

SISTEMI E METODI PER LA REALIZZAZIONE DI GENERATORI DI FASCI NEUTRI DA IONI NEGATIVI PER L'ESPERIMENTO ITER

P.Sonato¹, V.Antoni², P.Agostinetti², G. Anaclerio¹, O. Barana², M. Bigi², M. Boldrin², M.Cavenago³, S. Dal Bello², M. Dalla Palma², M. D'Arienzo², A. De Lorenzi², F. Fantini², F. Fellin², A. Ferro², E. Gaio², E. Gazza², F.Gnesotto¹, L. Grando², A. Luchetta², D. Marcuzzi², F. Milani², L. Novello², M. Pavei², R. Pasqualotto², R. Pengo³, A. Pesce¹, N. Pila¹, R. Piovan², N. Pomaro², M. Recchia², W. Rigato², A. Rizzolo², F. Sattin², G. Serianni², M. Spolaore², P. Spolaore³, V. Toigo², M. Valisa², P. Zaccaria², A. Zamengo², L. Zanutto²

1 - Dipartimento di Ing. Elettrica, Università di Padova, v. Gradenigo 6/a 35131 Padova

2 - Consorzio RFX - Associazione Euratom-Enea Corso Stati Uniti 4, 35127 Padova

3 - INFN, Laboratorio Nazionale di Legnaro, Legnaro (PD)

Uno dei sistemi principali per riscaldare il plasma nell'esperimento di fusione termonucleare controllata di tipo Tokamak ITER, e in prospettiva nel futuro reattore a fusione, consiste nell'iniettare un fascio di neutri (atomi di D) aventi un'energia dell'ordine di 1 MeV.

Il fascio di neutri energetici viene prodotto partendo da un plasma di D₂ debolmente ionizzato in cui vengono generati ioni D⁻ per effetto di interazione del plasma con una superficie ricoperta da un film sottile di Cesio. Gli ioni D⁻ vengono poi estratti dal plasma in cui sono generati e accelerati, in vuoto, in un campo elettrostatico attraverso un sistema multigriglia forato (1280 fori aventi un diametro di 14 mm) a stadi successivi fino al 1 MV. Per poter riscaldare il plasma è richiesto di accelerare un fascio di ioni di 40 A totali (densità di corrente per foro di circa 300 A/m²).

Gli ioni così accelerati vengono poi neutralizzati per collisione in un volume avente una sufficiente densità di gas D₂. Il fascio neutralizzato di D, uscente dal sistema di neutralizzazione, prosegue con la sua energia nel cuore del plasma del Tokamak dove le particelle cedono la propria energia e vengono a loro volta ionizzate.

Nell'esperimento ITER dovranno essere installati due sistemi di iniezione di neutri ciascuno prodotto da un iniettore da 1 MV e 40 A. Nel plasma da fusione, alla fine del processo di neutralizzazione, saranno iniettati circa 17 MW per un'ora.

Le prestazioni richieste dagli iniettori richiedono uno sviluppo scientifico e tecnologico rilevante e per questo a Padova è stato affidato il compito di realizzare un esperimento che prevede la costruzione di un iniettore uguale a quelli che verranno installati su ITER.

L'iniettore di Padova è attualmente in fase di progettazione e vede la collaborazione di enti nazionali (CNR, ENEA, INFN e Università di Padova che contribuiscono al Consorzio RFX) e enti internazionali (CEA (F), IPP e FZK (G), UKAEA (GB), IPR (IN) e JAERI (JA))

Il processo di generazione di ioni negativi, la loro accelerazione nel campo elettrostatico e la loro neutralizzazione richiede lo sviluppo di complessi codici che tengano conto di tutti i fenomeni fisici coinvolti. Per questo a Padova si stanno concentrando gli sforzi per la realizzazione di codici numerici e la loro validazione con altri codici sviluppati in altri laboratori.

Inoltre le potenze in gioco e le tecnologie coinvolte richiedono lo sviluppo di metodologie di progettazione innovative sia dal punto di vista elettromeccanico, dal punto di vista dell'elettronica di potenza, dal punto di vista termomeccanico e dal punto di vista della diagnostica delle prestazioni e dei fenomeni fisici in tutti gli stadi del processo.

Infine, particolare attenzione richiede lo studio, concettuale e sperimentale, del comportamento delle particelle e dei materiali nel campo elettrostatico in vuoto con tensioni applicate di 1 MV in spazi limitati. Studi che prevedono esperimenti dedicati in alta tensione.