

I convertitori risonanti, dagli albori alle moderne applicazioni

Alberto Reatti

Era l'ottobre del 1988 quando il Prof. Antonino Liberatore, subito dopo la mia laurea mi parlò dell'interesse di una azienda del Valdarno, allora Magnetek S.p.A., divenuta poi Power One, ad approfondire la tematica dei convertitori di potenza a commutazione in grado di funzionare a frequenze più elevate di quelle a cui i dispositivi commerciali lavoravano allora (la frequenza di commutazione non superava i 20 kHz in convertitori di potenza non superiore ai 500 W).

Il motivo per cui si cerca l'incremento delle frequenze di commutazione è la possibilità di ridurre le dimensioni ed i pesi dei componenti reattivi, con particolare riferimento a quelli induttivi. In sostanza, un induttore realizza una determinata reattanza con un valore di induttanza decrescente al crescere della frequenza, ed è il valore dell'induttanza che determina il volume ed il peso del dispositivo fisico da realizzare. Lo stesso dicasi per i condensatori.

In termini tecnici si persegue un incremento della densità di potenza (W/cm^3 o $W/inch^3$).

Una limitazione all'incremento della frequenza di lavoro dei convertitori è costituita dalle perdite di commutazione. Infatti, nei convertitori convenzionali le commutazioni avvengono a valori di tensione e corrente diversi da zero e, quindi, ad ogni commutazione viene dissipata sotto forma di calore una certa quantità di energia come mostrato in Figura 81.

Il primo grafico in alto mostra i valori di potenza istantanea dissipata all'accensione e allo spegnimento. L'area sottesa a queste forme d'onda è l'energia dissipata in ogni singola commutazione, ed è evidente che più elevata è la frequenza e maggiore è l'energia dissipata a causa delle commutazioni: le perdite di commutazione crescono linearmente con la frequenza di commutazione del dispositivo. Aumentando la frequenza di commutazione in un convertitore convenzionale si incorre quindi nel problema di aumentare le perdite del dispositivo, ridurre il rendimento e produrre più calore: ammesso che il rendimento sia accettabile, lo smaltimento del calore in eccesso richiede

Alberto Reatti, University of Florence, Italy, alberto.reatti@unifi.it, 0000-0003-1921-6568

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Alberto Reatti, *I convertitori risonanti, dagli albori alle moderne applicazioni*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.36, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 145-148, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

Una volta ridotte drasticamente le perdite di commutazione, ossia, la componente di perdita prevalente, dipendente dalla frequenza, ecco che il rendimento può mantenersi elevato anche ad elevate frequenze di funzionamento.

L'attività su questo tipo di convertitori fu di grande interesse per Magnetek S.p.A., in particolare nella figura del suo Amministratore Dott. Ing. Antonio Canova, che investì sul tema in termini di contratti di ricerca e co-finanziò un mio soggiorno all'estero presso la Wright State University, Dayton, Ohio, dove, ancora oggi, lavora uno dei maggiori esponenti della ricerca sui convertitori risonanti, il Prof. Marian K. Kazimierczuk. Ricordo che il primo contatto fu via posta cartacea, e a lui chiesi la possibilità di essere ospitato inviando una lettera per posta aerea. Sembra preistoria, ma agli inizi degli anni '90 non avevamo internet e non avevamo accordi di collaborazione a livello internazionale istituzionalizzati.

Sorrido malinconicamente quando penso a come siamo abituati oggi a scambiarsi informazioni in tempo reale, a controllare i flag per vedere se il messaggio inviato è arrivato, se è stato letto e a quel punto smaniamo se non ci arriva una risposta entro pochi minuti. Comunque sia, dopo settimane arrivò nella cassetta delle lettere una busta in carta leggera, con i bordi rossi bianchi e blu, mittente Prof. M. K. Kazimierczuk che dichiarava la sua disponibilità ad accogliermi presso la Wright State University.

Aprire quella busta ha significato aprire un nuovo mondo. Nel 1992, studente di dottorato a Bologna, ebbi un contratto come Associate Researcher per un semestre. Scrissi con il Prof. Kazimierczuk, il mio primo lavoro a rivista su un raddrizzatore risonante in classe E, entrai a far parte con il Prof. Liberatore di diversi Board di Congressi e Riviste, scrissi la tesi sui convertitori risonanti ed una particolare configurazione di questo convertitore fu adottata da Magnetek per realizzare un sistema di accensione per le lampade allo xeno installate sulla lancia K coupé.

I convertitori risonanti hanno delle limitazioni per aspetti legati al numero di componenti, al tipo di controllo che richiedono, alla circolazione di potenza reattiva se non adeguatamente dimensionati ed ottimizzati per adattarsi alle diverse condizioni di carico. Per questi motivi il mondo industriale li ha un po' dimenticati per qualche decennio fino a quando, a partire dagli anni intorno al 2010, si è affacciato nel mondo della ricerca prima, ed in quello industriale poi, il tema della trasmissione senza fili dell'energia elettrica (Wireless Power Transfer) che oggi pervade, ad esempio, il mondo degli smartphone e si estende nel campo della ricarica dei veicoli elettrici.

Ebbene, questi sistemi si basano sull'utilizzo dei convertitori risonanti!

L'investimento degli studi fatti e delle conoscenze acquisite negli anni '90 ha permesso al dipartimento a cui afferisco di avere un vantaggio competitivo sul tema della WPT. Nel 2016, un Dottorato di Ricerca finanziato da Magneti Marelli al DIEF, sul tema della WPT, grazie anche alla lungimiranza del Prof. Marco Pierini, è stato svolto presso il DINFO ed ha consentito l'inserimento nell'organico della ricerca del Dott. Ing. Fabio Corti, ora ricercatore presso il DINFO, questo posto, a sua volta, è finanziato da un progetto PNRR, finanziamento ottenuto grazie alla continua collaborazione con il Prof. Pierini.

La ricerca è una grande attività perché gli sforzi fatti portano sempre nuovi insegnamenti.

Grazie alla attenzione del Prof. Liberatore verso il mondo industriale è nata una collaborazione con Magnetek S.p.A. nella quale ho avuto il privilegio di essere coinvolto, l'azienda ha cofinanziato un mio soggiorno all'estero, grazie a questo soggiorno ho stretto rapporti di collaborazione con il Prof. Kazimierczuk e la Wright State University, da una collaborazione interpersonale è nato un accordo di cooperazione scientifica ufficiale fra UNIFI e Wright State University, ancora oggi attivo, che, fra l'altro, ha consentito

ad otto studenti di UNIFI di svolgere il loro tirocinio negli Stati Uniti, lo stesso spirito di collaborazione ha portato alle interazioni con colleghi del DIF con i risultati detti.

Tutto questo con la consapevolezza che la storia continuerà quando il testimone passerà ai giovani.