

CARATTERIZZAZIONE SPERIMENTALE DI CAMPI MAGNETICI STATICI IN AMBIENTE FERROVIARIO

Sergio A. Pignari, Giordano Spadacini

Dipartimento di Elettrotecnica, Politecnico di Milano
Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133, Milano

Questa memoria descrive i risultati di un'attività di ricerca svolta nell'ambito di un progetto finanziato da Rete Ferroviaria Italiana S.p.A. (Istituto Sperimentale, Roma) e relativa alla caratterizzazione sperimentale del campo magnetico statico generato da filtri risonanti installati lungo l'infrastruttura ferroviaria, al fine di verificare i livelli di esposizione umana, con particolare riferimento ai portatori di dispositivi elettromedicali.

I possibili effetti avversi delle radiazioni non ionizzanti sugli organismi viventi sono stati oggetto di studi approfonditi, i cui risultati costituiscono le basi scientifiche utilizzate dalla commissione internazionale ICNIRP per la pubblicazione di linee guida sui limiti di esposizione campi elettrici, magnetici ed elettromagnetici, variabili nel tempo per frequenze fino a 300 GHz [1]. In ambito ferroviario, la verifica della conformità ai limiti ha richiesto lo studio e la definizione di opportune procedure di misura e di calcolo [2]. Anche per quanto riguarda l'esposizione ai campi magnetici statici sono state pubblicate specifiche linee guida ICNIRP, recentemente aggiornate [3]. In quest'ultimo documento, oltre alla definizione di limiti di esposizione, generalmente di valore elevato, sono citati anche possibili fenomeni di natura non biologica, quali il rischio di malfunzionamento di dispositivi medici impiantabili (ad esempio *pacemaker*) per campi di minore entità (superiori a 0,5 mT).

Le verifiche di esposizione al campo magnetico statico, in ambito ferroviario, sono di interesse per linee tradizionali (con alimentazione 3 kV dc). In particolare, l'oggetto dello studio qui descritto è il campo generato da filtri risonanti (induttore e condensatore connessi in parallelo). Questi filtri sono installati lungo l'infrastruttura 3 kV dc nei punti di prossimità con le nuove linee ad alta velocità in corrente alternata 25 kV-50 Hz. Il filtro, infatti, presenta un'elevata impedenza alla frequenza di risonanza di 50 Hz e previene la circolazione di correnti alternate nei circuiti di binario delle linee 3 kV dc, indotte dalle vicine linee ad alta velocità. A causa dell'elevata componente continua della corrente entrante nell'induttore, corrispondente alla corrente di trazione della linea 3 kV dc, il filtro genera un campo magnetico statico di potenziale interesse ai fini delle verifiche di esposizione umana.

L'attività di ricerca ha previsto: (a) l'ideazione e l'implementazione di una catena di misura per il monitoraggio del campo *in-situ* (durante il normale esercizio del sistema ferroviario); (b) l'esecuzione di una vasta campagna di misure atta a caratterizzare il fenomeno nelle diverse condizioni di carico del sistema ferroviario; (c) l'analisi dei dati di misura al fine di estrarre i parametri di un modello di predizione del campo.

La catena di misura progettata è costituita da un teslametro triassiale ad effetto Hall per la misura del campo di induzione magnetica, e da una sonda ad effetto Hall per elevate correnti per la misura della corrente entrante nell'induttore. Gli strumenti sono attivi durante il passaggio di treni, e quindi fintanto che l'induttore è percorso da corrente (vedi Fig. 1c). L'acquisizione contemporanea dei valori di campo magnetico e corrente è ottenuta tramite il controllo automatico della strumentazione attraverso un computer portatile. La misura del campo è stata effettuata nei punti di un reticolo spaziale appartenente ad un piano radiale dell'induttore, sfruttandone la simmetria cilindrica (vedi ad esempio i punti P_1 e P_2 definiti in Fig. 1b).

L'analisi dei dati di misura prevede l'applicazione del metodo dei minimi quadrati per la stima dei parametri β_0, β_1 di un modello di regressione lineare $B_k = \beta_0 + \beta_1 |I_k| + \varepsilon_k$, dove (B_k, I_k) sono la k -esima coppia di dati di campo e corrente misurati, e ε_k è l'errore di misura. Tale modello si giustifica alla luce della legge di Ampere per campi statici e della linearità del sistema (l'induttore è costituito da avvolgimenti in aria).

La stima dei parametri del modello di regressione, effettuata per tutti i punti del reticolo spaziale, consente di ottenere un accurato modello di predizione della mappa del campo magnetico emesso dal filtro in corrispondenza di un determinato valore di corrente.

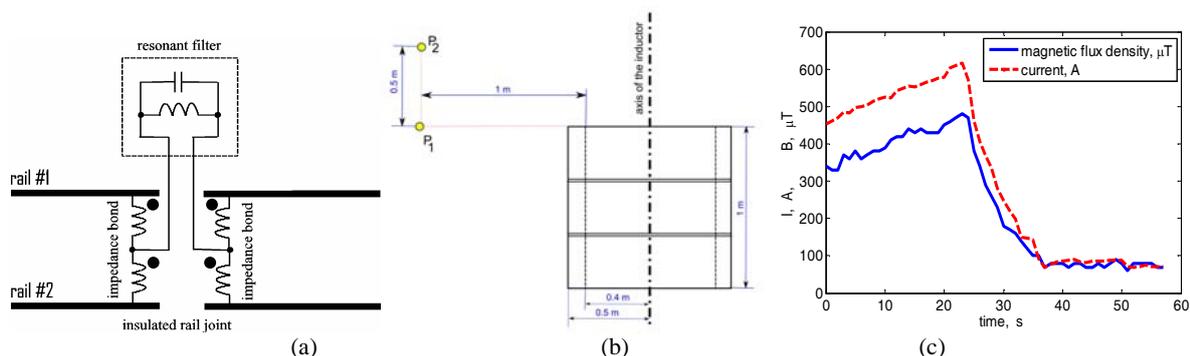


Fig. 1. (a) Collegamento del filtro risonante alle due connessioni induttive di un giunto isolato delle rotaie (filtro LC parallelo, frequenza di risonanza 50 Hz); (b) Struttura e dimensioni dell'induttore; (c) Monitoraggio della corrente (componente dc) dell'induttore e del campo di induzione magnetica nel punto P2 di Fig. 1(b), durante il passaggio di un treno;

Referenze

- [1] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), "Guidelines for limiting exposure to time varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)," *Health Physics*, Vol. 74, pp. 494-522, 1998.
- [2] EN 50500, *Measurement procedures of magnetic field levels generated by electronic and electrical apparatus in the railway environment with respect to human exposure*, CENELEC, 2008.
- [3] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP), "Guidelines on Limits of Exposure to Static Magnetic Fields," *Health Physics*, Vol. 96, pp. 504-514, 2009.
- [4] E. Fedeli, S. A. Pignari, and G. Spadacini, "Experimental characterization of the static magnetic field generated by railway filters," accepted for presentation, *SPEEDAM 2010, Int. Symp. on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion*, Pisa, Italy, June 14-16, 2010.