamente quella di cui si parla.

Selezionando vari lotti posso dire per esempio che le GP3300SCHR hanno delle variazioni di resistenza interna che vanno da 2,4 a 2,9 volt quindi rispettivamente da 2,75 a 4 mohm mentre le GP3700SCHR hanno valori che variano da 2,3 a 2,5 volt quindi rispettivamente da 2,5 a 3 mohm, potete quindi immaginare quanto sia importante la selezione delle celle soprattutto in applicazioni con correnti elevate.



Nuova tecnica per la saldatura delle celle.

Anni fa, quando si usavano 27 celle da 1100mAh per realizzare il pacco da 1100gr, uscì una nuova cella che pesava quel poco di più che non permetteva l'assemblaggio di 27 celle con la tecnica della saldatura a stagno perché quei 15-20 gr. di stagno portavano inesorabilmente fuori peso il pacco.

Nello stesso periodo ci frullava nella testa come risolvere il problema del trasporto delle batterie in aereo, dovevamo andare a San Diego per un mondiale. Nella stiva di molti aerei si raggiungono temperature bassissime che possono compromettere facilmente la saldatura a stagno.

Altri dubbi relativamente alla bontà delle saldature di testa a stagno incominciavano a sorgere perché non sapevamo con certezza assoluta se la saldatura avvenisse perfettamente o leggermente fredda in quanto il tempo per insistere con il saldatore era una via di mezzo per cercar di realizzare una buona saldatura ma nello stesso tempo non bisognava sciogliere la gomma della valvola del polo positivo.

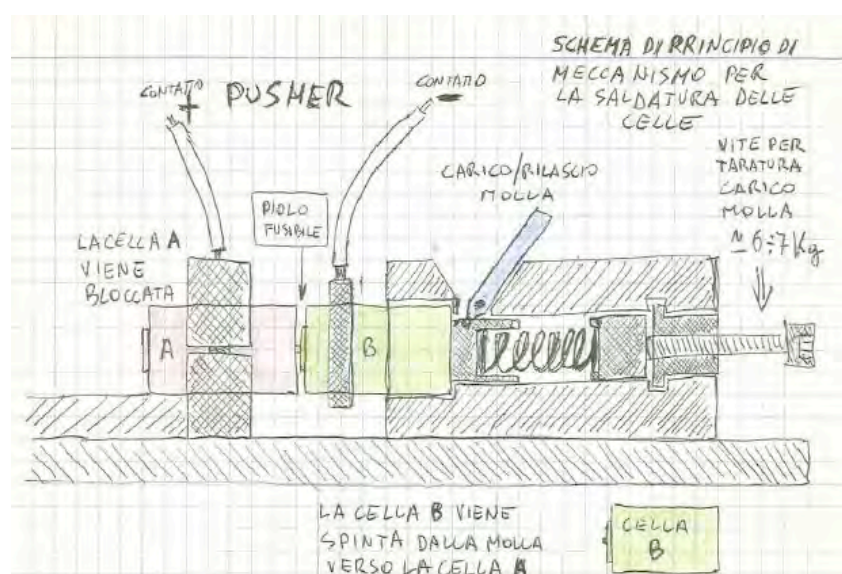
Spinto da questi problemi + o – condivisibili, ho sviluppato una nuova tecnica di saldatura che si rifà alle tecniche di elettro saldatura delle viti o di qualsiasi altra parte metallica su altre parti metalliche. Avevo visto in una fiera dell'elettronica una ditta che pubblicizzava questa tecnologia, quindi ho fatto delle ricerche per trovarne una in zona che facesse al caso nostro. Durante una visita c/o la ditta prescelta ho spiegato che cosa avevamo intenzione di fare (saldare di testa le nostre batterie). Con molta pazienza il titolare mi ha spiegato in un mezzo

pomeriggio la tecnica di saldatura e le regole principali per ottenere delle ottime saldature. Verificato che le energie in ballo per questo tipo di saldature erano paragonabili a quelle da noi utilizzate per il pushing, che la batteria di condensatori usata era molto simile al pushatore, tensioni di esercizio identiche, sono tornato a casa e ho cominciato a far esplodere fili di acciaio finché non ho trovato una procedura che mi permettesse di realizzare la saldatura.

Per saldare due superfici con l'elettro saldatura, per esempio la testa di una vite su una lamiera, è indispensabile che la testa della vite sia leggermente bombata con una inclinazione della superficie di circa $1-2^\circ$, che la testa della vite abbia nel suo centro un piolo in acciaio di diametro variabile tra 0,8 ed 1 mm e con altezza rispettivamente di 0,8 o 1 mm.



A questo punto si collega il polo negativo del pushatore alla lamiera ed il polo positivo alla vite. Per ottenere la saldatura bisogna, prima di dar tensione all'SCR, trovare un sistema per esercitare una forza di compressione con una molla di circa 6-8 Kg. che spinga la testa della vite contro la lamiera. Fatto ciò si può dar tensione di gate all'SCR.

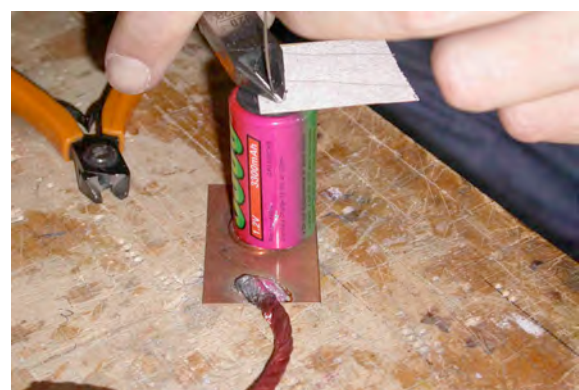
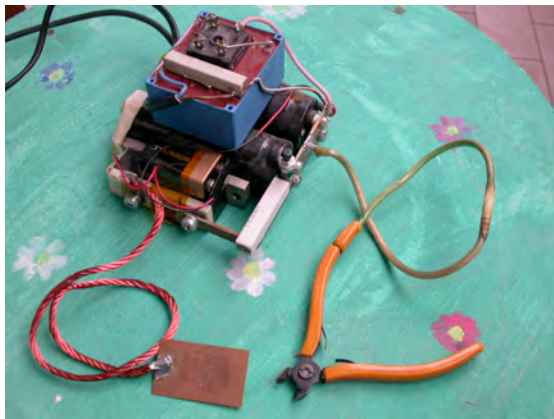


In una frazione di secondo il piolo in acciaio fa da fusibile ed esplode sublimando. La sublimazione istantanea di questo piolo innesca un arco tra la

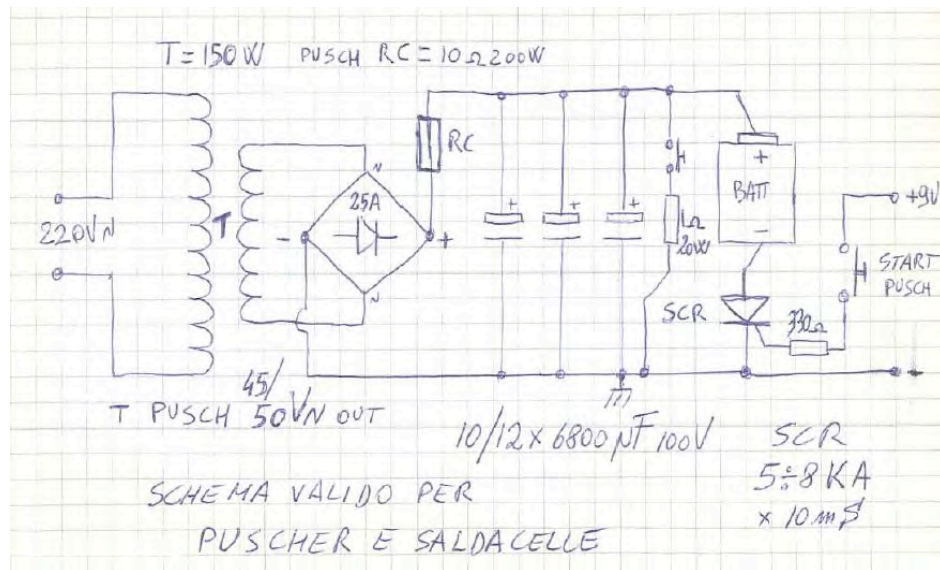
testa della vite e la lamiera, la molla muove la vite verso la lamiera molto rapidamente. L'arco che si è creato viene schiacciato e quindi non può far altro che migrare con una forma ad anello dal centro verso la periferia. La forma bombata della testa della vite aiuta molto questa migrazione dal centro all'esterno della vite. Questo arco scioglie la superficie della vite e della lamiera che andando in contatto sciolte, si saldano l'una contro l'altra fortemente. Il processo dura poche frazioni di millisecondo.

Questo tipo di saldatura risulta essere estremamente tenace, a bassissima resistenza interna e molto ripetibile.

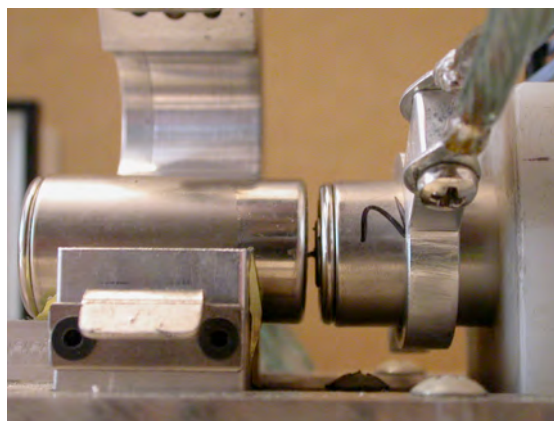
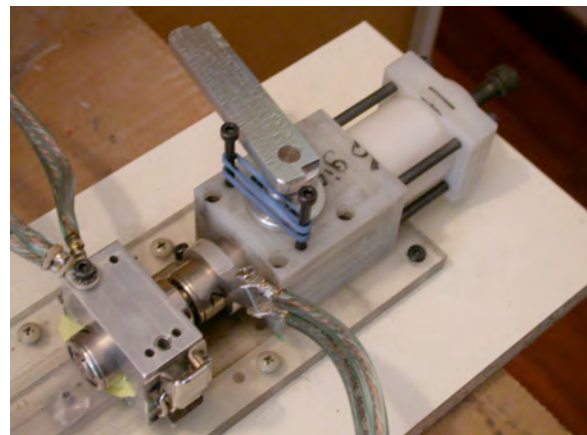
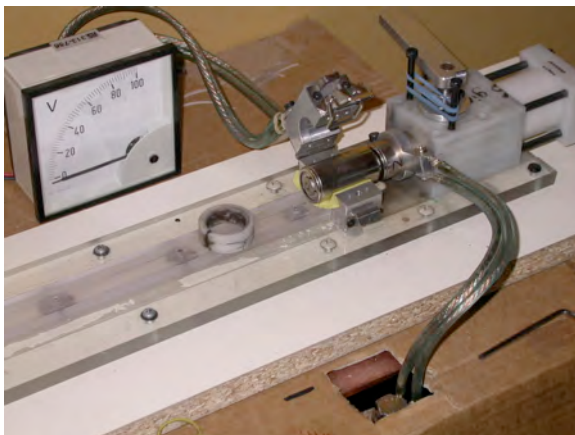
Applicando questa tecnica alle celle, ho sviluppato un primo sistema a bassa potenza (sempre con elettro saldatura a 2 condensatori) per fissare il piolino di acciaio sul polo positivo di ogni cella.



Relativamente al circuito elettrico per saldare le celle o per saldare il piolo di acciaio si fa riferimento allo schema del pushatore, con l'unica differenza per il dal dapiolo che deve lavorare con una tensione non superiore ai 55V e può utilizzare un SCR molto più piccolo 1KA per 10mS e soli due condensatori in parallelo da 6800uF.

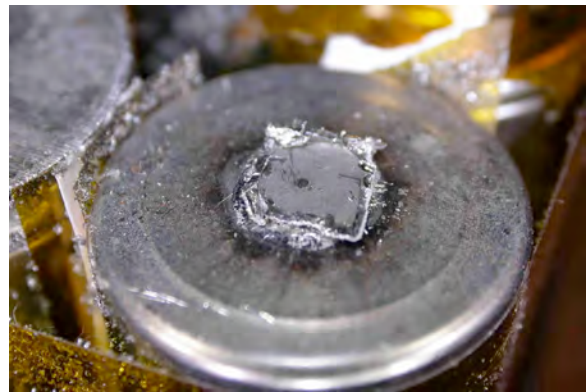


Per la saldatura tra le celle invece abbiamo costruito un attrezzo che è in grado di pressare con una molla due celle l'una contro l'altra, abbiamo collegato il polo negativo del pushatore al negativo della cella che porta il piolo ed il positivo del pushatore alla cella che presenta il polo negativo da saldare. Dando tensione all'SCR la saldatura è fatta in un'istante.



Per quanto riguarda la bombatura o del polo positivo o di quello negativo delle celle da saldare, se guardate attentamente tutte le celle noterete che queste hanno o il polo positivo o il polo negativo leggermente bombati (vedi foto precedenti), quindi il gioco è presto fatto 😊

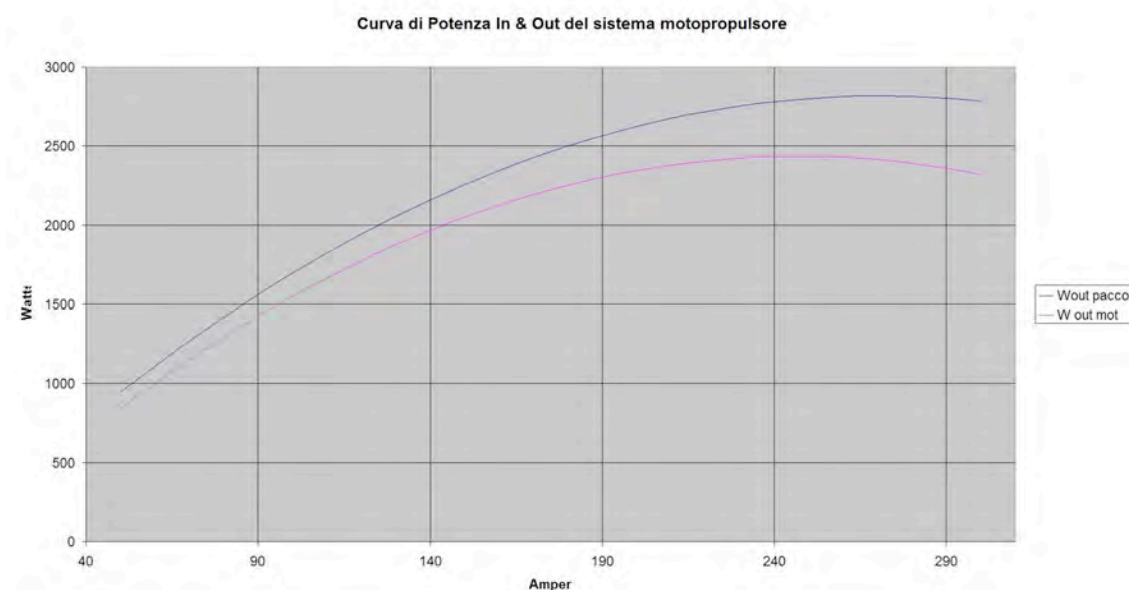
In tempi veramente brevi si riescono a realizzare saldature di ottima qualità, estremamente resistenti a tal punto che è praticamente impossibile disassemblare i pacchi, a meno di rovinarli perché o il polo negativo o quello positivo normalmente non cedono ma si strappano, danneggiando irreparabilmente la cella.



Carico elettronico per misurare il pacco batterie.

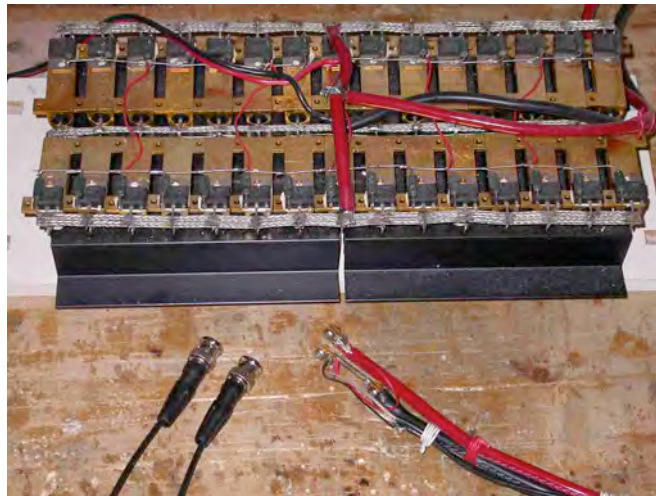
Dopo aver puschato, selezionato ed assemblato un pacco batterie ci siamo accorti che era comunque conveniente verificarne la sua reale potenza. Un altro problema essenzialmente non risolto era la necessità di conoscere la potenza a disponibile per poi utilizzare questi dati sperimentali come input al programma per la progettazione delle eliche.

Ah cella	3.7	n° celle	16		RPM/V	4520	A no load	3.5	
fatt rid.cap.	0.9	V cella	1.3		Rint motore	0.0035	Eff. Gear	0.97	
		Rint cella	0.0024		Rint controller	0.0005			
					gear	6.71			
	Sec. Mot	Amper	Vout pacco	Wout pacco	Energ tot pacco	RPM out	Coppia	W out mot	Eff.
	240	50	18.9	944	226333	12583	0.639	842	891.82
	200	60	18.5	1110	221730	12298	0.777	1000	900.83
	171	70	18.1	1268	217127	12012	0.914	1149	906.50
	150	80	17.7	1418	212523	11726	1.052	1291	910.05
	133	90	17.3	1561	207920	11441	1.189	1424	912.14
	120	100	17.0	1696	203316	11155	1.326	1549	913.17
	109	110	16.6	1823	198713	10870	1.464	1665	913.39
	100	120	16.2	1943	194110	10584	1.601	1774	912.95
	92	130	15.8	2055	189506	10298	1.739	1874	911.98
	86	140	15.4	2159	184903	10013	1.876	1966	910.53
	80	150	15.0	2256	180300	9727	2.014	2050	908.67
	75	160	14.7	2345	175696	9441	2.151	2126	906.42
	71	170	14.3	2426	171093	9156	2.288	2193	903.81
	67	180	13.9	2500	166489	8870	2.426	2252	900.85
	63	190	13.5	2566	161886	8585	2.563	2303	897.54
	60	200	13.1	2624	157283	8299	2.700	2346	893.88
	57	210	12.7	2675	152679	8013	2.838	2380	889.86
	54	220	12.4	2717	148076	7728	2.975	2406	885.46
	52	230	12.0	2753	143472	7442	3.112	2424	880.67
	50	240	11.6	2780	138869	7157	3.249	2434	875.47
	48	250	11.2	2800	134266	6871	3.387	2435	869.81
	46	260	10.8	2812	129662	6585	3.524	2429	863.67
	44	270	10.4	2817	125059	6300	3.661	2414	857.00
	43	280	10.0	2813	120455	6014	3.798	2391	849.75
	41	290	9.7	2803	115852	5728	3.935	2359	841.86
	40	300	9.3	2784	111249	5443	4.072	2320	833.25

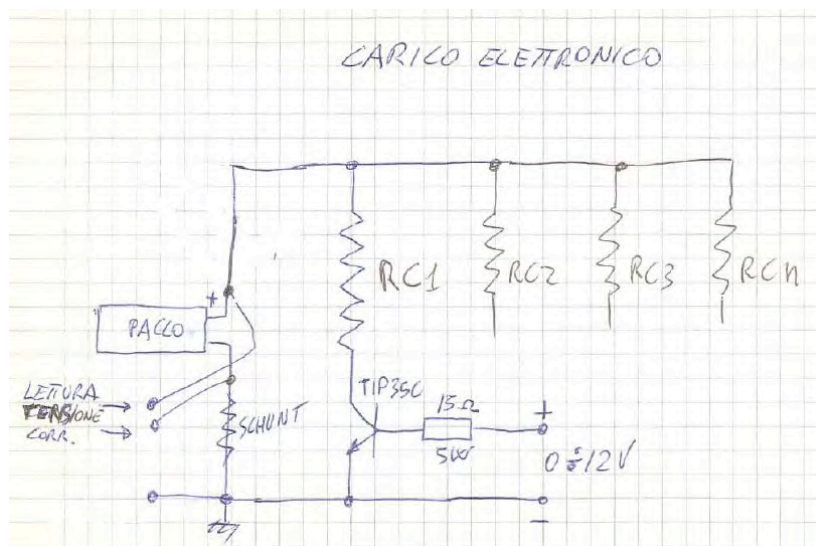


Abbiamo quindi realizzato un semplicissimo carico elettronico che fosse in grado di scaricare il pacco fino ad una corrente di circa 400 A.

Il carico elettronico è costituito da una serie di circuiti in parallelo composti da un transistor e da una resistenza di potenza in serie al collettore.



Variando la corrente di base cambia la corrente di collettore e conseguentemente la corrente assorbita dal pacco.

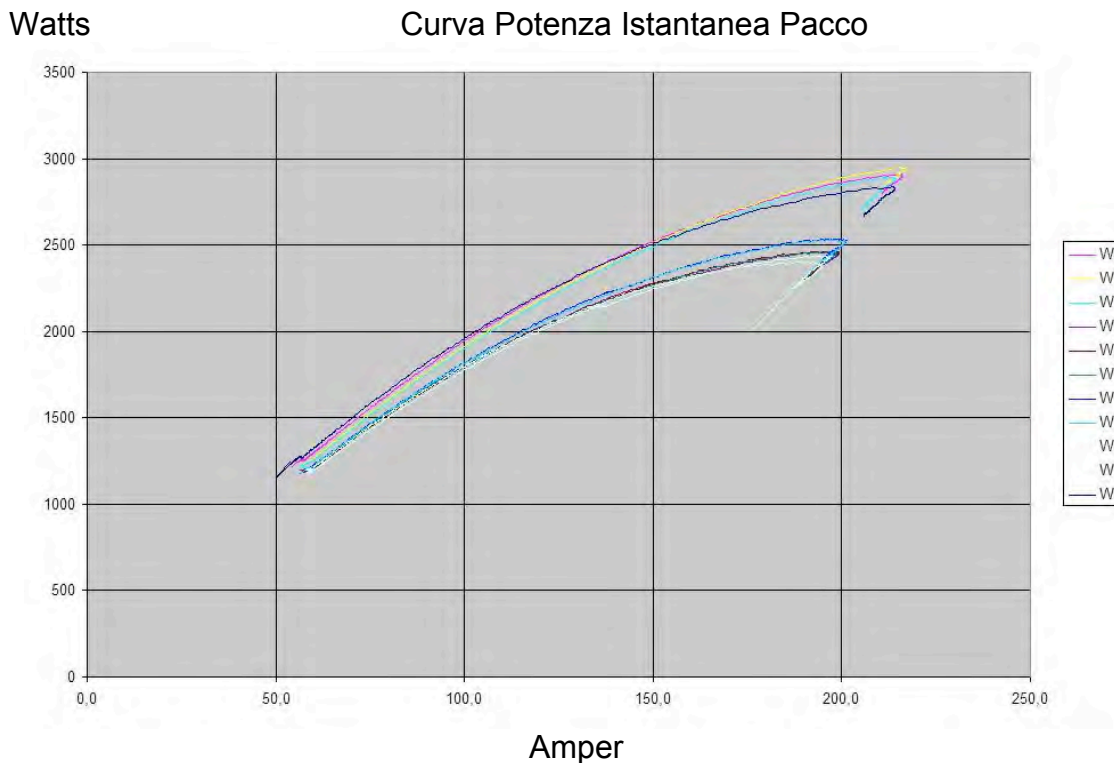


Le misure/registrazione di Amper e Volt vengono effettuate con il solito datalogger della Pico Technology. Lo shunt per la misura della corrente è stato realizzato con un pezzo di costantina di appropriata lunghezza e diametro.

Per gestire basse potenze dissipate si poteva scegliere di scaricare poche celle in serie, la scelta di scaricare un intero pacco era stata essenzialmente legata al fatto di realizzare un solo circuito che potesse essere utilizzato per molteplici test.

Con questo semplice circuito abbiamo potuto fare moltissime prove che ci hanno aiutato a capire le performance del pacco.

Abbiamo verificato la curva di potenza del pacco facendo variare velocemente la corrente assorbita da un minimo ad un massimo, la stessa prova la si può fare al variare della temperatura.



Le variazioni di potenza del grafico sono dovute ad una variazione della temperatura del pacco stesso.

Simulando la scarica di un volo standard un altro test è stata la verifica della potenza reale disponibile durante il volo. Anche questo test effettuato a diverse temperature ci ha aiutato nel centrare la miglior temperatura di utilizzo delle celle.

Altre verifiche sono state la comparazione tra pacchi per sapere quali sono realmente i migliori piuttosto che identificare la miglior procedura di carica per ottenere la massima potenza.

Per concludere, l'ultima raccomandazione importante per l'utilizzo delle batterie NiMh.

Queste batterie sono sempre state caratterizzate da un'autoscarica rilevante e/o decisamente più notevole rispetto alle NiCd.

Effettivamente questa autoscarica esiste anche in quelle NiMh che hanno delle resistenze interne molto basse.

L'autoscarica non è una funzione uguale per tutte le celle quindi ognuna riduce la propria capacità in maniera assolutamente singolare. Questa caratteristica porta ad avere celle molto sbilanciate tra loro nel momento in cui le si assembla in un pacco.

Non potendo controllare il livello di carica di una cella, se nel pacco ritroviamo celle con capacità residua diversa, nel momento in cui le si va a caricare e scaricare, normalmente accentuano questa sbilanciatura.

Inesorabilmente ci troveremo quindi ad avere celle che si caricano e scaricano prima di altre. Caricando e scaricando rapidamente le celle si ottiene la loro morte perché alcune andranno in inversione di polarità durante la scarica che a correnti elevate è assolutamente deleteria, parimenti in carica rapida alcune

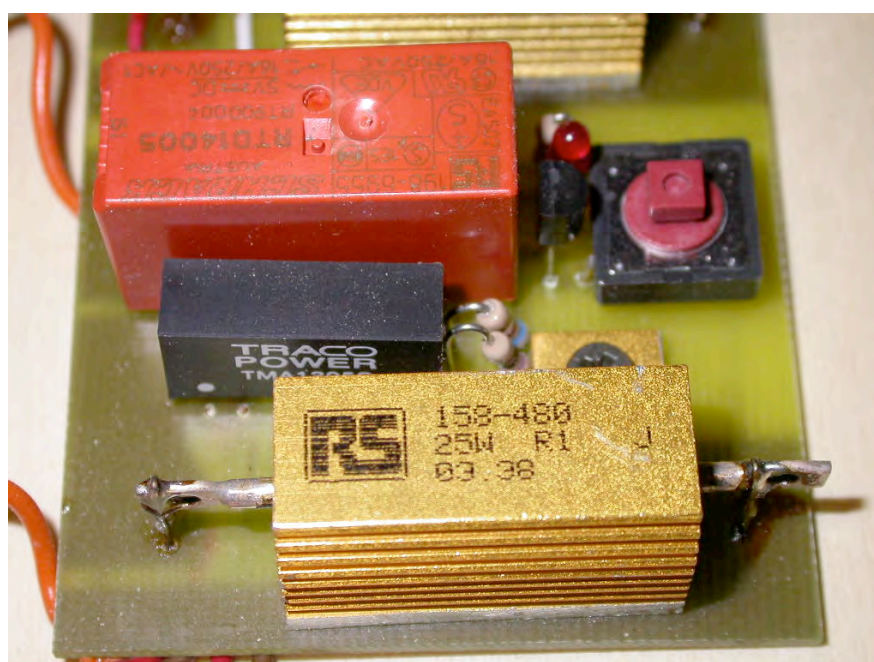
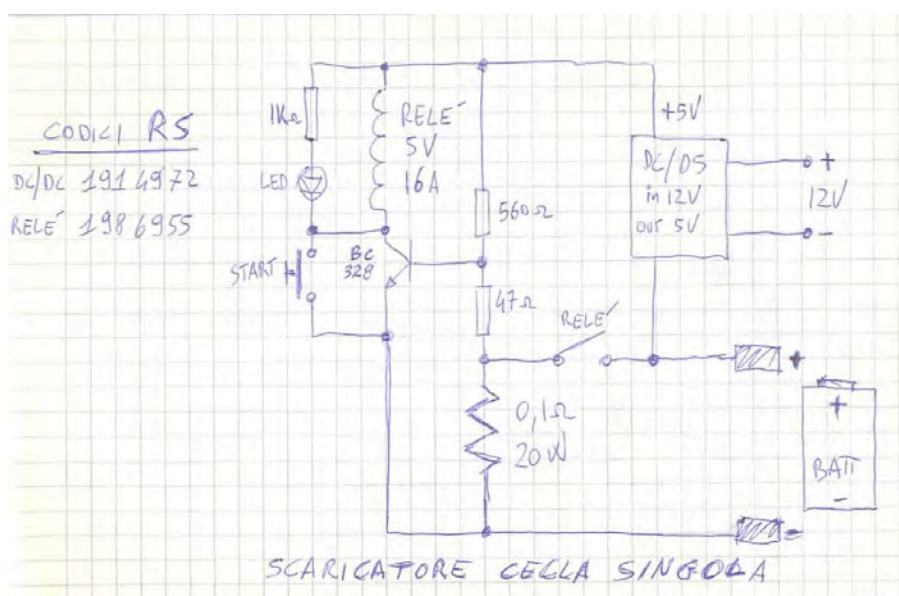
raggiungeranno la carica prima di altre, queste ultime si scaldano fino a far aprire la valvola di sicurezza che anche in questo caso risulta estremamente penalizzante per la sopravvivenza della cella stessa.

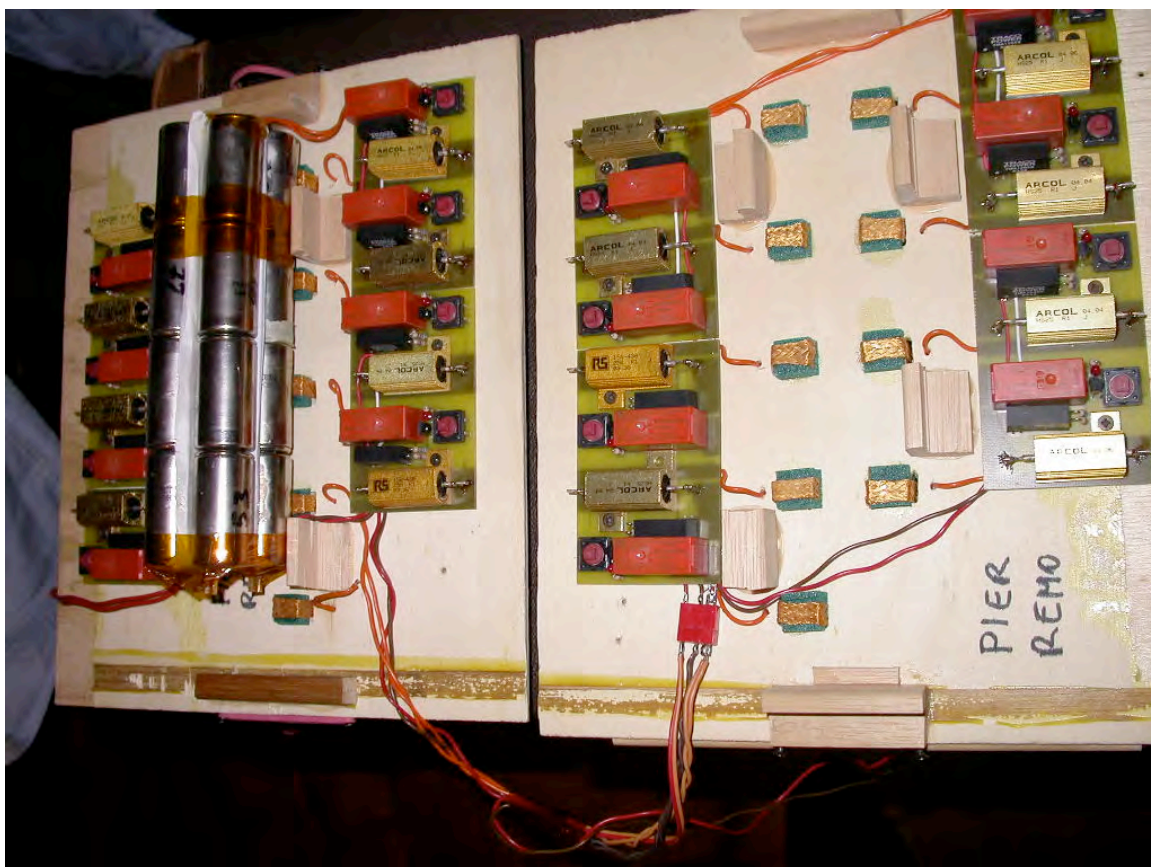
Una soluzione relativamente semplice al problema è la realizzazione di una sorta di scatola che sia in grado di scaricare fino a zero ogni cella singolarmente.

In questo modo avremo il pacco perfettamente bilanciato.

Il metodo più semplice è realizzare lo scaricatore con un diodo + una resistenza in serie di valore appropriato, per esempio il diodo da 10 A e la resistenza può avere un valore di 0,1 ohm 20W. Successivamente si deve realizzare una scatola con tanti diodi-resistenza in serie quante sono le celle del vostro pacco collegati ad un array di contatti che vanno a collegarsi ad ogni singola cella.

Il sistema che ho costruito è relativamente più complesso. L'unico vantaggio è che nel momento in cui la cella raggiunge una tensione prestabilita si scollega automaticamente dalla resistenza di carico. Questo porta ad avere celle leggermente più bilanciate tra loro.





Alessandro Mossa
alessandro.mossa@libero.it
+393488904303

LE ELICHE e LE BATTERIE PER I MODELLI ELETTRICI DELLA CATEGORIA FAI F5B

In occasione del simposio 2000 abbiamo avuto l'opportunità di raccontare tutto quello che sta intorno ad un aliante elettrico della categoria F5B. Siamo partiti dal regolamento per arrivare a tutto quello che viene fatto, dalla progettazione alla realizzazione finale.

In occasione del simposio 2005 vogliamo concentrarci su due importanti aspetti dell'insieme.

L'elica e le batterie.

Negli ultimi anni queste due parti hanno avuto un grosso sviluppo tecnologico che ha portato novità ed innovazione alla categoria.

Eliche per F5B di Eduardo Molfino

Simulatore F5B (teoria del programma di calcolo - risultati).

L'elica inserita nel simulatore (catena modello F5B e iterazioni per trovare il miglior compromesso).

Il programma JavaProp (come si usa), logiche di progetto dell'elica ed output del programma.

Disegno CAD 3D e presentazione nuovo concetto di mozzo per pale ripiegabili.

Realizzazione dello stampo CNC

Simulatore F5B (teoria del programma di calcolo - risultati).

L'elica inserita nel simulatore (catena modello F5B e iterazioni per trovare il miglior compromesso).

“Nulla di nuovo sotto il sole” si potrebbe riassumere a grandi linee quanto si è fatto per i mondiali 2002 e 2004, ma non porterebbe giustizia a molte piccole novità apparse.

Quanto esposto nel precedente Simposio è una lettura d'obbligo, già che le strade intraprese allora furono percorse.

Cosa pensavamo e abbiamo verificato in pratica:

L'importanza delle finiture superficiali e la costruzione dell'ala nel rispetto di piccole tolleranze necessarie per una realizzazione fedele al progetto teorico.

L'importanza del processo di pushatura e di selezione delle batterie.

L'importanza della rigidità delle ali.

La taratura e l'accuratezza del software di simulazione.

L'importanza dell'elica e dell'ottimizzare dell'insieme modello-motore-elica-batterie.

Come abbiamo provveduto:

Modelli costruiti in stampo dai russi. Abbiamo consolidato il rapporto con gli amici russi Sergey Sobakin e Anashin con i quali abbiamo raggiunto una sorta di accordo dove hanno ascoltato in buona parte le nostre idee e i nostri consigli. Questo ci ha permesso di avere dei modelli congruenti con il nostro progetto. La tecnologia costruttiva russa è risultata essere ai massimi livelli, praticamente irreplicabile. Vengono impiegate tecniche costruttive in sottovuoto ad alta pressione e temperatura sia per le ali che i longheroni e le fusoliere. Gli stampi sono costruiti con una precisione e meticolosità nella finitura delle superfici e perfezione nelle chiusure sorprendenti.

Relativamente alla pushatura e alla selezione delle batterie abbiamo sviluppato una tecnologia "nostrana" che ci ha permesso di non essere più dipendenti dalle varie case produttrici che forzatamente forniscono le batterie migliori alle prime squadre quali Germania, Svizzera, Austria etc.

Prestando molta attenzione alle prove in campo e ai voli di gara abbiamo tentato di affinare per quanto possibile i risultati dei software di simulazione.

Tutto ciò ci ha portato ad avere nel 2002 un modello co-progettato fra Italia-Argentina e Russia che ci ha fatto sentire molto vicini, in prestazioni, ai primi team.

Anche se i risultati complessivi di gara non sono stati eclatanti, certe performance puntuali supportano questo concetto, come le 43 (tante quante Leodolter!!) basi fatte dal nostro Remo Frattini in un volo del mondiale 2002 e/o in altre occasioni.

Descrizione del modello russo:

Pianta alare crescent quadroflap, allungamento 12.3

Profilo Molino, M90-712 all'incastro per arrivare a M90610 in estremità

Esecuzione perfetta dal punto di vista delle finiture superficiali e della rigidità

Versione originale: momento di coda corto, pianetti a V 10%

Questo modello è stato adottato anche dai team America, Olanda, Russia, Spagna, Giappone, Svezia.

Versione Italian Team: momento di coda allungato di 12 cm, pianetti a V oppure a Croce tradizionale (Mossa)

L'Avionik B1 aveva purtroppo alcune lacune che sono sfuggite alla progettazione ma che sono state recuperate a furia di prove in campo e conseguentemente con l'applicazione di alcune modifiche di seguito elencate:

- 1) Mancanza di stabilità longitudinale, particolarmente in fase di atterraggio (oscillazioni sgradevoli e pericolose in prossimità dell'atterraggio).
- 2) Tendenza allo stallo di estremità (profilo e pianta alare non adeguate in estremità).
- 3) Mancata coordinazione nelle virate, tanto ad alta come a bassa velocità, dovuta a scarsa area laterale dei piani di coda.
- 4) Molta difficoltà per tenere una traiettoria giusta nelle virate strette in base (tendenza ad alzare il muso in uscita oppure a fermarsi nella virata).
- 5) Performance di durata non stabile.

La versione di fusoliera allungata ha mitigato in buona parte alcune di queste mancanze, ed ha lasciato un modello abbastanza docile da pilotare, e comunque abbastanza performante.

La morale di tutto ciò è che guardando la foglia abbiamo perso di vista il bosco. E' fondamentale che un modello di alta velocità sia anche molto stabile e ben coordinato nelle virate perché è molto difficile sopperire con il pilotaggio alle "stranezze" di alcune traiettorie, specialmente in prossimità dei 200 km/h. Ogni correzione porta a rallentare il volo e conseguentemente al risultato finale in termini di basi.

Abbiamo comunque avuto un modello molto affidabile dal punto di vista strutturale, in ottimo peso complessivo, anche se leggermente "impiccato" per quanto riguarda l'area progettata, Alessandro Mossa infatti ai mondiali ha dovuto "aggiungere" area al quota per evitare controversie.

Per quanto riguarda il volo di durata la versione con fusoliera lunga era piacevolissima da pilotare, sensibile alle termiche, capace di virate molto strette in spirale per tenere le termiche.

L'evoluzione ci porterà a cambiare ancora profilo, per migliorare le caratteristiche di flap molto deflesso in virata, senza perdere di vista l'attrito basso a C_p bassi. Il nuovo profilo, anche lui figlio di Xfoil, ha il camber e lo spessore leggermente più arretrati rispetto al M90, ed ottiene il massimo della sua performance di velocità con il flap deflesso fra 0.5 e 1 grado negativo.

Per il mondiale del 2004, abbiamo messo a fuoco altri particolari, come il meccanismo di ripiegamento dell'elica e l'aumento delle superfici dello stabilizzatore a V.

Ad intuizione avevamo capito che non c'era granché da fare con altri particolari, come il profilo alare.

Sempre nell'ottica di ridurre l'attrito, per l'elica ho sviluppato un meccanismo di enorme semplicità e completamente nuovo che consente nella fase di planata un perfetto accoppiamento fra pala e fusoliera.





Chiarendo il concetto di semplicità, si parla sempre di particolari costruiti specialmente in fresa e di eliche fatte in stampo, la semplicità è visibile per la diminuzione di parti, la pulizia aerodinamica e la robustezza di tutto l'insieme. Questo concetto è ancora in piena evoluzione, posso anticipare che in futuro avrà ancora meno parti e più pulizia aerodinamica.

Per quanto riguarda l'aumento delle dimensioni dello stabilizzatore a V, anche se pagando un po' di drag in più per la superficie abbiamo preferito privilegiare la stabilità che ha sicuramente portato del grande beneficio nella prova di velocità soprattutto durante la virata che si è dimostrata sicuramente più coordinata e pulita, in durata la grande stabilità di volo ci ha permesso di guadagnare qualche secondo di motore in meno, in atterraggio sono spariti completamente gli atteggiamenti di forte beccheggio a bassa velocità con configurazione butterfly tutto fuori.

Torniamo un attimo al simulatore e ad Xfoil.

Tra il mondiale 2002-2004 ho tentato di migliorarne le caratteristiche cercando di avvicinarmi al risultato pratico.

Il simulatore F5B sviluppato cerca di tener conto di tutti i parametri del modello e della prova di velocità stessa, cercando di ottimizzare sia la miglior combinazione della prova stessa che i parametri di progetto del modello.

La ragione per la quale è indispensabile un simulatore è sostanzialmente legata alla necessità di valutare il peso di ogni singola parte che concorre al risultato finale della performance.

Il miglioramento che ha questa versione rispetto alla precedente è la possibilità di usare delle "polari ottimizzate".

Cosa sono le polari ottimizzate:

Di base un riassunto dei valori di drag per ogni C_p , con l'uso del flap ottimizzato.

Come si costruisce una polare ottimizzata:

Si calcolano con Xfoil le polari per il profilo di base, in range di Reynolds fra 90000 e 720000, ogni 10000 di Re. In totale sono 63 polari.

Si ripete l'operazione per il profilo con il flap a 2 gradi

Si ripete l'operazione per il profilo con il flap a 4 gradi

Si ripete l'operazione per il profilo con il flap a 6 gradi

Si ripete l'operazione per il profilo con il flap a 8 gradi

Si ripete l'operazione per il profilo con il flap a 10 gradi
Si ripete l'operazione per il profilo con il flap a 12 gradi
in totale sono 441 polari, che rappresentano ogni una il comportamento del profilo in ogni situazione.

Tutta questa mole di dati (sono parecchie ore di calcolo) viene eseguita da Xfoil comandato da un'altro programma (PolarBrowser4) da me scritto in Visual Basic. Il Cd del profilo alare viene ricercato fra le 441 polari, generando 63 tabelle che compongono il riassunto. Questo passo si fa con una apposita routine di PolarBrowser4. Il programma apre le polari del profilo con ogni flap per il Re scelto, e sceglie il Cd minimo per una serie di Cp prestabiliti.

Il simulatore (Excel) prende come dati di input principali:
il percorso del modello con coordinate 3D prelevate dal CAD3D Rhinoceros, ed in futuro confronterà i dati con quelli rilevati con il data logger installato sul modello
la massa del modello,
la curva di potenza del motore e di efficienza dell'elica ad ogni velocità,
la densità e viscosità dell'aria,
il carico alare,
l'allungamento,
la percentuale dell'area destinata ai piani di coda,
63 tabelle che rappresentano un profilo alare con flap.

Si imposta una velocità iniziale arbitraria, e da lì inizia il percorso, calcolando in ogni punto stabilito la trazione disponibile, il raggio di curvatura della traiettoria, il Cp necessario per sostenere la traiettoria, il drag (in funzione del Re, l'allungamento ecc), la distanza al punto prossimo successivo ed il tempo di percorrenza del tratto. Calcola per somma il tempo di motore utilizzato, ed il tempo totale di percorrenza.

Alla fine dell'elaborazione viene proposto il totale delle basi fattibili con indicazione del tempo rimanente disponibile al completamento della prova di velocità di 200 secondi.

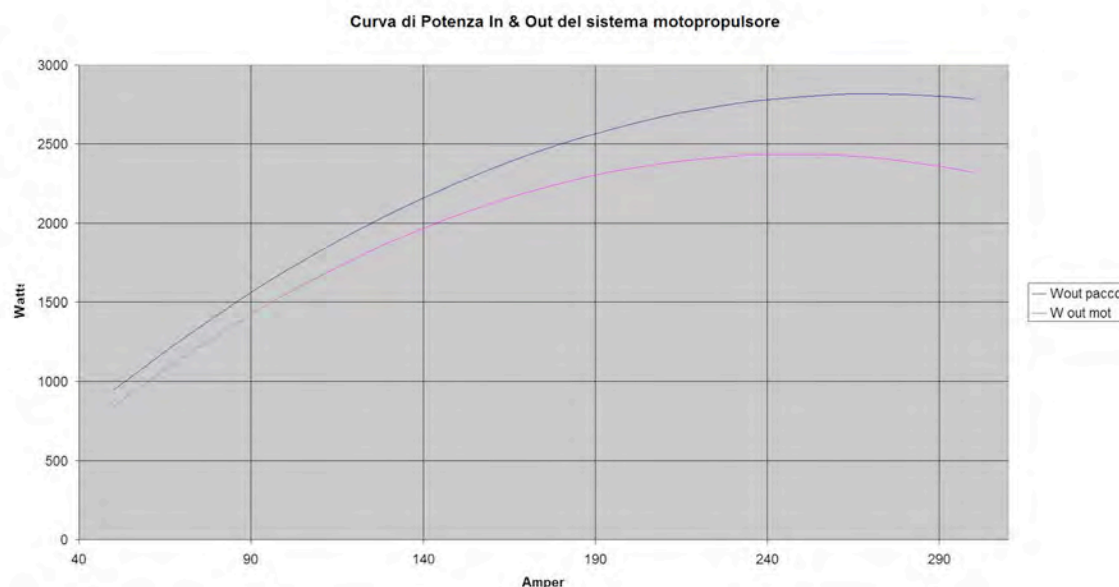
Con questa ultima versione si riesce a valutare, crediamo con una discreta precisione, l'influenza di tutti i parametri che concorrono al risultato della performance.

Uno dei più significativi è il pilotaggio ed in particolare la virata sulla base B !!! ☹

Il programma JavaProp (come si usa), logiche di progetto dell'elica ed output del programma.

<http://www.mh-aerotoools.de/airfoils/index.htm>

Per quanto riguarda la progettazione dell'elica si parte dalla curva del motore,



si progetta un'elica sul punto medio di velocità utile, (es. 52 m/s) e con i coefficienti di quell'elica si fa la simulazione. In conseguenza dei dati ottenuti con la prima simulazione si progetta un'altra elica e con i suoi coefficienti si ripete la simulazione per capire il comportamento. Si procede in questo modo finché non si trova una combinazione soddisfacente per tutto il range di utilizzo. I coefficienti delle eliche si ottengono da Javaprop, le informazioni di potenza da un foglio excel che simula il funzionamento delle batteria/motore e le velocità dal simulatore.

Più in particolare si possono riassumere i seguenti step:
si parte dalla curva di potenza del motore (vedi tabella e grafico relativi),

Ah cella	3.7	n° celle	16		RPM/V	4520	A no load	3.5
fatt.ri.d.cap.	0.9	V cella	1.3		Rint motore	0.0035	Eff. Gear	0.97
		Rint cella	0.0024		Rint controller	0.0005		
					gear	6.71		
	</							

si prende il punto di potenza massima e si dà come input a javaprop nella scheda "progetto",
nella stessa scheda si impostano i parametri di potenza massima e numero di giri corrispondenti,
il diametro dell'ogiva (.014),
un diametro arbitrario per l'elica (.5),
la velocità minima stimata del percorso che si deve fare (esempio 35 m/s).

Si va sulla scheda "profili" e si sceglie "eppler 193 Re 100000" in tutta la pala, si torna sulla scheda progetto e si avvia con il pulsante relativo "disegnare".

Si va sulla scheda "geometria" e si vede com'è fatta la pala.
Se le corde sono troppo grosse, si cambia l'angolo del profilo (aumento in questo caso) finché si ottengono delle corde ragionevoli. Viceversa in caso opposto.

A questo punto si torna sulla scheda progetto e si inizia a modificare il diametro e a ricalcolare considerando il dato relativo all'efficienza dell'elica.

Con questa procedura si trova il diametro ottimale, (o di compromesso) per l'elica.

Tornando sulla geometria se serve, si aggiustano gli angoli d'attacco in funzione della corda.

Io cerco di dare un angolo d'attacco maggiore in centro (secondo profilo) perché così l'elica stallerà prima in centro che in estremità. Questo aiuta molto in decollo dando comunque una alta trazione.

A questo punto si analizza la scheda "analisi multipla" per dedurre a quale velocità

l'elica non ha più trazione. Si confronta questa velocità con la massima che si può raggiungere in volo orizzontale con la potenza a disposizione (nel nostro caso più di 72 m/s). A seconda dei casi si decide cosa fare, per esempio se si ottiene una velocità più bassa della teorica raggiungibile, si aumentano gli angoli d'attacco dei profili, oppure si modifica la velocità sulla scheda progetto con una velocità maggiore e si riprogetta.

Ad ogni modifica che si apporta si deve riconsiderare la scheda analisi multipla e conseguentemente controllare la velocità di stallo dell'elica e la velocità massima alla quale esiste ancora trazione.

E' indispensabile fare anche l'analisi singola per il punto di progetto in modo tale da verificare se i numeri di Re scelti sono giusti, e se l'estremità non va in transonico.

Questa procedura è da ripetere finché si trova un risultato che soddisfa più o meno tutte le specifiche.

Si salva il risultato (scheda scelte).

Da qui in poi segue una serie di verifiche per fare il match fra elica e

motore/batterie.

Sulla scheda "progetto" si cambia la potenza ed il numero di giri per un'altro punto della curva di potenza del motore, e si ripete solo l'analisi singola, per capire se lungo la curva di potenza del motore vi è qualche punto sul quale l'elica stalla o prende un funzionamento anomalo (C_p negativi in estrema, oppure C_p troppo alti da qualche parte, ecc).

Attualmente e per affinare la simulazione, si controllano una quindicina di punti corrispondenti alla curva di potenza all'albero. Javaprop fornisce nella sua scheda "analisi multipla" una tabella per un certo numero di giri con la potenza assorbita e la spinta. Si calcolano n tabelle ogni 250 giri di motore in tutto il range di potenza utile, si fa una interpolazione sulla potenza disponibile ad ogni regime, e questo genera una tabella di spinta ed efficienza in funzione della velocità. Queste tabelle sono integrate al simulatore in Excel, e ci consentono di valutare con moltissima precisione la potenza assorbita e l'accelerazione in ogni punto del percorso di salita. Una volta congelato il disegno dell'elica si passa al disegno 3D.

Disegno CAD 3D e presentazione nuovo concetto di mozzo per pale ripiegabili.

Realizzazione dello stampo CNC

www.rhino3d.com

Come primo step è indispensabile verificare se in prima approssimazione l'elica è in grado di sopportare le forze meccaniche derivanti dalla centrifuga.

Per fare ciò carico i dati di progetto di javaprop (corde, angoli) su un'altro excel che simula la forza centrifuga.

Questo excel calcola l'area trasversale della pala in 20 punti lungo il raggio, prendendo dei profili che do io arbitrariamente. Ci metto come informazione anche i 20 diametri della fusoliera dove poggieranno i profili quando la pala è ripiegata.

Se vedo che il modulo resistente necessario in ogni punto al massimo sforzo (15000 giri) è minore a quello del carbonio, vuol dire che la pala terrà agli sforzi alla quale sarà sottoposta. Contrariamente, cerco di alleggerire l'estremità oppure aumento lo spessore del profilo nel punto che non regge.

Alla fine dell'elaborazione di questo step Excel mi genera dei file di testo con coordinate che vengono caricate sul CAD3D Rhino, www.rhino3d.com

Le coordinate sono interpretate come una superficie 3D che disegna la pala senza il gambo, e la sua sagoma combacia con la sagoma della fusoliera quando si ripiega. L'occhio della pala è disegnato a mano.

Tutti i calcoli fatti con Excel sono stati effettuati attraverso funzioni e classi che ho programmato in VisualBasic e che ho sviluppato negli anni, ormai sono centinaia (se non migliaia) di ore di programmazione cumulate nel tempo, le prime righe sono state scritte nel '97 quando ho iniziato con Xfoil.

In grossa sostanza siamo arrivati a poter disegnare lo stampo o i positivi dello stampo stesso che servirà per la realizzazione finale dell'elica.

Ottenuti i file 3D sarà sufficiente trasferirli per posta elettronica a fresatore che produrrà lo stampo.

Normalmente i produttori di stampi sono organizzati per trasformare un disegno 3D in percorsi macchina, cioè effettuare il cosiddetto step CAD/CAM. Questa procedura prevede l'analisi dei file, la verifica della loro esattezza, la possibilità di fresatura con macchina a 3 o più assi, l'identificazione delle frese necessarie, l'impostazione delle diverse passate di fresa quali la sgrossatura, la rifinitura e la finitura superficiale.

Il linea di massima preferiamo sforzarci nell'eseguire il disegno 3D in modo tale che in fase di fresatura si possa usufruire di una fresa a 3 assi. Una cosa che agevola molto questa procedura è la fresatura dei positivi dello stampo. Una volta ottenuti i positivi sarà sufficiente copiarli con della resina per stampi ottenendo in questo modo lo stampo definitivo.

In molti casi abbiamo realizzato direttamente lo stampo per accelerare i tempi di produzione dell'elica, in molti casi e/o prima di partire per un mondiale può essere sempre utile avere l'illusione di avere la migliore elica del mondo ☺ !!!



Perché abbiamo deciso di sviluppare un nuovo mozzo per le eliche ?

Dal mondiali del '98 quando Pils ha portato un'elica con un mozzo strano che consentiva di avere meno sporgenze sulla fusoliera, abbiamo iniziato a preoccuparci per questo particolare. Nei mondiali del 2002 ci siamo presentati con un'elica che aveva gli incernieramenti della pala non più perpendicolari all'albero motore, ma bensì con un'angolo spaziale (cioè diverso da 90 gradi rispetto a qualsiasi dei piani che passano per gli assi principali del modello). Quest'elica, progettata da uno svizzero amico di Remo, funzionava abbastanza bene e consentiva un ripiegamento sulla fusoliera migliore che con il mozzo tradizionale. Come controparte aveva una certa fragilità, specialmente nella zona vicina all'occhio della pala, che ci ha fatto avere diverse noie (snervatura del laminato vicino all'occhio).

Tornati da quel mondiale, l'idea di avere un ripiegamento perfetto sulla fusoliera per avere la sporgenza minore possibile (meno drag) ha iniziato a frullarmi pesantemente nella testa. La difficoltà di calcolare l'angolo 3D ed il punto debole che esso genera vicino all'occhio mi ha fatto pensare ad una soluzione radicalmente diversa, cercando di risolvere queste difficoltà senza perdere di vista la semplicità meccanica.

Da una parte la sagoma dell'elica risponde nei suoi angoli ad uno sviluppo pseudo-elicoideale. La fusoliera sul muso ha una sagoma di sezioni pressoché circolari a diametro crescente dal muso verso il B.E. dell'ala. Nella mia mente si sono combinate queste due sagome, che ho iniziato a disegnare su Rhino. Per sistemare ogni profilo della pala sulla tangente della fusoliera, bastava spostare la corda del profilo sul piano trasversale alla direzione di volo. Dato che la progressione degli angoli della pala lungo il raggio è progressiva, la sagoma in pianta della pala prende una leggera curvatura (anche bella, devo dire) che risponde ad una funzione di rotazioni nello spazio, legate ai diametri della fusoliera. Per poter avere una funzione valida, c'è bisogno che il fulcro di rotazione non alteri l'angolo d'attacco della pala quando questa si apre. Per di più l'angolo iniziale della pala vicino al centro è praticamente di 90 gradi. Per poter rispettare quest'angolo e mantenerlo tangente alla fusoliera (ogiva in quel punto), i raggi piccoli della pala non sono più montati "in alto" alla fusoliera, ma bensì "di lato" all'ogiva, e centrali rispetto all'albero motore.

Le implicanze di questa disposizione sono varie, e mai collaudate prima. Inanzitutto l'incernieramento della pala sul mozzo non è più su due alberini, ma bensì su di un unico albero perpendicolare e centrato rispetto all'albero motore. Questo significa che il ripiegamento avviene "a forbice" sull'ogiva (mozzo sghebo).

Avevamo molti dubbi se questo meccanismo consentiva l'apertura per centrifuga, già che l'accelerazione angolare quando il motore parte è avversa alla centrifuga che vorrebbe "aprire" l'elica. In prima analisi entrambe le forze erano "li lì", e l'unico modo di togliersi il dubbio era costruire un'elica prototipo, con il suo mozzo particolare e corrispondente ogiva. L'abbiamo fatta ed ha funzionato alla perfezione. Questa prima elica era impostata come design sulla distribuzione di corde che risulta proposta da Javaprop con un punto di disegno di alta velocità. L'elica risultante aveva una "personalità" molto accorde al punto di progettazione: infatti era completamente stallata in partenza, perdeva velocità e trazione sulla parte verticale della salita, ma aveva una buona accelerazione per fiondarsi dentro in base.

Geometricamente parlando, ho cercato d'integrare la sagoma della pala vicino all'occhio con l'ogiva, per fare in modo che la sporgenza fosse minima. Per questo l'ogiva deve avere due "fessure" di sagoma strana per far sedere la pala quando ripiegata.

Il risultato di questa ricerca è una nuova generazione di eliche pieghevoli, con molti vantaggi sia meccanici che aerodinamici.

I primi disegni avevano le solite 2 pale in carbonio, una ogiva in carbonio, un mozzo metallico interno, un perno filettato internamente (fulcro) in acciaio, due viti per reggere le pale, più una vite per fermare il mozzo sull'albero motore.

Sull'ultimo disegno (non ancora costruito) il mozzo e l'ogiva sono un unico pezzo in carbonio, con la conseguente riduzione di peso e semplicità di montaggio. Le due fessure per ricevere la pala piegata spariscono per lasciare posto a due avvallamenti laterali, quindi l'aerodinamica dell'insieme migliora sia ad elica ripiegata che ad elica aperta.

Un'altra conseguenza di avere le due pale montate su di un unico albero trasversale centrato rispetto all'albero motore, è che l'elica si può bilanciare staticamente con un metodo molto semplice. Una delle conseguenze non tanto evidenti di questa configurazione, è che uno eventuale sbilanciamento aerodinamico o dinamico della pala, o un leggero scenteraggio dell'albero pivot non può trasmettere nessuna vibrazione sull'albero motore, premettendo che il bilanciamento statico sia perfetto. La forza centrifuga agisce solo sul perno pivot e le pale, e non più sul mozzo-ogiva, che deve solo reggere la trazione e la coppia. Quindi le vibrazioni per asimmetria della trazione o per sbilanciamento dinamico non passano all'albero motore.

La sezione delle pale sull'occhio e nella zona critica appena fuori dall'occhio risulta maggiorata rispetto alle altre configurazioni, e quindi l'insieme ha una robustezza maggiore.

Tornando sulle prove fatte, abbiamo progettato una seconda elica (le batterie sono evolute nel frattempo) più mirata alla accelerazione iniziale, cioè a 34 m/s. Quest'elica, usata nei mondiali 2004, aveva una partenza da fermo molto buona, ma mancava di accelerazione alla fine della salita, facendo sentire che doveva essere più veloce sull'entrata in base.

Tenendo presente queste due esperienze, siamo tornati a riprogettare una pala di mozzo tradizionale per poter cambiare l'angolo di montaggio sul mozzo facilmente. Questa volta non abbiamo rispettato la distribuzione di corde da Javaprop, smanettando notevolmente angoli e corde per averla di più semplice costruzione (stampo fresato direttamente).

Approfittando delle nuove batterie e del simulatore siamo arrivati ad un'elica, che pur non essendo ottimale per nessuna delle velocità in questione, la sua efficienza complessiva è risultata essere superiore alle sue precedenti.

L'elica non stalla a nessuna velocità ed ha una significativa trazione fino alla fine della salita grazie anche alla curva di potenza del nuovo insieme motore-riduttore- batterie che ci consente di abbassare i giri ed avere una potenza pressoché costante con una variazione relativamente grande di giri.

La prossima elica verrà realizzata applicando l'esperienza e l'ottimizzazione fatta con questa elica test a mozzo tradizionale con la variante di applicare l'ultimo mozzo sviluppato a bassissimo attrito aerodinamico.

Ridurre il drag totale:

capire seriamente quale sia la distribuzione del drag per ogni particolare del modello non è un compito semplice. Se solo si pensa al numero dei particolari a considerare, vengono fuori:

Ala (allungamento e profilo)

Piani di coda (dimensioni, braccio di leva e profilo)

Fusoliera (sezione frontale, spazio interno per le batterie, motore e regolatore, gestibilità dell'insieme)

Elica ripiegata.

Questo ci porta ad avere un modello matematico per il drag composto da sei termini che cercheremo di analizzare uno ad uno.

Ala

In teoria possiamo calcolare il drag dell'ala con Xfoil. Può darsi che i suoi risultati non siano veri al 100%, ma sono un buon punto di riferimento, specie per tenere conto delle variazioni del drag in funzione del Numero di Reynolds (Re). Qui

abbiamo fatto quasi tutto: poca differenza fra un profilo e l'altro, poca differenza in simulazione con allungamenti spaziando fra 12 e 18.

Piani di coda

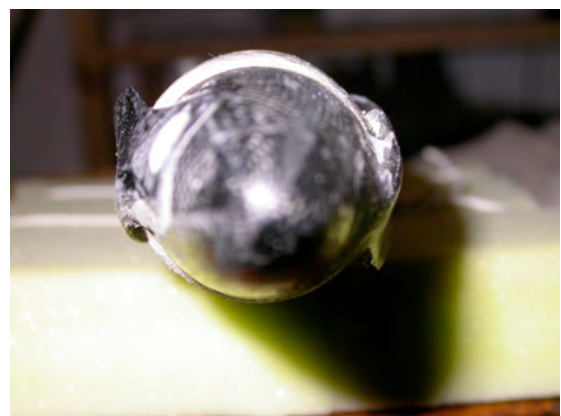
Abbiamo imparato che il 10% in proiezione per un quota a V come su B1 é INSUFFICIENTE per comandare a dovere un quadruflap. I problemi di questo modello sono dovuti a mancanza di area sia di direzionale che di profondità. Il palliativo é stato allungare la fusoliera, ma il modello rimane comunque scoordinato nelle virate e si scompone facilmente dalla traiettoria ottimale, pagando drag adizionale per intraversamenti della fusoliera. Con un pilotaggi eseguito alla perfezione le performance ottenibili sono eccellenti (vedi 43), ma basta poco per ottenere differenze significative nel risultato (si parla di 3 basi in meno). Comunque il drag dei pianetti si può valutare con Xfoil a dovere.

Fusoliera ed elica ripiegata.

Ad eccezione della fusoliera di Leodolter del 2002, tanto Wolf come Pilz hanno fatto di tutto per ridurre il suo drag. Noi ci stiamo ancora provando eliminandola completamente (sogni nel cassetto del simposio 2001, Tuttala FW15 costruito e appena collaudato).

Il drag di questo particolare è stato fino ad oggi ipotizzato "ad occhio", servirebbe una galleria del vento per avere dati certi.

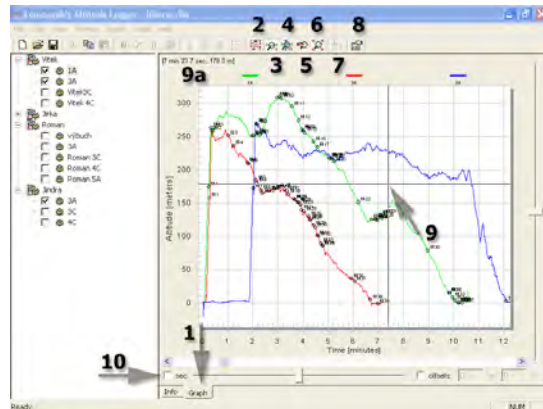
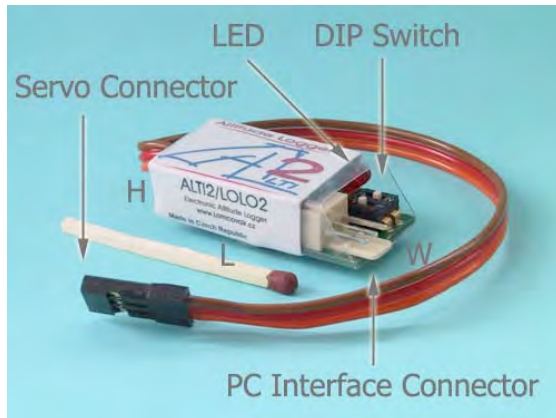
Per tentare di avere un'idea più precisa di un'ipotesi fatta a tavolino, Mossa non potendo avere accesso ad una galleria del vento ha cominciato a lanciare fusoliere dall'alto, al più puro stile Galileiano ma usufruendo di qualche aiuto tecnologico in più. Infatti le fusoliere

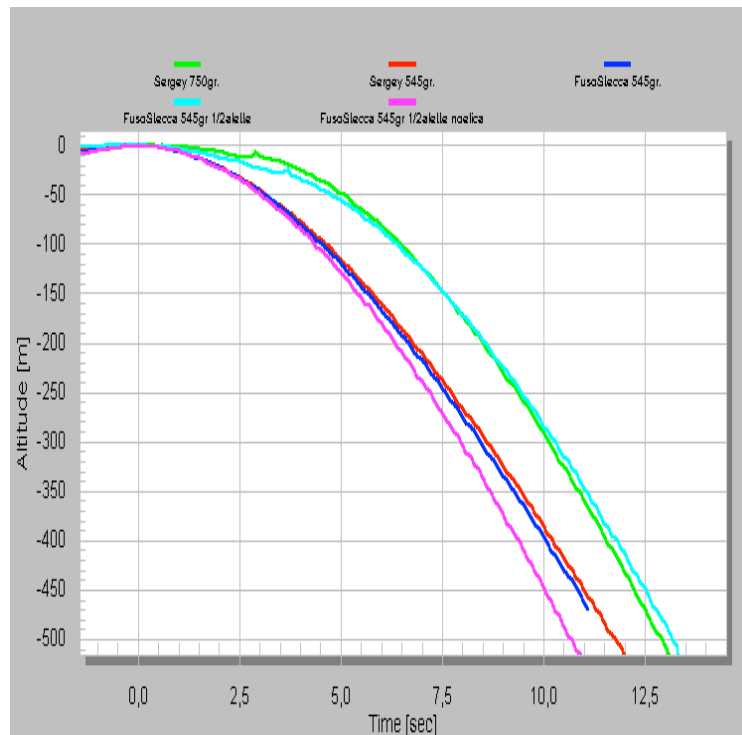


lanciate da circa 600 m di quota in caduta libera sono state equipaggiate con un logger denominato ALT12

<http://www.lomcovak.cz/a2/a2.html>

che ci consente di conoscere la quota ed il tempo trascorso, quindi la velocità raggiunta nel tempo.





La prima conclusione di questi test è stata l'apprendere che l'unico punto sul quale si può ancora lavorare è questo sottoinsieme. In linea di massima possiamo affermare che il drag del modello a circa 65 m/s dovrebbe essere così composto:

Drag fuso	38%
Drag elica	8%
Drag ala	42%
Drag Pianetti	12%
Drag totale	100%

In simulazione ogni 2.5% di drag evidenzia una base in più.

Progetti futuri:

crediamo che l'insieme fusoliera + elica possa essere ridotto del 5%, cosa che ormai non può essere raggiunta con profili alari o con la riduzione dei pianetti.

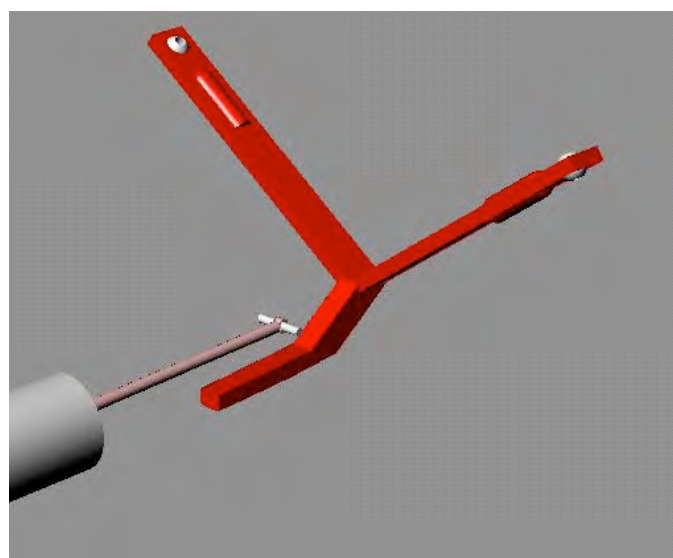
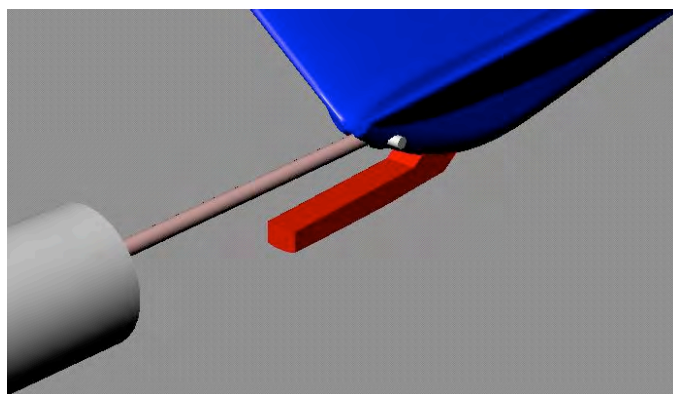
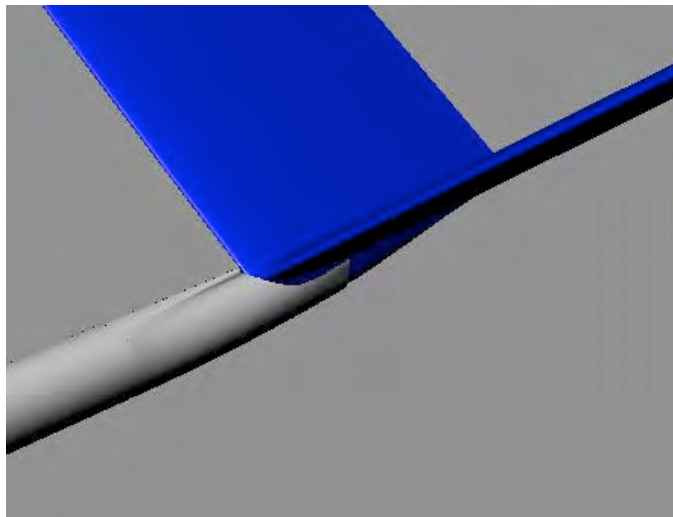
Continueremo sul tuttala pusher che teoricamente ha ancora molti vantaggi .
 drag ala+pianetti = 54%, maggiorati da un 15% per via del profilo reflex, cioè
 drag totale 62% dell'attuale, più 6% per l'elica pusher; drag totale = 68%
 dell'attuale.... una tentazione!

Il futuro modello "convenzionale"

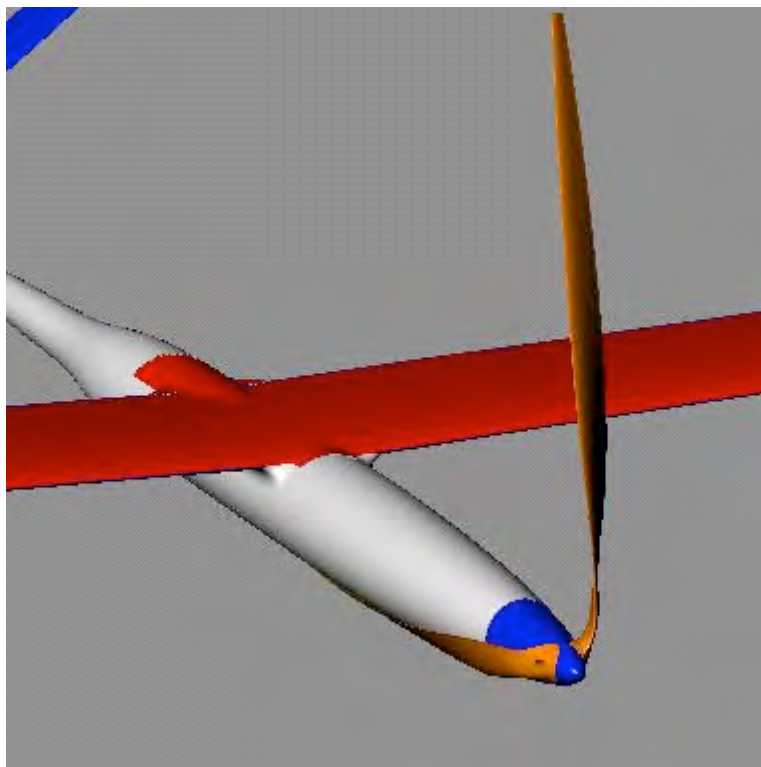
Possiamo metterlo fra i sogni nel cassetto per il prossimo mondiale, ma ormai la progettazione si trova a buon punto.

Malgrado la simulazione non dà un grosso vantaggio per le piante alari molto allungate, abbiamo scelto un allungamento di 16 che ci porta sui 2 metri di apertura. Il profilo scelto è MVI 7513, che promette delle buone caratteristiche, sia per drag minimo che per portanza massima ad alti angoli di flap, per stringere moltissimo nelle virate.

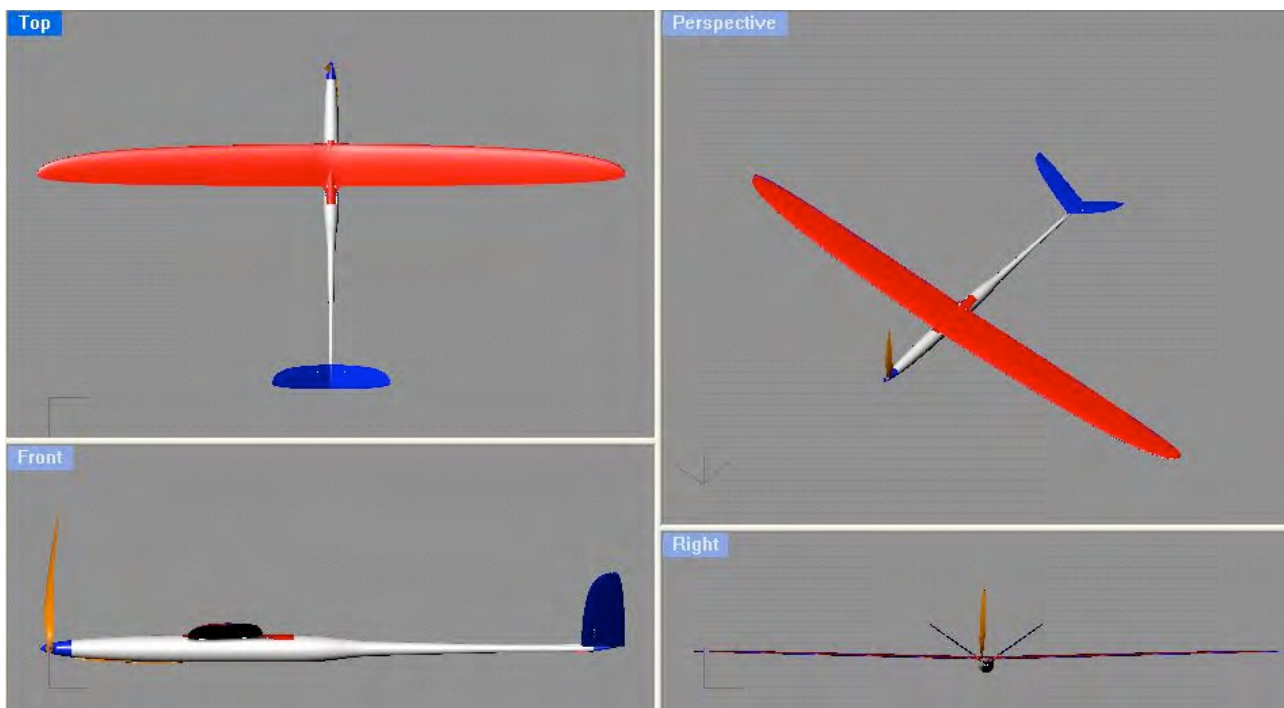
La fusoliera é stata progettata con molta cura, cercando di mantenere il flusso laminare fino al bordo d'uscita dell'ala. L'elica si accoppia perfettamente sul muso, riducendo le sporgenze al minimo. I pianetti di coda a "V" con un nuovo montaggio consentono di avere tutto il comando interno, ed un punto di ancoraggio (fulcro) spostato in alto per avvicinarsi al centro aerodinamico ed evitare sforzi sul servo ad alta velocita. Ecco un disegno di questo particolare:



Ed ecco una vista del nuovo mozzo-ogiva-elica

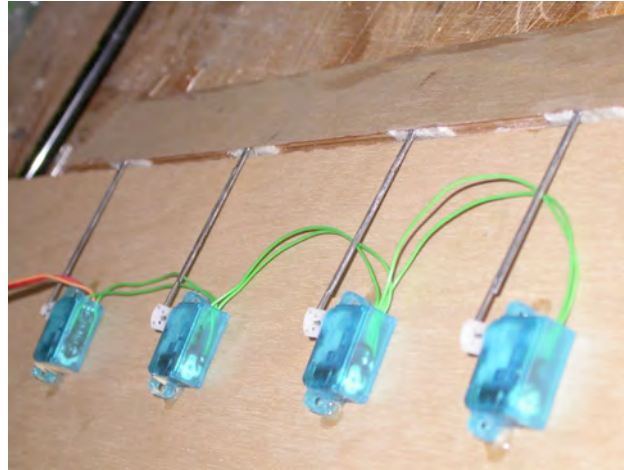


Tutto il modello:



Alcune altre caratteristiche rilevanti di questo modello sono:

Struttura alare a longherone distribuito con distanziali a V multipli,
pacco batterie a 3 stecche per ridurre l'area frontale della fusoliera,
comandi alettoni e flap interni,
sedici servi piccoli interni all'ala per comandare 4 superfici mobili (flap + alettoni),



comando cabra picchia interno,
raccordi ala – fusoliera a raggio largo (8 mm) per ridurre le turbolenze ed il drag
d'interferenza,
muso della fusoliera di sezione circolare assial-simetrica di progressione
quadratica,
riduzione ben segnata sulla parte posteriore della fusoliera per minimizzare l'area
bagnata.

Eduardo Molfino
pranava@hotpop.com