

Resonant power supply: i componenti magnetici

Itacoil collabora con i progettisti elettronici nella progettazione delle parti magnetiche per contribuire al miglior risultato nei progetti di SMPS

L'evoluzione delle Direttive europee in materia di efficienza energetica e le richieste di elevati rendimenti dei sistemi di alimentazione in molti settori, come nel mondo dell'illuminazione a LED, del solare e dell'information technology, hanno portato negli ultimi anni a una rivalutazione della **topologia risonante serie (SRC)**.

Tutti i maggiori produttori di componenti attivi presenti nel mercato degli SMPS hanno inserito a catalogo chip efficienti che consentono, con un grado di complessità circuitale effettivamente contenuto, la realizzazione di alimentatori con efficienza pari al 90-95% e con problematiche EMI/EMC ridotte rispetto ad altre topologie, grazie allo "Zero Voltage Switching" e alle correnti in alta frequenza sostanzialmente sinusoidali. Mentre nei progetti dei più grandi produttori di apparecchiature elettroniche si nota in genere una corretta strutturazione dei componenti magnetici, i produttori che non hanno quantità "a sei cifre", pur beneficiando della stessa tecnologia in relazione ai componenti attivi e passivi, a causa del necessario grado di personalizzazione e alle minori risorse destinate al progetto non godono degli stessi benefici in relazione ai componenti magnetici quali il trasformatore integrato e l'induttanza PFC.

IL TRASFORMATORE INTEGRATO

Utilizzando l'**induttanza dispersa**, che di norma rappresenta un indesiderabile effetto parassita, in sostituzione di un'induttanza discreta, si integrano in un solo componente magnetico due dei tre elementi del cosiddetto "tank" risonante, la **rete induttanza-induttanza-capacità (LLC)** su cui si basa il funzionamento del convertitore risonante.

La convenienza dell'integrazione in termini di costi e ingombri è evidente; inoltre, va sottolineato che il flusso magnetico dell'induttanza dispersa si sviluppa in gran parte in aria, eliminando i problemi di saturazione del nucleo che vanno invece tenuti presenti se si utilizza un'induttanza discreta.

Per ottenere un buon risultato, la struttura e i dettagli di progetto

devono essere abilmente gestiti, al fine di ottenere l'induttanza dispersa richiesta nel rispetto di tutti gli altri parametri di progetto, in condizioni di perdite minime. Mentre in altri frangenti l'uso dell'esperienza empirica e di semplici metodologie di calcolo introducono approssimazioni più o meno accettabili per molti capitoli, nelle applicazioni ad alta efficienza qualche Watt in più di perdite - a volte anche solo qualche frazione di Watt - hanno un peso evidente sull'efficienza complessiva dell'alimentatore, rischiando di vanificare l'oculatazza delle scelte operate.

La migliore efficienza dei componenti magnetici si raggiunge solo superando alcune metodolo-

Figura 1
Esempio di perdite in un componente magnetico in funzione del valore di induzione

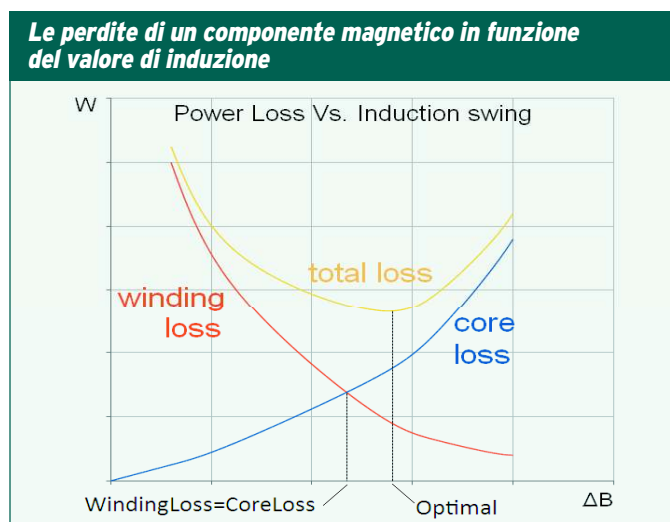
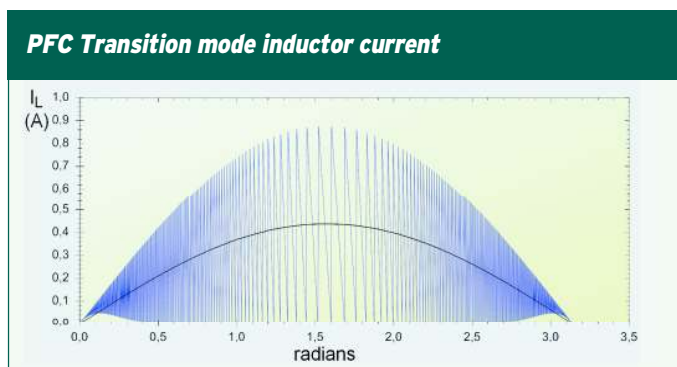




Figura 2
Esempio di relazione tra induttanza e induttanza dispersa

gie progettuali semplificate, quale ad esempio la suddivisione del target di perdite nel nucleo e nel rame in parti uguali. Bibliografia ed esperienza insegnano che il punto di migliore efficienza va individuato tramite una puntuale definizione delle perdite in funzione del valore di induzione (*Figura 1*). Nel caso specifico dei trasformatori integrati esistono vincoli che impongono una stretta collaborazione in sede di progetto elettronico con il costruttore di magnetici.

Figura 3
Forma d'onda della corrente nell'induttanza di un PFC Transition Mode (simulazione da software proprietario Itacoil)



In fatti, la curva del **rapporto tra induttanza e induttanza dispersa** di una determinata struttura è fisso (*Figura 2*), per cui in assenza di un dialogo con il progettista che consenta di concordare ritocchi mirati di qualche parametro, nella migliore delle ipotesi si è costretti a lavorare con un valore di induzione inopportuno, da cui può risultare una pessima efficienza energetica o economica.

La maggiore criticità nel design dei suddetti trasformatori consiste nel calcolo realistico delle perdite negli avvolgimenti, senza il quale ogni ottimizzazione progettuale diviene impraticabile. Tale calcolo deve tenere conto delle perdite per *eddy current* dovute al “proximity effect” e

assume una complessità rilevante in presenza di avvolgimenti in filo litz (multistrand), il cui uso è inevitabile date le frequenze di lavoro nell'ordine dei **100 KHz** e oltre. Mentre in altri frangenti, per ridurre le perdite per eddy current può venire in soccorso una struttura ad avvolgimenti intercalati (interleaved), in questo caso essa non è consentita a causa delle necessità di valori di induttanza dispersa consistenti.

Contrariamente a una diffusa opinione che confina lo scopo della struttura intercalata alla sola riduzione dell'induttanza dispersa, essa in realtà comporta anche una riduzione della forza magneto-motrice di picco tra gli strati degli avvolgimenti con conseguente sostanziale diminuzione delle perdite per “proximity effect”.

Tali criticità portano a incontrare spesso trasformatori lontani dalle condizioni ideali di efficienza sia dal punto di vista energetico che da quello economico.

L'INDUTTANZA PFC

La presenza dello stadio PFC attivo all'ingresso degli SMPS “high-performances” è quasi d'obbligo. Anche in relazione a questo componente, soprattutto per alcune delle tipologie più utilizzate, sussistono alcune criticità a livello di design.

La tipologia di PFC più utilizzata per potenze fino a **200-300W** è la “Transition Mode” (a volte definita anche “Critical mode”), dove i comuni metodi di calcolo delle perdite nel nucleo non sono utilizzabili a causa della complessità della forma d'onda della corrente.

Anche a carico costante la corrente ha infatti ampiezza e frequenza continuamente variabili, in funzione del valore istantaneo della tensione di rete [$\sin(V_{inRMS})$] (*Figura 3*).

Ciò aumenta i possibili errori nel calcolo delle perdite rendendo necessario l'utilizzo di metodologie di calcolo evolute.

Va infatti considerato che le curve delle perdite pubblicate dai produttori di nuclei sono riferite a forme d'onda sinusoidali nonché a frequenze e temperature specifiche, quindi non direttamente applicabili. Anche per questo componente sussistono le problematiche di calcolo delle perdite negli avvolgimenti, il cui design ottimale non può prescindere dall'accesso a risorse e tool specifici, indisponibili in gran parte dei team di progettazione elettronica.

UNA SOLUZIONE POSSIBILE

In una visuale complessiva della filiera di fornitura, dovrebbe essere assunto dal produttore di magnetici l'onere della competenza progettuale, allo scopo di generare evidenti economie di scala nell'ambito di una proficua collaborazione.

Gli investimenti per generare la necessaria competenza specifica, implementare sofisticati tool di calcolo, nonché costruire stampi per rocchetti e accessori specifici, adeguati sia in termini di prestazioni che di prescrizioni di sicurezza (isolamento, creepage, clearance), possono infatti essere più facilmente sostenibili per chi si propone per fornire i componenti magnetici.