

Trasformatore reale

Il modello funzionale del trasformatore reale differisce notevolmente da quello ideale in quanto occorre tener conto, in modo comunque semplificato e schematico, di una serie di elementi che ne peggiorano il funzionamento e che vanno espressi attraverso opportuni parametri elettrici da inserire nel circuito equivalente.

Si deve tener conto allora dei seguenti nuovi elementi:

- la *resistenza del circuito primario* R_1 ;
- la *resistenza del circuito secondario* R_2 ;
- l'effetto della dispersione dei flussi dall'avvolgimento primario che non vanno a concatenarsi con il secondario; computeremo questo effetto attraverso una reattanza di *dispersione primaria* X_{d1} ;
- l'effetto della dispersione dei flussi dall'avvolgimento secondario che non vanno a concatenarsi con il primario; computeremo questo effetto attraverso una reattanza di *dispersione secondaria* X_{d2} ;
- l'assorbimento di potenza da parte del nucleo magnetico dovuto a isteresi e correnti parassite, il quale determina un aumento della corrente assorbita a vuoto e non più data solo dalla quota magnetizzante moltiplicata per la tensione; computeremo questo effetto mediante la *componente attiva della corrente a vuoto* I_a ;
- la distorsione del flusso dovuta alla non linearità della curva di magnetizzazione, anche se si cerca di far lavorare il materiale magnetico in punti ragionevolmente lontani dal ginocchio della curva onde ridurre fenomeni di saturazione indesiderati (in pratica si cerca di non andare oltre $1 \div 1,4 \text{ Wb/m}^2$ tra piccoli e grandi TRS).

I primi due termini si ottengono effettuando la misura di resistenza degli avvolgimenti con apposita strumentazione; i valori R_1 e R_2 vanno poi riferiti alla effettiva temperatura di funzionamento, da determinare in base alla tipologia dell'isolamento adottato e alle reali condizioni di lavoro della macchina: in generale si assume una temperatura di $75 \text{ }^\circ\text{C}$, considerando per gli avvolgimenti isolamenti in vernice di classe A-B.

La dispersione di flusso è un effetto riducibile con apposite soluzioni costruttive di nucleo e avvolgimenti, ma in generale non è eliminabile completamente per cui occorre tenerne conto nel modello funzionale a carico.

Per i trasformatori monofasi si adotta il nucleo a mantello che presenta limitate dispersioni grazie alla sua struttura raccolta attorno alle bobine.

Di fatto i flussi di dispersione attorno al primario e al secondario Φ_{d1} e Φ_{d2} determinano un effetto autoinduttivo sugli avvolgimenti, essendo essi comunque prodotti dalle correnti sinusoidali primaria e secondaria, per cui potremo calcolarne i valori mediante le induttanze L_{d1} e L_{d2} , ottenendo anche le espressioni per le reattanze X di dispersione:

$$L_{d1} = \frac{N_1 \cdot \Phi_{d1}}{I_1} \quad [\text{H}] \Rightarrow X_{d1} = \omega \cdot L_{d1} \quad [\Omega]$$

$$L_{d2} = \frac{N_2 \cdot \Phi_{d2}}{I_2} \quad [\text{H}] \Rightarrow X_{d2} = \omega \cdot L_{d2} \quad [\Omega]$$

Essendo, come è noto, $\omega = 2\pi f$ osserviamo che all'aumentare della frequenza le X_d aumentano: questo problema è di interesse soprattutto nelle macchine destinate a lavorare su circuiti elettronici a frequenza variabile, come azionamenti di motori ecc.

Per computare correttamente gli effetti della corrente assorbita a vuoto, nelle sue componenti magnetizzante e attiva, introduciamo i *parametri trasversali* dell'avvolgimento primario in parallelo tra loro:

- per la componente magnetizzante la reattanza X_μ sulla quale circola (a 90° in anticipo sulla E_1), la componente magnetizzante I_μ ;
- per la componente attiva (assorbimento di potenza Joule per riscaldamento del nucleo), la resistenza R_0 nella quale circola la componente attiva I_a .

Il posizionamento *trasversale* dei parametri R_0 e X_μ nel circuito primario si giustifica in quanto la corrente a vuoto (magnetizzante + attiva) andrà a *sommarsi vettorialmente* nel funzionamento a carico a quella primaria di reazione richiamata dal secondario sull'avvolgimento primario, come del resto già visto prima per il funzionamento a carico del trasformatore ideale.