

SPERIMENTAZIONE DI UN SISTEMA PER LA COMPENSAZIONE DEL CAMPO MAGNETICO CON TRASMISSIONE WIRELESS

G. Chitarin^{1,2}, E. Alessi³, N. Marconato³, N. Pomaro¹

(1) Consorzio RFX - Associazione EURATOM-ENEA
C.so Stati Uniti 4, 35127 Padova, Italy

(2) Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali, Università di Padova
Str. San Nicola 3, 36100 Vicenza

(3) Dipartimento di Ing. Elettrica, Università di Padova, v. Gradenigo 6/a 35127 Padova

Nell'area del CNR di Padova sono presenti, a distanza di circa 150 m l'uno dall'altro, gli Istituti IGI (Istituto Gas Ionizzati) ed ICIS (Istituto di Chimica Inorganica e delle Superfici). Il primo è sede dell'esperimento RFX, mentre nell'istituto ICIS vengono svolte prove di caratterizzazione su vari materiali utilizzando spettrometri a risonanza magnetica nucleare (NMR). Nell'Istituto ICIS sono attualmente presenti due spettrometri NMR (Bruker AC 200 e Bruker Avance 300)

Considerata la distanza, il campo magnetico di "disturbo" prodotto dall'esperimento RFX sugli spettrometri dell'ICIS non supera 3 μT (meno di 1/10 del campo terrestre) ed è lentamente variabile con tempi tipici dell'ordine di 100 ms - 1 s, valori ben al di sotto della soglia di suscettibilità delle usuali apparecchiature anche elettromedicali

A seguito di una serie di esperimenti condotti inizialmente su diversi spettrometri, anche presso la Bruker, si è constatato che gli strumenti in dotazione dell'ICIS possono essere sensibili a deboli campi magnetici di origine esterna, se questi campi sono paralleli all'asse del dispositivo stesso e lentamente variabili nel tempo con frequenza compresa tra 0.1 Hz e 3 Hz. In tal caso è sufficiente un campo esterno superiore a 0.1 μT (meno di una parte per milione del campo principale prodotto dal magnete superconduttore dello spettrometro) per produrre alterazioni alle misure spettrografiche.

Si è quindi deciso di cercare una soluzione che consentisse l'uso degli spettrometri dell'ICIS durante le sessioni sperimentali di RFX.

Una prima soluzione, ovvero l'uso di uno schermo ferromagnetico passivo è stata scartata subito perché ingombrante, economicamente impegnativa e anche perché sconsigliata dalla Bruker stessa, in quanto la vicinanza di una massa ferromagnetica avrebbe messo a rischio il corretto funzionamento del sistema di retroazione di campo interno denominato "field lock".

L'uso di bobine di compensazione attiva è stato considerato certamente più adatto allo scopo. Tuttavia l'usuale schema a retroazione, basato sulla misura e sull'azzeramento del campo magnetico risultante (somma di quello di disturbo e di quello di compensazione) non è risultato praticamente applicabile. Infatti non si è trovato un sensore in grado di misurare variazioni di campo di così piccola entità (0.1 μT) con sufficiente precisione, stabilità e banda passante per poter pilotare la retroazione.

Si è deciso quindi di pilotare le bobine di compensazione attiva mediante un segnale di riferimento costituito dalla misura della corrente nell'avvolgimento magnetizzante di RFX, segnale che risulta con ottima approssimazione proporzionale al campo da compensare, trasmettendo tale segnale via radio.

La realizzazione di questo sistema ha richiesto:

- il progetto e la realizzazione di bobine attive tali da soddisfare i requisiti di uniformità del campo magnetico richiesti dallo spettrometro NMR senza impedirne o renderne difficoltoso l'accesso. Ciò è stato ottenuto mediante un coppia di bobine in configurazione quasi-Helmholtz, da montare coassialmente allo spettrometro, una fissata sul pavimento e l'altra sul soffitto

- la scelta e l'implementazione di un affidabile sistema di trasmissione e amplificazione del segnale che assicuri sufficiente precisione e bassa deriva per trasmettere il segnale necessario a pilotare lo schermo.

Il segnale di corrente misurato nell'avvolgimento magnetizzante di RFX viene digitalizzato e trasmesso a distanza ad un ricevitore collegato ad un amplificatore di corrente opportunamente calibrato. L'amplificatore pilota quindi lo schermo attivo, costituito dalle due bobine di compensazione, producendo un campo uguale ed opposto a quello prodotto dalla macchina RFX. La trasmissione è stata realizzata attraverso una ricetrasmittente specifica per telemisure, prodotta dalla Summation Research, che converte il segnale in formato digitale a 12 bit e lo trasmette con una portante di 858 MHz. La banda utile della ricetrasmittente va dalla tensione continua a 4 kHz. Lo schema del sistema di trasmissione è riportato in figura 1.

Il funzionamento del sistema di trasmissione del segnale e la precisione della compensazione del campo sono stati sperimentati in una installazione provvisoria all'interno dello stesso edificio dell'esperimento RFX (dove il campo di "disturbo" è più intenso, dell'ordine di qualche mT), e quindi in un locale dell'ICIS adiacente a quello dello spettrometro, dove il campo di disturbo è di circa 3 μ T).

Le prove effettuate recentemente hanno mostrato che l'intera catena di trasmissione riesce a riprodurre il segnale in ingresso con ritardo dell'ordine del ms e con deriva trascurabile e che il campo magnetico di "disturbo", in condizioni dinamiche tipiche del funzionamento di RFX, viene ridotto di un fattore pari a circa 1/40 all'interno della zona schermata attivamente.

Ci si aspetta quindi che, una volta installato il sistema di compensazione sullo spettrometro, il campo risultante possa essere mantenuto entro i limiti di 0.1 μ T, assicurando quindi la completa operatività dello spettrometro anche durante il funzionamento di RFX. L'installazione definitiva avverrà prossimamente.

L'esperienza acquisita nella trasmissione wireless di segnali di misura sarà certamente utile nella realizzazione del Neutral Beam Injector di ITER, nei casi in cui non sia possibile trasmettere direttamente ad un sistema di misura e acquisizione le grandezze elettriche, termiche o meccaniche rilevate su componenti in altissima tensione.

Aree di ricerca:

- d campi elettromagnetici, elettrodinamica dei materiali, magnetofluidodinamica e problemi accoppiati;
- f compatibilità elettromagnetica e integrità del segnale;
- h problemi inversi e metodi di ottimizzazione per i campi e i circuiti;

Tematiche specifiche:

- 5 analisi e sintesi di campi elettromagnetici; CAD elettromagnetico e procedure di ottimizzazione; problemi inversi in ambito elettromagnetico; diagnostica elettromagnetica;
- 8 fusione termonucleare controllata; magneti superconduttori; plasmi per applicazioni industriali; propulsori a plasma; acceleratori di particelle; elettrotermia; elettroacustica.