

Abstract

La presente tesi di laurea magistrale è il risultato di una collaborazione tra l'Università di Pavia e l'azienda F.d.u.e.G. S.r.l. di Carpignano Sesia (NO).

L'idea alla base del progetto di tesi nasce dall'esperienza di F.d.u.e.G. nel campo della progettazione, costruzione e collaudo di trasformatori elettrici speciali e dalla considerazione, confermata in letteratura, che la distribuzione degli impulsi su un avvolgimento è generalmente non uniforme e può manifestare sovratensioni critiche sulle prime spire.

Impulsi di tensione molto rapidi sono infatti pericolosi per l'isolamento dei trasformatori. Il problema principale è che tali impulsi hanno una durata molto breve, che può causare uno sbilanciamento della distribuzione di tensione lungo l'avvolgimento della macchina. Di conseguenza, la tensione tra una bobina e l'altra può aumentare fino al superamento della tensione di tenuta dell'isolante tra tali bobine, che porta al cedimento dell'isolamento.

Le sovratensioni impulsive non si distribuiscono in maniera lineare lungo un avvolgimento: le spire più vicine alla presa di fase sono soggette ad uno stress maggiore, mentre quelle più vicine al neutro sono meno sollecitate.

Tali impulsi di tensione possono verificarsi in occasione di manovre degli interruttori e sezionatori nelle sottostazioni in gas, ma anche semplicemente durante le prove ad impulso realizzate in occasione del collaudo dei trasformatori.

In fase di progetto diventa quindi cruciale la possibilità di simulare il comportamento dell'avvolgimento per ottenere la corretta distribuzione delle sovratensioni e dimensionare opportunamente l'isolamento interno.

Di conseguenza, obiettivo della tesi è stato lo sviluppo in ambiente MATLAB di modelli equivalenti circuitali, per simulare il comportamento di particolari avvolgimenti del trasformatore (in lastra, a strati, a pettine) sottoposto a impulsi di tensione, e la loro validazione tramite prove sperimentali.

Per raggiungere tale obiettivo è stato seguito il seguente procedimento, che si rispecchia nei diversi capitoli della tesi. Dapprima è stata analizzata la metodologia impiegata per eseguire la prova ad impulso, con riferimento alle normative nazionali ed internazionali. Quindi è stata approfondita la fisica del problema, ossia come si crea l'impulso, le cause e gli effetti. In seguito è stato effettuato uno studio analitico e circuitale per simulare la generazione di

impulsi, che è stato poi implementato tramite algoritmi sviluppati in ambiente MATLAB, che simulano la distribuzione di tensione lungo gli avvolgimenti di interesse.

A tal fine, è stata analizzata la letteratura sull'argomento ed è stato scelto di impiegare il metodo MTL, secondo il quale l'avvolgimento viene modellizzato come una linea di trasmissione a più conduttori (*Multiconductor Transmission Line*), in quanto questo approccio garantisce i risultati più precisi.

Il lavoro è stato quindi completato tramite prove in laboratorio sulle stesse tipologie di avvolgimenti analizzati, svolte presso F.d.u.e.G. Il confronto tra simulazioni e prove sperimentali ha permesso infine di validare i modelli circuitali sviluppati.