ANALISI DI CONVERTITORI A COMMUTAZIONE MEDIANTE EQUIVALENTI CIRCUITALI AUMENTATI TEMPO INVARIANTI

Riccardo Trinchero, Igor S. Stievano, Flavio G. Canavero

Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Torino, Corso Duca degli Abruzzi 24, 10129, Torino;
e-mail: flavio.canavero@polito.it

Parole chiave: convertitori dc-dc, analisi armonica, circuiti tempo-varianti.

Questa memoria riassume le più recenti attività di ricerca svolte dall'Unità di Torino (Elettronica) nel campo dell'analisi di convertitori a commutazione mediante equivalenti tempo invarianti e soluzione nel dominio della frequenza tramite analisi nodale.

Per questa classe di circuiti, la presenza di elementi che agiscono come interruttori (di solito un transistore di tipo MOS e un diodo) comporta la necessità di simularne il loro comportamento mediante simulazioni circuitali nel dominio del tempo. Questa soluzione ha inevitabilmente alcune criticità relative a possibili instabilità o a tempi di simulazione elevati (essendo la scelta del passo di integrazione vincolata dalla frequenza di commutazione periodica degli interruttori). L'alternativa è l'impiego di modelli mediati che non forniscono l'andamento in alta frequenza del dispositivo ed in cui il tempo di simulazione risulta legato al transitorio del circuito prima del raggiungimento del comportamento a regime (*steady-state*).

Nel contributo [1] si propone una tecnica alternativa di analisi di circuiti tempo varianti mediante la generazione di un circuito equivalente tempo-invariante ottenuto per ispezione topologica. Metodi generali di analisi (MNA in questo caso) permettono la soluzione della suindicata rete aumentata direttamente nel dominio della frequenza. Il metodo è basato sull'espansione in serie di Fourier delle variabili di tensione e corrente del circuito e sulla costruzione di un modello in frequenza degli elementi lineari tempo varianti. Il comportamento del circuito viene descritto da un sistema lineare la cui soluzione fornisce i coefficienti della serie di Fourier della variabile allo steady-state, evitando i problemi di convergenza e lunghi i tempi di simulazione dei metodi nel domino del tempo. L'approccio proposto è generale e modulare, e può essere utilizzato per analizzare qualsiasi tipo di circuito contenente interruttori con comportamento periodico senza introdurre complessità aggiuntiva.

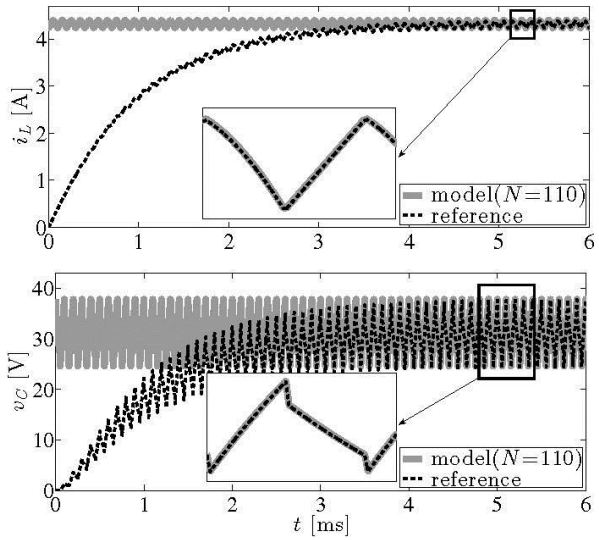

Fig. 1: Risposta nel dominio del tempo della corrente sull'induttore (i_L) e della tensione d'uscita (v_c) per un convertitore *boost* e espansione di ordine 110.

Per un esempio di convertitore *boost*, la Figura 1 mostra come il metodo proposto permetta di calcolare direttamente le grandezze allo steady-state della corrente attraverso l'induttore e della tensione in uscita del convertitore, eliminando il transitorio iniziale che invece risulta presente nella simulazione del dominio del tempo.

In termini di accuratezza, il massimo errore relativo tra le risposte nel dominio del tempo e quelle del modello proposto risulta <0.25%, introducendo un netto vantaggio sui tempi di simulazione, con uno *speed-up* del 177%.

[1] R. Trinchero, I. S. Stievano, F. G. Canavero, "Steady-state analysis of switching power converters via augmented time-invariant equivalents", IEEE Trans. on Power Electronics (accepted in press, early access, doi: 10.1109/TPEL.2014.2322259).