

Ralizzazione di un alimentatore multilivello per la generazione di scariche a barriera per il controllo fluidodinamico

C.A. Borghi, A. Cristofolini, F.D. Dragonas, G. Grandi, G. Neretti
Dip.to di Ingegneria dell'Energia Elettrica e dell'Informazione – DEI
Viale del Risorgimento, 2, 40136, Bologna

In questo lavoro vengono descritti lo sviluppo e le prestazioni di un generatore ad elevata tensione ed elevata frequenza per l'alimentazione di un attuatore fluidodinamico a scarica a barriera dielettrica (DBD) per il controllo dello strato limite aerodinamico indotto dall'interazione elettro-idrodinamica (EHD) [1]-[2].

Il generatore sviluppato e realizzato è un alimentatore multilivello di media tensione basato sulla tipologia cascaded H-bridge con tensioni dell'ordine di diversi kV e frequenze dell'ordine di diversi kHz. La tensione richiesta è ottenuta dalla tecnica costruttiva cascaded (Figura. 1) tramite 24 moduli di conversione elementare collegati in serie (in cascata). I 24 moduli inverter hanno una tensione di uscita pari a 600 V ciascuno, ottenendo così una tensione massima del convertitore multilivello pari a ± 14.4 kV. Ogni modulo è alimentato da una batteria a 12 V (4 Ah). Attraverso uno stadio di conversione Flyback viene regolato il bus DC dell'inverter. Data l'elevata discretizzazione dei livelli di tensione, ottenuta dai 24 moduli, è possibile controllare in modo arbitrario la forma d'onda d'uscita che non deve essere necessariamente alternata o sinusoidale. La particolare architettura del generatore permette inoltre di mantenere invariata la forma d'onda d'uscita qualunque sia l'impedenza del carico, non risentendo dei gravosi problemi di adattamento di impedenza riscontrati nell'utilizzo dell'alimentazione sinusoidale ottenuta per mezzo di generatori convenzionali.

Il generatore multilivello è stato testato per l'alimentazione dell'attuatore DBD mostrato in Figura 2. L'attuatore, di 400 mm di lunghezza, è costituito da due elettrodi in rame separati da una lastra dielettrica in plexiglas. L'elettrodo ad alta tensione è a contatto con l'aria (ferma ad attuatore spento). L'elettrodo a terra è coperto da plexiglas e sfasato in direzione x (si veda Figura 2) rispetto al primo. Alimentando l'attuatore con alta tensione ed elevata frequenza si genera sulla superficie del dielettrico di fronte all'elettrodo superiore uno strato di plasma di aria che si estende per circa 11-12 mm (di colore viola in Figura 2) e produce nell'aria una spinta ed un moto della stessa nelle immediate vicinanze della superficie.

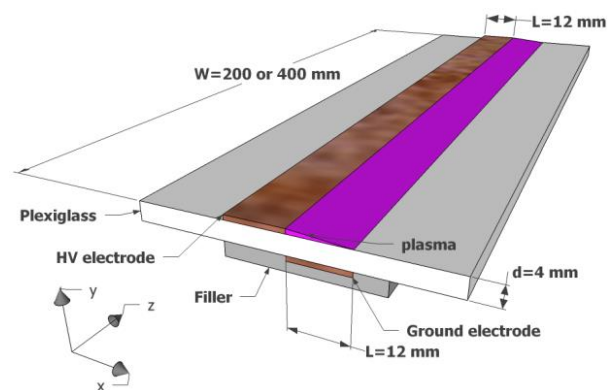
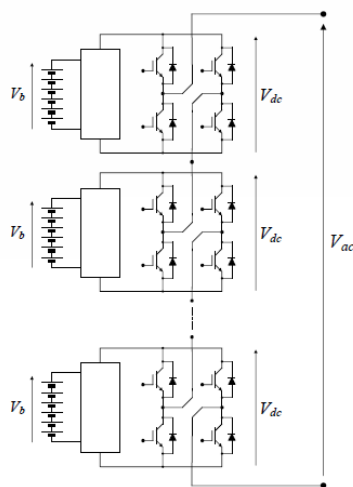


Figura 1: Schema del generatore multilivello. Figura 2: Schema dell'attuatore di prova.

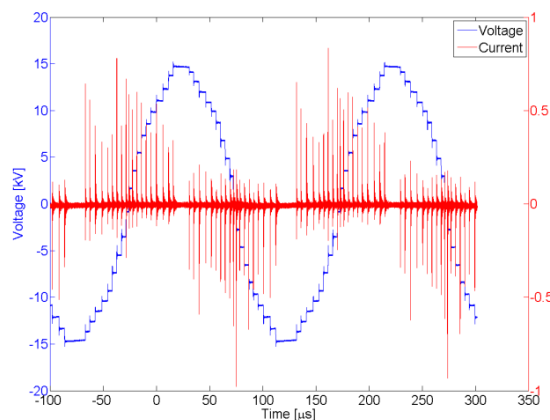


Figura 3: Tensione di alimentazione sinusoidale e corrente di plasma.

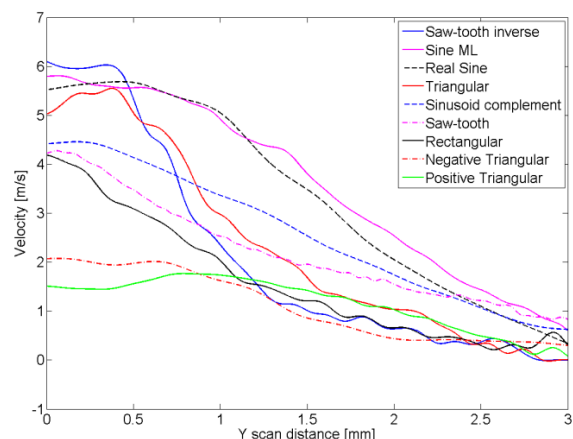


Figura 4: Profili delle velocità dell'aria al di sopra della superficie dielettrica a 12 mm dalla fine dell'elettrodo ad alta tensione.

Come mostrato in Figura 3 la corrente elettrica indotta dall'alimentatore nel plasma corrisponde ai salti di tensione di ciascun modulo del generatore multilivello. Tale corrente è dovuta all'accumulo di carica ed alla corrente di spostamento CdV/dt .

Il test è eseguito confrontando il funzionamento dell'attuatore alimentato con varie forme d'onda prodotte dall'alimentatore multilivello e da un generatore convenzionale con tensione sinusoidale (generatore a bassa tensione in serie con un amplificatore di tipo Elgar ed un trasformatore). Le forme d'onda del generatore multilivello sono del seguente tipo: sinusoidale, complementare al seno, triangolare, a dente di sega diretto (con salita a derivata finita positiva e discesa istantanea), a dente di sega inverso (con salita istantanea e discesa a derivata finita negativa), triangolare solo positiva e triangolare solo negativa. I risultati relativi alle prestazioni dell'attuatore sono mostrate in Figura 4. Nella figura i profili riguardano le velocità dell'aria indotte dall'attuatore in direzione parallela alla sua superficie (direzione x in Figura 2). I profili sono in direzione normale alla superficie a 12 mm dalla fine dell'elettrodo ad alta tensione. La velocità è misurata per mezzo di un Pitot di diametro interno di 1 mm. Il profilo di velocità è anche stato rilevato a 20 mm dalla fine elettrodica. Inoltre al fine di ottenere una stima delle prestazioni del sistema e informazioni relative alle forme d'onda utilizzate, sono state fatte misure della potenza di alimentazione media e misure spettrografiche con determinazione della temperatura rotazionale e vibrazionale dell'azoto molecolare.

Le prestazioni migliori sono state ottenute dalla tensione di alimentazione sinusoidale indipendentemente dal tipo di generatore utilizzato (convenzionale o multilivello) e dalla tensione a dente di sega inverso. L'alimentazione con tensione a dente di sega inverso induce inoltre un'interazione EHD in regioni più estese al di sopra della superficie dell'attuatore a distanze maggiori dalla fine dell'elettrodo ad alta tensione.

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, Filipimin A. Dragonas, Gabriele Grandi, Gabriele Neretti, "Development of a Multilevel Plasma Generator for Dielectric Barrier Discharge Actuators", 7th AIAA Flow Control Conference, 16-20 June 2014 Atlanta, Georgia.