

A cura della
redazione,
collaborazione
Prof. Giulio
Romeo

L'interesse per le energie alternative e a basso impatto ambientale ha messo in fibrillazione i ricercatori di mezzo mondo, con enti, industrie ed università che creano consorzi e gruppi di studio per arrivare ai primi risultati pratici, sia nel campo del volo elettrico alimentato da batterie ad elevata tecnologia, che in quello delle celle di combustibile. Diciamo subito che si tratta di un cammino di ricerca intrapreso con grande ritardo e che ancora oggi è probabilmente ostacolato dalla "non conoscenza" delle problematiche specifiche del volo e dell'ambiente; prova ne è il fatto che in campo aeronautico queste iniziative sono ancora relegate a gruppi di studio con finanziamenti tutto sommato ridotti, mentre se si tratta di lavorare su prototipi di auto elettriche o solari è tutta un'altra storia, sia a livello di finanziamenti che di patrocinio, almeno per quanto riguar-

da l'immagine, perché poi, sul piano pratico, l'attuale dipendenza dal petrolio finirà di essere un ostacolo alla ricerca solo quando inizierà la vera penuria dell'oro nero. Ciò premesso è con orgoglio che presentiamo il progetto portato avanti dal Politecnico di Torino che coordina il consorzio ENFICA-FC (*Environmental Friendly Inter City Aircraft and two seats aircraft powered by fuel cells electric propulsion*) per lo studio di fattibilità di un velivolo da collegamento intercittadino da 10-15 posti alimentato da celle di combustibile, e per la realizzazione di un velivolo biposto leggero ad emissioni zero che sarà con ogni probabilità il primo in assoluto al mondo ad essere pilotato dall'uomo e ad utilizzare unicamente le celle di combustibile per il volo. Il consorzio, finanziato con 2,9 milioni di Euro (su un totale di 4,5 milioni di impegno di spesa previsto) dalla Commissione Europea,

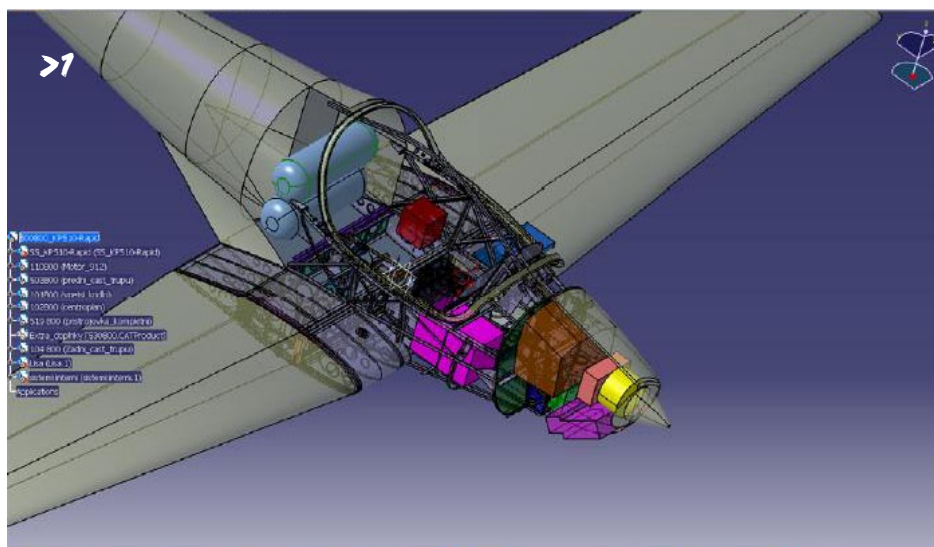
POLITECNICO DI TORINO: UN RAPID A FUEL CELL



raduna undici partners tra industrie aeronautiche, università ed aziende che si occupano di energia e di elettronica, ed ha iniziato la sua attività nell'ottobre del 2006 con un programma di tre anni di ricerca e sviluppo per arrivare al primo volo del biposto leggero per l'anno 2009, probabilmente in occasione del Salone aeronautico del Bourget. Nel corso del 2007 si sono già tenute tre riunioni tecniche collegiali, a febbraio all'Università di Brno, a Bruxelles in giugno, ed in Gran Bretagna a novembre. La realizzazione di questo velivolo sarà il primo passo per valutare la futura applicazione di questo sistema di propulsione ad una nuova categoria di velivoli leggeri da trasporto sulle brevi distanze, con inquinamento ed emissioni zero e basso impatto acustico.

PERCHÉ IL RAPID

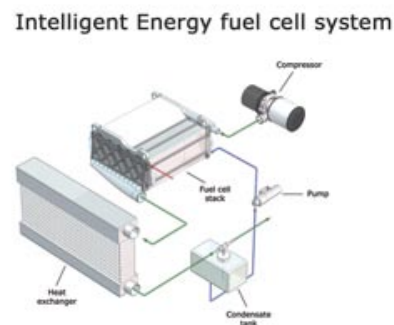
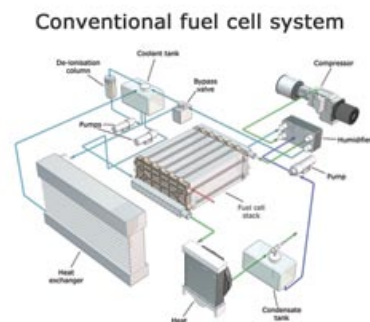
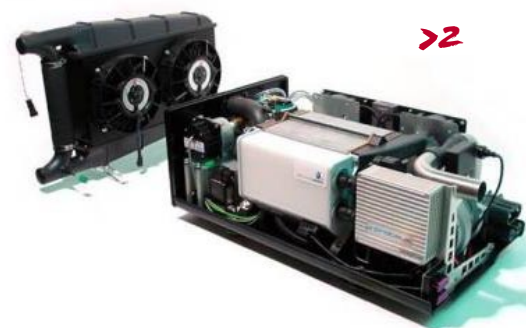
Per la realizzazione di un velivolo in grado di volare unicamente con celle di combustibile si è programmato di realizzare un sistema integrato che comprenda la fuel cell, il motore elettrico brushless ad elevata efficienza e l'elettronica di controllo, che verrà provato in laboratorio prima di essere installato su di un velivolo per i test di volo, il cui obiettivo è quello di arrivare ad almeno un'ora di volo a media velocità (dato di riferimento 144 km/h). La scelta del consorzio, dopo alcuni test di valutazione, è caduta sul Jihlavan Rapid 200 (già acquistato), un velivolo ad ala bassa interamente metallico a carrello retrattile, caratterizzato da una sezione frontale ridotta (grazie al particolare scalamento dei sedili), da linee molto profilate e da un'aerodinamica particolarmente efficiente, grazie all'ala ad elevato allungamento e alla scelta dei profili (vi rimandiamo per i dettagli alla prova in volo su AS n.104 - Novembre 2007); le motivazioni della scelta sono particolarmente interessanti: innanzitutto sono stati valutati solo aeroplani leggeri, in categoria ULM o VLA, proprio per la ridotta quantità di energia disponibile con i sistemi attuali, e la valutazione ha riguardato alla fine due velivoli: l'Evektor Eurostar ed il Rapid 200, mentre il Diamond Aircraft Super Dimona è stato scelto dalla *Boeing Research and Technology Europe* per un analogo progetto. Fra i primi criteri di valutazione la velocità di minima caduta, la quantità minima di potenza necessaria per mantenere il volo livellato ed i costi della conversione. Da segnalare che sia Jihlavan che Evektor sono entrambi partner del consorzio; il velivolo sarà dotato di un sistema di fuel cell alimentate ad idrogeno da 20 kW e di un pacco di batterie agli ioni di litio anch'esso da 20 kW da utilizzare per il decollo e la salita, che deve essere garantita almeno sino a 1.000 metri,



➤1 Lo studio della disposizione a bordo del Rapid del sistema completo, i serbatoi dell'idrogeno si trovano dietro l'ordinata sedili

➤2 La fuel cell PEM di Intelligent Energy, fra le più semplici e compatte disponibili

➤3 Il disegno dimostra la maggior complessità delle fuel cell realizzate con tecnologia tradizionale (a destra) rispetto a quella di Intelligent Energy (in basso)



per un funzionamento di circa 15 minuti (rateo medio di salita 2,5 m/s) con le batterie, e quindi l'utilizzo della fuel cell per il volo livellato con una durata totale della missione tipo di un'ora. Il peso dell'intero sistema non dovrà superare i 120 kg. La potenza minima utilizzata in volo ha dimostrato la superiorità e la maggiore efficienza del Rapid rispetto all'Eurostar: alla velocità ipotizzata di 144 km/h l'energia minima richiesta dal Rapid è di 14 kW contro i 18 dell'Eurostar, e l'energia richiesta al sistema completo fuel cell e batterie è di 18 kW contro 23, una differenza sostanziale per quello che è stato il parametro ritenuto più importante fra tutti. Ma a favore del Rapid ha giocato anche la velocità di



>1



>3



>2

>1 I partecipanti al consorzio ENFICA-FC in Repubblica Ceca, in occasione della valutazione in volo del Rapid 200

>2 Il modello di UAV ad energia solare con sette metri di apertura alare realizzato dal Politecnico di Torino

>3 Le immagini video riprese durante i primi voli test

COME È FATTO IL SISTEMA COMPLETO

Il consorzio ha progettato l'intero sistema dall'unità di produzione e controllo dell'energia sino all'elica, ed i componenti sono relativamente pochi: la fuel cell da 20/22 kW, le batterie da 20 kW, l'unità di gestione elettronica DC/DC per fuel cell e batterie, l'invertitore DC/AC per il motore elettrico e, infine, un sistema integrato di controllo di tutto l'insieme. La fuel cell ed il serbatoio dell'idrogeno sono considerati in questo insieme sistemi a sè stanti.

Batterie: non esiste alternativa, al momento, alle batterie agli ioni di litio, le uniche in grado di assicurare la densità di energia necessaria per non superare i 50 kg di peso, disponendo di 20 kW per 15 minuti ed almeno 5 kW residui per gestire un eventuale atterraggio di emergenza o una riattaccata. Si tratta di batterie multicelle con voltaggio tra i 200 ed i 300 V e con una vita operativa presumibile di circa 400 cicli di carica, che vanno controllate cella per cella e la cui ricarica al momento è abbastanza critica e va effettuata a terra con le necessarie precauzioni. Inoltre è necessario un sistema elettronico di controllo delle batterie, per motivi di sicurezza, che aggiunge ulteriore peso all'insieme.

Unità di controllo: da esse dipende l'efficienza

globale del sistema e la sua gestibilità (erogazione della potenza secondo le necessità impostate dal pilota attraverso l'unità di gestione dell'intero sistema). Sostanzialmente si tratta di un convertitore DC/DC che uniforma l'erogazione e le caratteristiche della corrente prodotta dalla fuel cell e dalle batterie, alimentando con tensione costante l'invertitore DC/AC che pilota il motore elettrico; queste due unità (convertitore ed invertitore) non devono pesare più di 15 kg ciascuna e la loro efficienza deve essere almeno del 95%. Un guasto del convertitore DC/DC o della fuel cell, o del pacco batterie, implica la perdita del 50% dell'energia disponibile, ma non deve comportare il blocco del sistema, mentre un guasto dell'invertitore comporta la perdita di tutta l'energia disponibile, evento che va comunque considerato ed eventualmente prevenuto sdoppiando il sistema invertitore (anche se a costo di un notevole aumento del peso).

Motore elettrico: le caratteristiche di base richieste prevedono un regime di rotazione compreso fra 1500 e 2500 giri, un rendimento di almeno il 95%, un valore di coppia massima continua di almeno 250 Nm ed un peso massimo di 30 kg. Esistono al momento tre produttori di motori elettrici brushless ad elevata efficienza in contatto con il consorzio, e fra questi l'italiana Phase Motion produce un motore trifase raffreddato ad acqua particolarmente adatto a questa applicazione.

Elica: per sfruttare al massimo la ridotta quantità di energia disponibile l'elica è stata studiata ed ottimizzata direttamente dal Politecnico di Torino con due specifici algoritmi; il primo per

valutare le caratteristiche geometriche ed il profilo lungo la pala in funzione della massima efficienza; il secondo per valutare l'efficienza generale dell'elica quando le condizioni di passo e di profilo di missione siano variate. Per una bipala da 1,60 m di diametro, a 1000 metri di altezza, alla velocità di 40 m/s e ad un regime di 2000 rpm, si è riusciti ad ottenere un'efficienza del 90% con un passo medio delle pale di 22,8°.

Centraggio: sono state quindi condotte alcune simulazioni, con analisi del comportamento e delle caratteristiche di stabilità sui tre assi, per determinare il corretto posizionamento dei sistemi a bordo in modo da rispettare i limiti di centraggio stabiliti dal costruttore; le condizioni considerate, con un peso totale di 550 kg, sono state quelle di crociera alla velocità di 40 m/s a 1.000 m di altezza, e di salita a 500 m alla velocità di 30 m/s con angolo di rampa di 4°.

LA FUEL CELL

L'unità utilizzata per questo progetto è prodotta dalla *Intelligent Energy*, la stessa azienda che fornisce la fuel cell alla Boeing per il progetto Super Dimona: si tratta di un sistema PEM (*Proton Exchange Membrane*) notevolmente semplificato rispetto a quanto disponibile oggi sul mercato, grazie all'utilizzo di nuove tecniche di gestione della circolazione dei fluidi e dello scambio termico che hanno consentito una grande semplificazione meccanica e l'adozione di un singolo scambiatore di calore ad elevata efficienza, arrivando ad un'unità che è più semplice, leggera ed economica di quelle concorrenti disponibili sul mercato. Le fuel cell prodotte da *Intelligent Energy* sono moduli in grado di erogare da 10 a 100 kW con un'elevata densità di energia, ed una resa di energia elettrica prodotta superiore a 2,5 kW per litro.

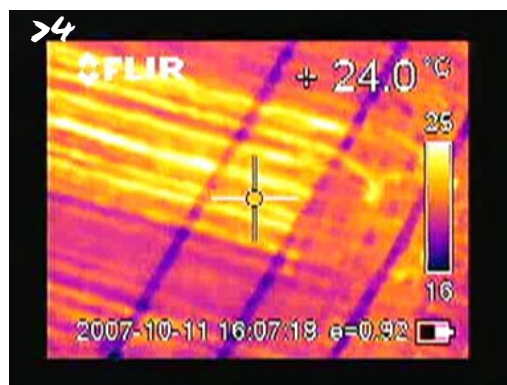
IL FUTURO

La tecnologia e lo sviluppo dei motori elettrici (anche con l'utilizzo di riduttori ed eliche multipala ad elevata efficienza e basso numero di giri) consentirà a breve di arrivare a piccoli velivoli passeggeri/commuter destinati ad operare dai city airport anche di notte, grazie all'abbattimento drastico del rumore e completo delle emissioni inquinanti, probabilmente utilizzando in un primo periodo una tecnologia ibrida, come sta accadendo già oggi per alcune automobili; il progetto ENFICA-FC è al momento uno dei più avanzati e con obiettivi concreti nei prossimi due anni: studio di fattibilità per l'utilizzo della tecnologia fuel cell su velivoli di tutti i tipi e per tutti gli impieghi (Unità di po-

tenza ausiliarie APU, energia elettrica di utilizzo primario e di emergenza, per il carrello di atterraggio, per il sistema antighiaccio ecc), e contemporaneo studio delle problematiche di uso, manutenzione e sicurezza di questi sistemi. Definizione di un sistema di propulsione per aerei passeggeri Inter City interamente elettrico, anche attraverso la realizzazione di un velivolo leggero biposto che volerà in pubblico entro la fine del periodo stabilito di tre anni, con efficienza generale del sistema completo superiore al 90%. Ma ci sono ben altri obiettivi all'orizzonte, e ci limitiamo ad accennare qui al primo volo di uno UAV elettrico ad energia solare lo scorso mese di ottobre nei pressi di Torino: il Politecnico ha utilizzato alcuni fondi residui per finanziare la costruzione di un modello con sette metri di apertura alare, peso di 22 kg e due metri quadri di pannelli di celle solari al silicio monocristallino con efficienza del 21%; il velivolo è dotato anche di batterie per il decollo e la salita ed, in futuro, per il volo notturno, ed è equipaggiato con una termo camera ed una videocamera per una prima attività di studio sul telerilevamento. Questo modello è il dimostratore di un futuro velivolo piattaforma "Heli Plat" con 70 metri di apertura alare e circa 250 mq di pannelli fotovoltaici: Heli Plat volerà a 18 km di altezza in qualsiasi condizione ambientale ed in posizione geostazionaria, con costi irrisori ed un'autonomia tra i 4 ed i 6 mesi. ✈

➤4 Il modello solare è dotato anche di termocamera

➤5 Il Prof. Giulio Romeo, coordinatore del consorzio ENFICA, è docente presso il Dipartimento di Ingegneria Aerospaziale del Politecnico di Torino



Per informazioni:
www.enfica-fc.polito.it

