

修士学位論文要約（令和4年3月）

カットコアと積層コアからなる直交磁心型可変インダクタの基礎研究

佐藤 翼空

指導教員：中村 健二

A Basic Study of Orthogonal-core-type Variable Inductor consisting of Cut-Core and Laminated-Core

Tasuku SATOU

Supervisor: Kenji NAKAMURA

Variable inductors, which are composed of only magnetic core and primary dc and secondary ac windings, can control effective inductance of the secondary ac winding quickly and continuously by the primary dc current due to magnetic saturation effect. This paper presents a novel orthogonal-core-type variable inductor composed of two different types of magnetic cores, one is a cut-core, and the other is a laminated-core. The proposed orthogonal-core variable inductor was studied both experimentally and analytically. Analytical design of a large capacitor was also conducted.

1. はじめに

可変インダクタは、制御巻線からの直流励磁により交流主巻線の実効的なインダクタンスを任意に調整できる。したがって、電力用コンデンサと組み合わせて系統に並列に接続することで、無効電力補償型の電圧安定化装置として応用できる。

筆者らは、これまでに田形磁心などの種々の可変インダクタの開発を進めるとともに、高圧配電系統への適用を進めてきた⁽¹⁾。その中でも直交磁心型可変インダクタは、各々1つずつの制御巻線と主巻線、そして2つのカットコアのみで構成されることから、極めてシンプルかつコンパクトである。しかし、2つのカットコアを90度回転接合した面で両コアの積層が交差するため、層間短絡による渦電流が発生する問題があった。

そこで本論文では、カットコアと積層コアの2種類のコアからなるクロスコア型可変インダクタを提案する。提案する可変インダクタについて、リラクタンスネットワーク解析(RNA)、並びに試作試験の両面から検討を行った。また、高圧配電系統への実用を想定し、大容量器の解析設計についても報告する。

2. カットコアと積層コアからなる直交磁心型可変インダクタの基礎特性

まず、提案するカットコアと積層コアで構成された直交磁心型可変インダクタの検証器を試作した。図1に検証器の外観を示す。図2は検証器の形状と寸法である。定格容量は1.67 kVA、定格電圧は200 Vである。磁心材質は厚さ0.35 mmの無方向性ケイ素鋼板である。また、直交磁心型可変インダクタの解析には、RNAを用いる。

図3(a)に、無効電力制御特性を示す。この図を見

ると、実証器は線形かつ連続的に無効電力を制御可能であり、RNAによる計算値と良く一致していることがわかる。同図(b)は、定格換算した出力電流の歪み率である。同図より、歪み率は全制御範囲で5%以下と小さく、系統用機器として優れた性能を有することがわかる。また、計算値と実測値の傾向が良く一致していることが了解される。

図4に、損失特性の計算値と実測値の比較を示す。同図(a)をみると銅損特性は実測値と計算値が良好に一致していることがわかる。同図(b)を見ると、鉄損特性についても若干の誤差は認められるものの実測値と計算値が概ね一致していることが確認できる。



図1 カットコアと積層コアからなる直交磁心型可変インダクタの検証器の外観

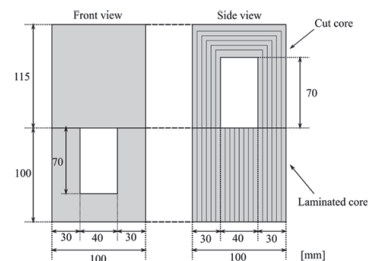
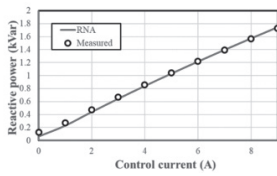
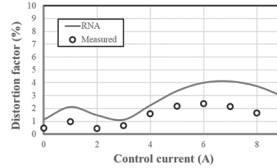


図2 カットコアと積層コアからなる直交磁心型可変インダクタの検証器

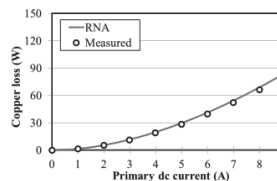


(a) 無効電力制御特性

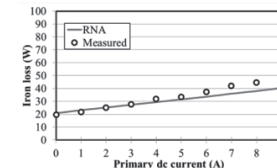


(b) 主巻線電流歪率

図3 基礎特性の計算値と実測値



(a) 銅損特性



(b) 鉄損特性

図4 損失特性の計算値と実測値

3. 大容量直交磁心型可変インダクタの解析・設計

可変インダクタは柱上に設置することを想定しているため、実用化に伴い、より小型であることが望まれる。そのため設計に際して重量と体積の観点から最適な形状を考える必要がある。このことをふまえて100kVA 級可変インダクタを設計した。形状と寸法を図5に示す。定格容量は100 kVA、定格電圧は6600 Vである。磁心材質は厚さ0.35 mmの無方向性ケイ素鋼板で、その占積率は99%である。

設計した直交磁心型可変インダクタについて、300kVA 級の立体構造三相一体型可変インダクタと重量と体積の観点から比較を行った。図6に、単位重量あたりの無効電力制御特性の比較を示す。この図より、三相一体型と直交磁心型がほぼ同等の特性をもつことがわかる。三相一体型は単相器に比べて、通常だと30%ほど特性が良くなるのが普通なので提案する直交磁心型可変インダクタは重量面でかなり良い特性だとわかる。また、図7に単位体積あたりの無効電力制御特性の比較を示す。この図から、体積の観点では三相一体型と比べてかなり優れた特性を

有していることがわかる。

4. まとめ

本研究では、従来の直交磁心型可変インダクタで問題となっていた接合面での層間短絡を解決するため、カットコアと積層コアの2種類のコアで構成される新しい直交磁心型可変インダクタを提案した。

まず、解析と試作試験の両面から基礎特性の検討を行ったところ良好な精度が確認された。次に、RNAモデルを用いて大容量器の解析設計を行った。設計した100kVA 級直交磁心型可変インダクタは、立体構造三相一体型と比較して重量および体積の観点において、同等もしくはより優れた特性をもつことを明らかにした。

文献

- 1) O. Ichinokura, T. Jinzenji, and K. Tajima : “A New Variable Inductor for Var Compensator”, IEEE Trans. on Magnetics, Vol. 29, pp. 3225-3227 (1993)

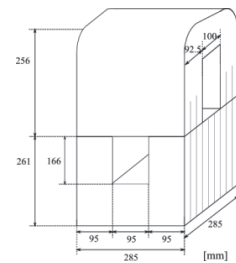


図5 100kVA 級直交磁心型可変インダクタの寸法・形状

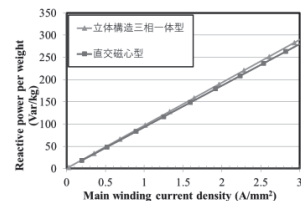


図6 単位重量あたりの無効電力制御特性の比較

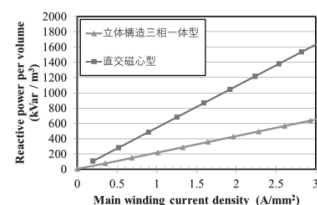


図7 単位体積あたりの無効電力制御特性の比較