

# PROGETTO DI FILTRI EMI PER CONVERTITORI DC/AC AD ELEVATA *POWER DENSITY*

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

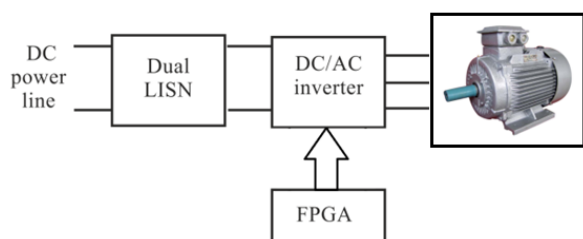
<sup>1</sup>Università degli Studi di Palermo – DEIM, viale delle Scienze - ed. 9, 90128 Palermo

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

La diffusione ormai capillare dei convertitori elettronici di potenza in tutte le applicazioni industriali più avanzate, ed in particolare, nell'ambito dei trasporti, nel settore aeronautico ed in quello automobilistico, pone in maniera pressante la necessità del soddisfacimento dei vincoli relativi all'ingombro ed al peso, a parità di prestazioni. Si tratta cioè di realizzare sistemi ad elevata *power density*. D'altra parte tali sistemi costituiscono di per sé sorgenti non intenzionali di interferenza elettromagnetica (EMI): per garantire quindi sia l'affidabilità che la compatibilità elettromagnetica del sistema di cui fa parte il convertitore, è necessario implementare tecniche e/o sistemi di soppressione delle EMI stesse. In particolare, è necessario gestire il livello massimo di EMI generate per garantire la conformità con i limiti di emissione imposti dalle norme tecniche. A tal fine, il filtro EMI a componenti discreti rappresenta la soluzione maggiormente adottata per l'attenuazione dei disturbi condotti, ed esso costituisce parte integrante del convertitore stesso. L'obiettivo di incrementare la *power density* è quindi un fine ultimo dell'intero sistema di cui fa parte il convertitore. Il filtro EMI, in particolare, può contribuire ad incrementare fino al 30% ed oltre, il volume ed il peso complessivo del sistema di conversione.

Il progetto quindi di filtri EMI che soddisfino sia le norme sulla compatibilità elettromagnetica che il requisito di massima densità di potenza, costituisce un obiettivo attuale e di grande interesse industriale. Su tale aspetto si è concentrata l'attività di ricerca.

Definita la topologia del filtro EMI ed i valori dei componenti, esistono numerose configurazioni per la sua realizzazione. L'identificazione della configurazione che determina la massimizzazione della densità di potenza a parità di prestazioni, in termini di minore volume e peso, non è banale. La procedura convenzionale può richiedere numerosi tentativi di tipo *trial and error* e non garantisce la scelta ottimale dei componenti. Per superare tale limitazione, è stata sviluppata una procedura di progetto ottimizzata che consente di ottenere filtri EMI discreti altamente performanti e con elevata densità di potenza. La procedura si basa su un algoritmo basato su *regole* e su *database* prestazionali di componenti disponibili commercialmente. L'algoritmo può essere implementato utilizzando un comune ambiente di programmazione, sia commerciale che open-source, e presenta inoltre un basso onere computazionale. L'algoritmo fornisce la configurazione circuitale, il valore e la tipologia dei componenti del filtro EMI, il numero di stadi da impiegare che consentono di ottenere la configurazione con la densità di potenza ottimale in termini di minore volume e peso. Lo schema logico della procedura di progetto è riassunta in Fig. 1.



L'algoritmo archivia i dati relativi a tutte le possibili configurazioni consentendo, tramite grafici comparativi, di effettuare analisi supplementari non implementabili con una procedura convenzionale. Le Figure 2, 3, 4 mostrano alcuni dei sopracitati grafici ottenuti dal progetto ottimizzato di filtri EMI per un azionamento PWM con un motore ad

induzione trifase. In Fig. 2, sono state esplorate 910 possibili configurazioni, il volume del filtro spazia da  $13.88 \text{ cm}^3$  a  $6591 \text{ cm}^3$ . In Fig. 3 sono riportate le migliori 100 configurazioni al variare del numero di stadi del filtro. In Fig. 4 è riportato il grafico del volume della migliore configurazione in funzione dell'attenuazione richiesta per la componente di modo comune: mantenendo la configurazione relativa al volume di  $13.88 \text{ cm}^3$ , l'attenuazione può essere incrementata di  $10 \text{ dB}\mu\text{V}$  rispetto al requisito iniziale di  $30 \text{ dB}\mu\text{V}$  realizzando così un incremento del margine di sicurezza. La procedura può essere vantaggiosamente utilizzata nel campo delle EMI, sia come strumento di progettazione che come strumento di indagine sulle caratteristiche di filtraggio/configurazione/densità di potenza. La procedura presentata è stata validata sperimentalmente, sia in termini di prestazioni del filtro che in termini di incremento della *power density*, in numerosi casi di studio relativi a diverse configurazioni di convertitori elettronici di potenza e differenti campi applicativi.

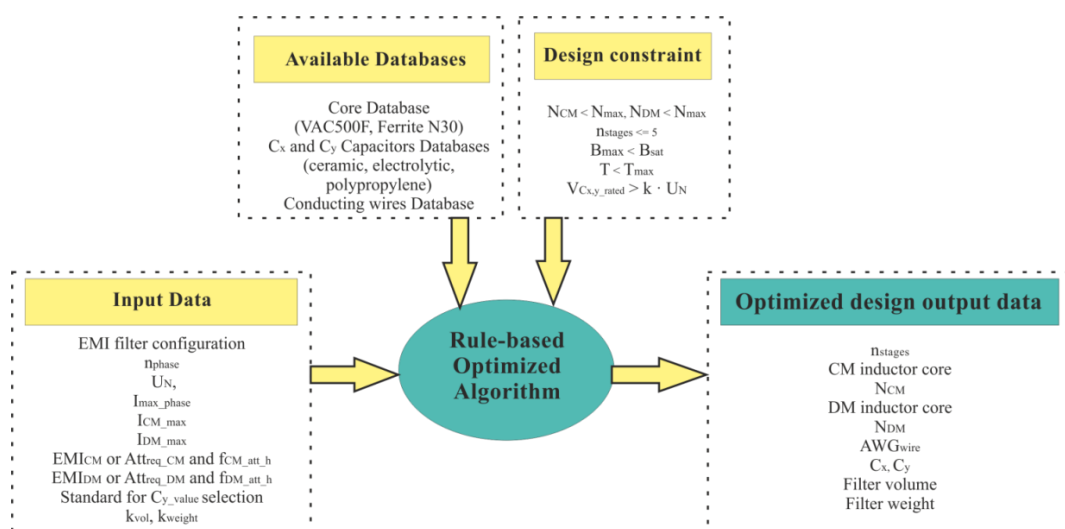


Fig. 1: Schema logico della procedura di progetto ottimizzato di filtri EMI.

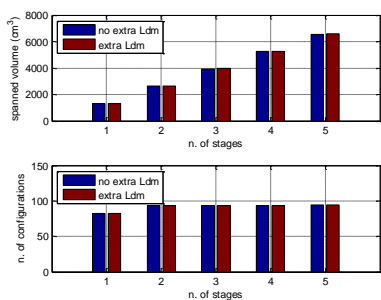


Fig. 2: Distribuzione delle 910 possibili configurazioni.

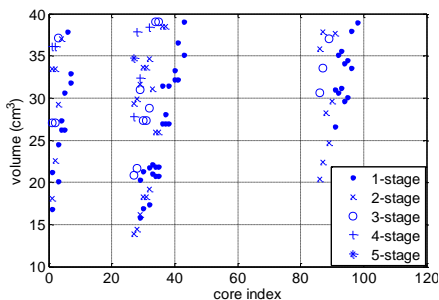


Fig. 3: Scatter plot delle 100 migliori configurazioni

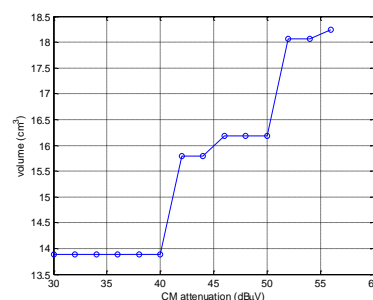


Fig. 4: Variazione del volume della migliore configurazione in funzione dell'attenuazione CM.

## Bibliografia

- [1] G. Ala, G. C. Giaconia, G. Giglia, M. C. Di Piazza, M. Luna, G. Vitale, P. Zanchetta, "ODEF: an Interactive Tool for Optimized Design of EMI Filters," IEEE 42nd International Conference on Industrial Electronics Society (IECON 2016), 24-27 October 2016, Florence, Italy.
- [2] G. Ala, G. C. Giaconia, G. Giglia, M. C. Di Piazza, M. Luna, G. Vitale, P. Zanchetta, "Computer Aided Optimal Design of High Power Density EMI Filters," IEEE 16th International Conf. on Environment and Electrical Engineering (EEEIC 2016), 7-10 June 2016, Florence, Italy.
- [3] 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," IEEE Transactions on Industry Applicatons, vol. 52, pp. 2397-2404, 2016, DOI: 10.1109/TIA.2016.2518129.