

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria dei Processi Industriali

Corso di Laurea Specialistica in Ingegneria Elettrica

Dipartimento di Elettrotecnica



Materiali magnetici dolci non convenzionali : analisi delle perdite ed applicazioni pratiche

Relatore: Prof. Brenna Morris

Tesi di Laurea Specialistica di:
Marco Tosini
Matr. 721857

Anno Accademico 2009-2010

*Ai miei genitori,
che mi hanno sempre
sostenuto nei momenti
più difficili, ed ai miei
nonni Amelia, Giuseppe,
Armando ai quali avrei
voluto regalare questa
grande gioia.*

Marco.

SOMMARIO

Introduzione

Capitolo Primo:

1 – Origine del magnetismo: brevi cenni storici	1
---	---

Capitolo Secondo:

2 – Cenni alla fisica del magnetismo	3
2.1 –Classificazione dei materiali magnetici	9
2.2 – Domini magnetici	16
2.2.1- Approccio matematico alla teoria dei domini	17
2.3 –Curve caratteristiche di un materiale magnetico	21
2.3.1 –curva di magnetizzazione nel dettaglio	23
2.3.2 –curva d’isteresi nel dettaglio	25
2.4 –Il fenomeno dell’isteresi	33
2.4.1 –distribuzione delle perdite di carattere termico lungo un ciclo d’isteresi	37
2.5 –Il fenomeno della saturazione in un circuito magnetico	38
2.6 –Comportamento magnetico e dimensione delle particelle	42
2.7 –Struttura ed anisotropie magnetiche	44
2.8 –Proprietà isteretiche di particelle SD,PSD, e MD	47

Capitolo terzo:

3 –Classificazione dei materiali magnetici	48
3.1 –Leghe magnetiche dolci, alcune applicazioni	50

Capitolo quarto:

4.1 –Introduzione allo studio delle perdite	60
4.2 –Approccio teorico	61
4.3 –Applicazioni sperimentali	72

Capitolo quinto :

5 –Validazione del modello: calcolo delle perdite in un nucleo toroidale	79
--	----

Considerazioni finali	83
------------------------------	----

Bibliografia	84
---------------------	----

INTRODUZIONE

In tempi in cui l'amministrazione delle risorse planetarie è un grande problema per l'umanità e le fonti energetiche scarseggiano, va sempre più diffondendosi e radicandosi nella cultura di massa il concetto di risparmio energetico. "Risparmiare" è oggi la parola chiave e imperativa che trova consenso e che deve essere applicata in ogni settore della società. In ambito industriale, tutto ciò si traduce in un grande sforzo per cercare di ridurre e ottimizzare i consumi. Esempi di questa nuova filosofia li troviamo quotidianamente in ogni ambito: lampade a basso consumo, elettrodomestici intelligenti, auto ibride, etc.

L'Ingegnere elettrico è chiamato e costretto, quindi, a misurarsi con il non semplice problema dello studio di analisi delle perdite nel campo della conversione dell'energia al fine di ridurre al minimo qualsiasi perdita. Tale studio è reso ancor più arduo e impegnativo se si pensa che le forme d'onda utilizzate nella maggior parte dei dispositivi elettronici di potenza e non, che coinvolgono l'uso di materiali magnetici, non sono puramente sinusoidali ma, bensì, ad alto contenuto armonico.

L'esigenza di ridurre le perdite nei materiali magnetici impone al professionista la conoscenza e l'uso di materiali ad alte prestazioni che l'evoluzione tecnologica mette oggi a disposizione.

In questo mio lavoro (sicuramente limitato) ho cercato di fornire al lettore gli strumenti necessari per comprendere nella sua globalità lo studio delle perdite. Ho inoltre avuto necessità di presentare e sottolineare l'importanza che hanno i nuovi materiali magnetici benché a tutt'oggi non sufficientemente conosciuti e utilizzati.

La prima parte intende di presentare a grandi linee l'origine storica del magnetismo, mentre la seconda vuole porre le basi nozionistiche fondamentali per la comprensione dei fenomeni magnetici. I successivi due capitoli affrontano nello specifico il vero e proprio argomento di questo lavoro: presentazione dei materiali magnetici in questione con relativi ambiti applicativi e studio teorico delle perdite con due esempi di calcolo in dispositivi di conversione.

Nell'ultima parte ho adattato il modello dell'illustre Prof. Giorgio Bertotti, sul cui lavoro si basa questa tesi, rendendolo adatto all'applicazione dello studio delle perdite in un caso reale, relativo a un nucleo toroidale realizzato in materiale nano cristallino.

Un doveroso ringraziamento al **Prof. Ing. Morris Brenna** la cui guida mi è stata di fondamentale aiuto per l'espletamento di questo lavoro.

Un grazie sentito e di cuore all'**Ing. Aldo Turco** che mi ha trasmesso la passione ed il desiderio di intraprendere questi studi e senza il cui sostegno, incoraggiamento e vicinanza mi sarebbe stato molto più difficile arrivare alla fine del percorso.

Un grazie speciale e particolare all'**Ing. Gianluca Pagani**, persona di grande statura sia a livello professionale che umano. Gianluca mi ha messo a disposizione la sua conoscenza, la disponibilità, i consigli che mi hanno permesso di ultimare questo studio. Egli rimane per me "l'ingegnere" per eccellenza al quale cercherò di riferirmi come modello nel mio futuro professionale.

Un grazie ai miei genitori ed in particolare a mia madre, che mi è sempre stata vicina con amore e dedizione, supportandomi nei momenti più difficili e di sconforto.

Grazie a mio padre che mi ha permesso di realizzare questo sogno che era anche il suo e, prima ancora, di suo padre, il nonno Armando.

Marco