

RECUPERO DI PORTANZA DI UN PROFILO ALARE NACA0015 AD OPERA DI ATTUATORI VETTORIZZABILI AL PLASMA

C.A. Borghi[†], A. Cristofolini[†], G. Neretti[†], P. Seri[†], A. Talamelli, A. Rossetti**

[†]Dip.to di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione – DEI

*Dipartimento di Ingegneria industriale - DIN

Viale del Risorgimento, 2, 40136, Bologna

La modifica dello strato limite aerodinamico indotta dall'interazione elettro-idrodinamica (EHD) generata da una scarica a barriera (DBD) a pressione atmosferica è oggi oggetto di studio sia dal punto di vista numerico che sperimentale [1-2]. Il controllo attivo di un flusso, prodotto da tale tipologia di attuatori al plasma, permetterebbe di limitare pesi e gli ingombri e di aumentare le dinamiche delle superfici aerodinamiche quali ali, alettoni e paletamenti di turbina.

In questo lavoro vengono descritti la caratterizzazione di un attuatore EHD vettorizzabile ed il suo utilizzo su un profilo alare NACA0015 al fine di recuperare una condizione di stallo fluidodinamico. L'attuatore EHD vettorizzabile è costituito da due attuatori EHD in configurazione 'standard', in grado di indurre getti a parete contrapposti. Agendo opportunamente sull'intensità dei getti è possibile regolare l'orientamento del getto complessivo. La geometria dell'attuatore vettorizzabile è descritta in Figura 1. Le due unità contrapposte sono costituite la prima da Up 1, Low 1 e Low 2, la seconda da Up 2, Low 3 e Low 4. Gli attuatori vengono alimentati da una tensione sinusoidale compresa tra 0 e 6 kV di picco a 15 kHz. La prima unità viene alimentata alla tensione massima, la seconda con tensioni variabili. Modificando il valore di tensione applicata alla seconda unità, varia linearmente la velocità del getto indotto, il quale collidendo con quello generato dalla prima unità, origina il getto complessivo vettorizzato (Figura 2). Le velocità massime del getto complessivo sono dell'ordine dei 4 m/s, e la sua inclinazione è proporzionale al rapporto delle tensioni impresse.

L'attuatore EHD vettorizzato appena descritto è stato poi replicato ed inserito sulla superficie di un profilo alare NACA0015, caratterizzato da una corda di 310 mm, in maniera tale da realizzare 8 getti vettorizzati. Il profilo alare è stato montato all'interno di una galleria del vento e portato in condizioni di stallo con velocità del flusso indisturbato da 5 a 23 m/s. Un primo set di esperimenti è stato condotto accendendo i singoli attuatori e generando un getto vettorizzato con inclinazioni di 0, 15, 90, 135 e 180°. Questi esperimenti sono stati condotti con un velocità del flusso di 11 m/s e un angolo di attacco di 19°. I diversi attuatori sono stati azionati sia in modalità stazionaria (sempre acceso) che non-stazionaria (acceso-spento). I risultati delle misure, effettuati mediante una bilancia a sei assi, hanno mostrato come gli attuatori più efficaci nel recupero dello stallo sono quelli in prossimità del bordo di attacco, e come la modalità non stazionaria porti ad una maggiore efficacia rispetto alla modalità stazionaria. In FIGURA viene riportato il recupero in percentuale della portanza in funzione dell'inclinazione del getto, per il getto 5, posto sul bordo di attacco, ed i getti 4 e 6 posti vicino al bordo di attacco, rispettivamente sul dorso e sul ventre del profilo alare. La frequenza di attuazione acceso-spento è di 25 Hz con un duty cycle del 50%. La Figura 3 mostra come, con l'attuatore posto sul bordo di attacco, sia possibile ottenere incrementi di portanza rispetto a quella in condizioni di stallo, vicini al 50%.

L'elevata efficacia nel recupero dello stallo, riscontrata operando gli attuatori in modalità acceso-spento, ha guidato i successivi esperimenti nell'individuazione della frequenza di attuazione che ottimizza il recupero. Il getto 5 è stato generato con inclinazioni di 0°, 45° e

90° con velocità del flusso libero da 5 a 23 m/s con un angolo di attacco dell'ala pari a 26° (angolo di attacco che garantisce lo stallo in tutto il range di velocità di prova). Recuperi totali di portanza sono stati osservati a velocità ridotte. I dati hanno mostrato come la frequenza acceso-spento che ottimizza il recupero sia funzione della velocità elevata alla 3/2. Questa relazione suggerisce un legame tra la frequenza di ottimo e lo spessore dello strato limite. Calcolando infatti il numero di Strouhal valutato in un caso utilizzando lo strato limite come grandezza caratteristica, nell'altro utilizzando la lunghezza della corda, si vede come nel primo caso lo Strouhal risulti essere costante, avvalorando le ipotesi appena introdotte (Figura 4).

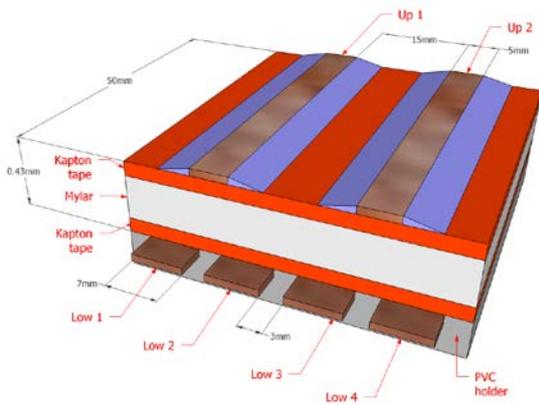


Figura 1: Schema dell'attuatore EHD vettorizzabile

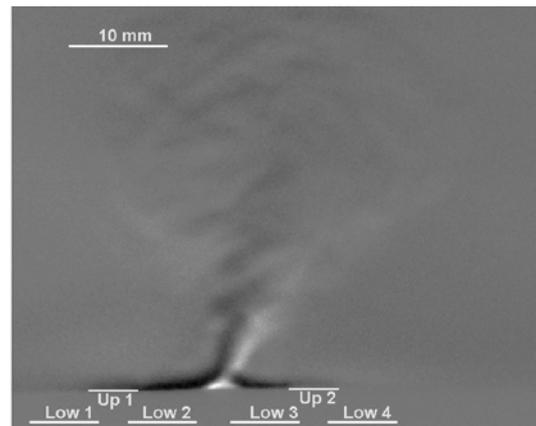


Figura 2: Immagine Schlieren del getto vettorizzato

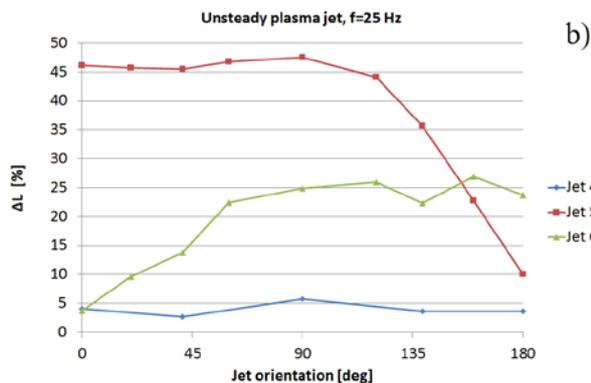


Figura 3: Recupero di portanza in percentuale in funzione dell'orientamento del getto.

b)

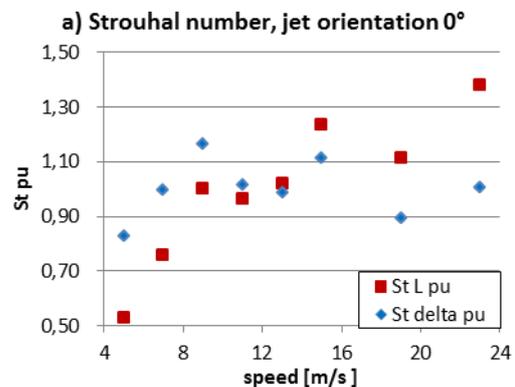


Figura 4: Numero di Strouhal in per unità calcolato utilizzando diverse lunghezze caratteristiche.

Riferimenti

- [1] Gabriele Neretti, Andrea Cristofolini, and Carlo A. Borghi, "Experimental investigation on a vectorized aerodynamic dielectric barrier discharge plasma actuator array", Journal of Applied Physics 115, 163304 (2014); doi: 10.1063/1.4873896.
- [2] Carlo A. Borghi, Andrea Cristofolini, Gabriele Neretti, Paolo Seri, Alessandro Talamelli and Alessandro Rossetti, "Wind Tunnel Experiments on a NACA0015 Airfoil Equipped with Vectorizable Dielectric Barrier Discharge Plasma Actuators", 7th AIAA Flow Control Conference, 16-20 June 2014 Atlanta, Georgia.