

## FILTRI *EMI* COMPATTI NEI CONVERTITORI ELETTRONICI DI POTENZA

G. Ala<sup>1</sup>, M. C. Di Piazza<sup>2</sup>, E. Francomano<sup>3</sup>, G. C. Giaconia<sup>1</sup>, G. Giglia<sup>1</sup>, G. Vitale<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Università degli Studi di Palermo – DEIM, viale delle Scienze, 90128 Palermo

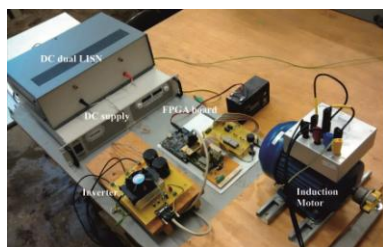
<sup>2</sup>Consiglio Nazionale delle Ricerche - ISSIA, sez. di Palermo, via Dante 12, 90141 Palermo

<sup>3</sup>Università degli Studi di Palermo – DICGIM, viale delle Scienze, 90128 Palermo

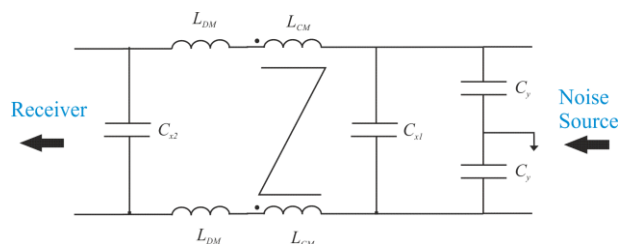
I convertitori elettronici a commutazione vengono impiegati in un'ampia varietà di applicazioni: dall'elettronica di consumo alla generazione distribuita di energia elettrica, dalle applicazioni veicolari (veicoli stradali, veicoli marini, aeromobili) all'automazione industriale. In ognuno di tali ambiti, risulta sempre più stringente il vincolo geometrico dimensionale che, a parità di potenza, necessita di circuiti di conversione che presentino ingombri ridotti e *layout* sempre più compatti. Tale obiettivo può essere realizzato mediante l'incremento della frequenza di commutazione dei dispositivi statici. Tale provvedimento consente un incremento della *power density*, grazie alla possibilità di ridurre le dimensioni degli elementi passivi di accumulo dell'energia (induttori e condensatori). D'altra parte, l'incremento della frequenza di commutazione determina, con elevata probabilità, un aumento delle emissioni elettromagnetiche condotte (nel *range* di frequenza 150 kHz-30 MHz) con l'insorgere di problematiche sia di affidabilità che di compatibilità elettromagnetica dei sistemi di cui fa parte il convertitore: correnti di modo comune che possono causare interventi intempestivi delle protezioni, tensioni di albero e correnti ai cuscinetti nel caso di convertitori alimentanti motori a induzione, deterioramento dell'isolamento di motori e trasformatori, sono solo alcuni degli elementi di criticità che si possono determinare e che concorrono al mancato soddisfacimento dei limiti di emissione, che peraltro sono vincolanti ai fini della commercializzazione dei sistemi in oggetto. Tra le diverse possibili soluzioni per l'attenuazione delle interferenze elettromagnetiche condotte, l'impiego dei cosiddetti filtri *EMI*, rappresenta quella più efficiente. D'altra parte, nei convertitori di nuova generazione, il filtro *EMI* è parte integrante del convertitore stesso e ne condiziona significativamente dimensioni, peso, ingombro ed, in definitiva, il costo. La progettazione e la realizzazione di tali filtri risulta quindi particolarmente delicata anche in considerazione del fatto che, effetti parassiti dovuti sia al comportamento non ideale dei componenti del filtro stesso che al *layout* del circuito, ne possono condizionare pesantemente le prestazioni. A ciò si aggiunga la necessità di sezioni del filtro da progettare separatamente, in relazione ai diversi percorsi ed ai meccanismi di accoppiamento associati alle *EMI* di modo comune (CM) e a quelle di modo differenziale (DM). Al fine di separare il disturbo CM e quello DM, le tecniche *software-based* sono quelle di più agevole impiego oltre che di minor costo: è sufficiente la disponibilità un oscilloscopio digitale multi-porta con adeguata velocità di campionamento. I segnali CM e DM sono acquisiti nel dominio del tempo e i relativi spettri in frequenza calcolati tramite trasformata discreta di Fourier (DFT). Una valida alternativa a tale metodo, anche se più costosa, impiega l'analizzatore di spettro e una adeguata sonda di corrente. L'obiettivo della ricerca avviata recentemente, è quello di realizzare filtri *EMI* efficienti e compatti che consentano di ottenere convertitori a basso ingombro ed economicamente competitivi. Come primo esempio applicativo, la metodologia sopra descritta è stata introdotta per la realizzazione del filtro *EMI* di un azionamento PWM di un motore a induzione trifase alimentato in DC. Il sistema è costituito da un inverter PWM IGBT a

generatore di tensione (VSI - frequenza 20 kHz) contenente un modulo STGIPS10K60A; una scheda FPGA Altera Cyclone III, contenente una scheda di espansione Nial Stewart GPIB che implementa la modulazione PWM; un motore a induzione a 48 V con potenza pari a 1.1 kW. L'impiego di un modulo *smart* per il VSI consente di ottenere un *layout* molto compatto. Una LISN DC duale a 600 V è usata per il rilievo delle EMI condotte (Fig.1).

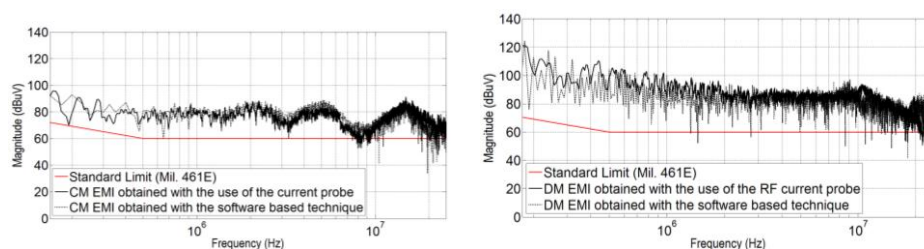
La topologia generale del filtro *EMI* è riportata in Fig. 2. Sono state impiegate e confrontate entrambe le tecniche di separazione delle *EMI* CM e DM, di cui sopra (Fig.3). I livelli di disturbo CM e DM sono stati quindi utilizzati per il progetto efficiente del filtro *EMI*.



**Figura 1** - Sistema in esame.

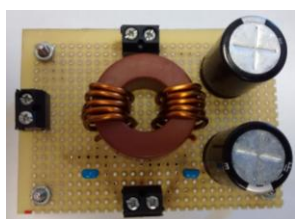


**Figura 2** - Topologia del filtro *EMI*.

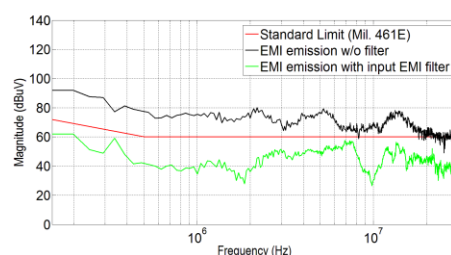


**Figura 3** - Confronto tra CM e DM *EMI* ottenute con la tecnica di separazione tramite software e tramite misure RF.

A titolo di esempio, si riportano i risultati ottenuti nella realizzazione del filtro *EMI*, che impiega anche un *choke* di modo comune costruito utilizzando un materiale ferromagnetico nano-cristallino ad elevata permeabilità (VITROPERM 500F). Ciò consente di ottenere un *layout* compatto (Fig. 4), contestualmente al raggiungimento di adeguate prestazioni in termini di abbattimento del disturbo (Fig. 5), con costi contenuti.



**Figura 4** - Filtro *EMI* realizzato.



**Figura 5** - Emissioni *EMI* misurate con e senza filtro.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] F.Y. Shih, D.Y. Chen, Y.P. Wu, Y.T. Chen, "A Procedure for Designing EMI Filters for AC Lines Applications", *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol 11, no. 1, pp.170 - 181, 1996.
- [2] G. Ala, M.C. Di Piazza, G.C. Giaconia, G. Giglia, G. Vitale, "Design and performance evaluation of a high power density EMI filter for PWM inverter-fed induction motor drives", *15<sup>th</sup> International Conference on Environment and Electrical Engineering, IEEEIC 2015*, 10-13 June 2015, Roma, Italy.